

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:

Rot, M., 2016. Energetska bilanca pred in po delni obnovi toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentor Pajek, L.): 82 str.

Datum arhiviranja: 20-09-2016

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Rot, M., 2016. Energetska bilanca pred in po delni obnovi toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Pajek, L.): 82 pp.

Archiving Date: 20-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidatka:

MARUŠA ROT

**ENERGETSKA BILANCA PRED IN PO DELNI OBNOVI
TOPLOTNEGA OVOJA VEČSTANOVANJSKE STAVBE**

Diplomska naloga št.: 3517/KS

**ENERGY BALANCE BEFORE AND AFTER PARTIAL
RENOVATION OF RESIDENTIAL BUILDING'S
THERMAL ENVELOPE**

Graduation thesis No.: 3517/KS

Mentor:

doc. dr. Roman Kunič

Somentor:

asist. Luka Pajek

Ljubljana, 16. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisana študentka Maruša Rot, vpisna številka 26108632, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Energetska bilanca pred in po delni obnovi toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe,

IZJAVLJAM,

1. Da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. Da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. Da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;
4. Da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;
5. Soglašam, da se elektronska oblika pisnega dela zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. Da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. Da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in v tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

Velenje, 20.8.2016

Maruša Rot

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	699.86:728(043.2)
Avtor:	Maruša Rot
Mentor:	doc. dr. Roman Kunič
Somentor:	asist. Luka Pajek
Naslov:	Energetska bilanca pred in po delni obnovi toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	82 str., 37 pregl., 28 sl., 4 graf.
Ključne besede:	Toplotna prevodnost, Energetka bilanca, TEDI, TOST, PURES 2010, koeficient specifičnih transmisijskih izgub, poraba energije za ogrevanje

Izvleček

V diplomskem delu je bila izračunana energetska bilanca večstanovanjske stavbe s petimi ločenimi stanovanjskimi enotami v Velenju. Računska energetska bilanca je bila narejena za stanje pred obnovo toplotnega ovoja stavbe, za dejansko stanje po izvedeni obnovi toplotnega ovoja stavbe ter za dva primera možnih dodatnih izboljšav trenutnega stanja. Toplotni ovoj stavbe se je v realnosti obnovil le deloma in sicer na delu, ki meji na štiri od petih posameznih enot. Za vse računske primere je bila izračunana potrebna toplota za ogrevanje. Ti rezultati so bili primerjani s podatki o merjeni dejanski porabi toplote za ogrevanje, ki so bili pridobljeni za obdobje treh let pred in leto dni po obnovi toplotnega ovoja stavbe. Izračun potrebne toplote za ogrevanje je bil narejen v skladu z metodologijo, ki jo narekuje zakonodaja na področju energetske učinkovitosti stavb. V diplomskem delu je bil zato predstavljen Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Primerjava dejanskih in računskih porab toplote za ogrevanje je pokazala manjša odstopanja, do česar je najverjetneje prišlo zaradi nenatančnih vhodnih podatkov kot so prezračevanje, toplotna prehodnost oken in vrat, prehod celotnega sončnega sevanja skozi okna, notranji dobitki in ostali podatki, ki smo jih vnesli na podlagi inženirske ocene, saj točnih podatkov ni bilo na razpolago. Kljub vsemu so bili končni rezultati primerljivi, z odstopanjem največ 22%.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDK:	699.86:728(043.2)
Author:	Maruša Rot
Supervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph. D.
Cosupervisor:	Assist. Luka Pajek
Title:	Energy balance before and after partial renovation of residential building's thermal envelope
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	82 p., 37 tab., 28 fig., 4 graph.
Keywords:	Thermal conductivity, Energy balance, TEDI, TOST, PURES 2010, Specific transmission loss coefficient, Heating energy consumption

Abstract

In this thesis, the energy balance of residential building with five individual units in Velenje, was calculated. The energy balance was calculated for the situation before the renovation of building's heat envelope, for the actual situation after the completion of the reconstruction of building's heat envelope and for the two examples of possible additional improvements of the current situation. In reality, the building's heat envelope was only partly renovated, covering the four of the five individual units. For all numerical examples, the heat required for heating was calculated. These results were compared with data on actual consumption of heat, which has been obtained for a period of three years before and one year after the renovation of building's envelope.

Calculation of the necessary heat for heating was made in accordance with the methodology dictated by legal rules in the field of energy efficiency in buildings. Policy on efficient use of energy in buildings (PURES 2010) was therefore presented in the thesis. Comparison of actual and calculated heat consumption has shown minor variations which are most likely due to imprecise inputs such as ventilation, thermal transmittance of windows and doors, passage of the solar radiation through windows, internal gains and other data entered, which was based on engineering estimates, because the exact values were not available. Nevertheless, the final results were comparable.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Romanu Kuniču in somentorju asist. Luku Pajku za strokovno pomoč in usmeritve pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se Timu in Darinki Pušnik iz podjetja Vesta dom d.o.o. za pomoč pri zbiranju podatkov o obravnavani stavbi, Žigu Beblerju iz podjetja Energetske prenove d.o.o. za posredovane načrte in nasvete.

Predvsem pa se zahvaljujem svoji družini za vso podporo tekom študija in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION	IV
ZAHVALA	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO TABEL	VIII
KAZALO GRAFIKONOV	X
KAZALO SLIK	XI
1 UVOD	1
1.1 Namen in cilji diplomske naloge	3
1.2 Vpliv človeka na okolje	3
1.3 Energetska prenova	4
1.4 Eko sklad	4
1.5 Vpliv vlage v objektih na zdravje ljudi	5
2 ZAKONODAJA	6
2.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010)	6
2.2 Tehnična smernica za graditev (TSG-1-004 Učinkovita raba energije)	7
2.3 Upravnik večstanovanjske stavbe	7
3 UPORABLJENI RAČUNALNIŠKI PROGRAMI	8
3.1 TEDI	8
3.2 TOST	8
4 OPIS OBRAVNAVANE STAVBE	9
4.1 Splošno	9
4.2 Poročilo termografskega merjenja objekta	13
5 OCENA STANJA PRED OBNOVO	17
6 OCENA STANJA PO OBNOVI	20
7 KLIMATSKI PODATKI	21
8 KONSTRUKCIJSKI SKLOPI V STANJU PRED IN PO OBNOVI	22
8.1 Zunanja stena 1	23
8.2 Zunanja stena 2	26
8.3 Zunanja stena 3	29
8.4 Zunanja stena 4	30

8.5 Strop 1	32
8.6 Strop 2	33
8.7 Strop 3	37
8.8 Notranja stena 1	38
8.9 Notranja stena 2	39
8.10 Tla na terenu 1	40
8.11 Tla na terenu 2	41
8.12 Dodatni ukrepi za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v posameznih stanovanjih	42
8.12.1 Dodatna izolacija Tal na terenu 1 v stanovanju 1	43
8.12.2 Dodatna izolacija stropa med kletjo in stanovanjem 2	44
8.13 Ugotovitve analiz iz programa TEDI	46
9 RAČUN ENERGETSKE BILANCE S PROGRAMOM TOST	47
9.1 Pred sanacijo toplotnega ovoja	50
9.2 Po sanaciji toplotnega ovoja	53
9.3 Dodati ukrepi, ki bi še lahko izboljšali stanje po sanaciji toplotnega ovoja	57
9.4 Kako bi bilo, če bi bil izoliran celoten blok, vsi ostali pogoji pa enaki, kot pri delni sanaciji	60
10 DEJANSKE PORABE ENERGIJE ZA OGREVANJE	64
11 ZAKLJUČEK	68
12 VIRI	69

KAZALO TABEL

Preglednica 1: Klimatski podatki	21
Preglednica 2: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in številu ogrevanih dni	22
Preglednica 3: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 1	24
Preglednica 4: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 1 z izolacijo.....	25
Preglednica 5: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 2.....	27
Preglednica 6: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 2 z izolacijo.....	28
Preglednica 7: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 3.....	29
Preglednica 8: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 3 z izolacijo.....	30
Preglednica 9: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 4.....	31
Preglednica 10: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 4 z izolacijo.....	32
Preglednica 11: Rezultati programa TEDI: Strop 1	33
Preglednica 12: Rezultati programa TEDI: Strop 2.....	35
Preglednica 13: Rezultati programa TEDI: Strop 2 z izolacijo	36
Preglednica 14: Rezultati programa TEDI: Strop 3.....	37
Preglednica 15: Rezultati programa TEDI: Notranja stena 1	39
Preglednica 16: Rezultati programa TEDI: Notranja stena 2	40
Preglednica 17: Rezultati programa TEDI: Tla na terenu 1	41
Preglednica 18: Rezultati programa TEDI: Tla na terenu 2	42
Preglednica 19: Rezultati programa TEDI: Tla na terenu 1 z izolacijo	44
Preglednica 20: Rezultati programa TEDI: Strop 3 z izolacijo	45
Preglednica 21: Ogrevanje.....	47
Preglednica 22: Topla voda	47
Preglednica 23: Podatki o stavbi za program TOST	49
Preglednica 24: Rezultati programa TOST za računski primer 1	51
Preglednica 25: Izgube in dobitki za računski primer 1.....	52
Preglednica 26: Poraba energije za računski primer 1	53
Preglednica 27: Rezultati programa TOST za računski primer 2	54
Preglednica 28: Izgube in dobitki za računski primer 2.....	56
Preglednica 29: Poraba energije za računski primer 2	57
Preglednica 30: Rezultati programa TOST za računski primer 3	58
Preglednica 31: Izgube in dobitki za računski primer 3.....	59
Preglednica 32: Poraba energije za računski primer 3	60

Preglednica 33: Rezultati programa TOST za računski primer 4	61
Preglednica 34: Izgube in dobitki za računski primer 4.....	62
Preglednica 35: Poraba energije za računski primer 4	63
Preglednica 36: Dejanske porabe energije za ogrevanje	64
Preglednica 37: Zmanjšanje porabe energije za ogrevanje glede na povprečje zadnjih treh let pred obnovo toplotnega ovoja stavbe	65

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Izgube energije za ogrevanje pred in po sanaciji toplotnega ovoja.....	55
Grafikon 2: Poraba energije za ogrevanje zadnjih štirih let.....	66
Grafikon 3: Primerjava porabe za ogrevanje za posamezne sezone za vsako stanovanje ...	66
Grafikon 4 Primerjava izračunane in dejansko porabljene energije za ogrevanje pred in po obnovi toplotnega ovoja stavbe.....	67

KAZALO SLIK

Slika 1: Južna stran bloka pred obnovo	2
Slika 2: Južna stran bloka po obnovi.....	2
Slika 3: Lokacija obravnavanega bloka, (vir: [14]).	9
Slika 4: Severna stran bloka pred obnovo.....	10
Slika 5: Severna stran bloka po obnovi	10
Slika 6: Vzhodna stran bloka pred obnovo	11
Slika 7: Vzhodna stran bloka po obnovi	11
Slika 8: Zahodna stran bloka pred obnovo	12
Slika 9: Zahodna stran bloka po obnovi	12
Slika 10: Posnetki termografije za zunanost zgradbe	14
Slika 11: Posnetki termografije za notranjost zgradbe.....	15
Slika 12: Tloris stanovanja	18
Slika 13: Podstrešje pred obnovo.....	19
Slika 14: Podstrešje pred obnovo.....	19
Slika 15: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 1	23
Slika 16: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 1 z izolacijo	24
Slika 17: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 2.....	26
Slika 18: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 2 z izolacijo	27
Slika 19: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 4 z izolacijo	31
Slika 20: Konstrukcijski sklop: Strop 1.....	32
Slika 21: Konstrukcijski sklop: Strop 2.....	34
Slika 22: Konstrukcijski sklop: Strop 2 z izolacijo	35
Slika 23: Konstrukcijski sklop: Notranja stena 1	38
Slika 24 Konstrukcijski sklop: Tla na terenu 1	40
Slika 25: Konstrukcijski sklop: Tla na terenu 2	41
Slika 26: Konstrukcijski sklop: Tla na terenu 1 z izolacijo	43
Slika 27: Konstrukcijski sklop: Strop 3 z izolacijo	44
Slika 28: Razdelitev objekta na cone	48

1 UVOD

V Sloveniji se, tudi zaradi finančne stiske posameznikov, vedno bolj pogosto srečujemo s problemom financiranja vzdrževanja nepremičnin. Pri eno lastniških objektih je stvar preprosta. Če ni denarja za vzdrževanje, se objekt preprosto ne vzdržuje in posledično se njegove funkcije in sama kakovost zmanjšujejo. Problemi pa nastajajo pri več lastniških objektih-blokih, kjer se zaradi pomanjkanja posameznikove finančne sposobnosti celotnega objekta ne da vzdrževati po željah ostalih stanovalcev. Tu nastopi upravnik. Temeljni cilji upravljanja so zagotavljanje pogojev za kakovostno bivanje, ohranjanje vrednosti stanovanj in ostalih delov nepremičnine. Tako upravnik skrbi za vse skupne dele stavbe in njihovo vzdrževanje. Pa vendar je z zakonom določeno katere stavbe morajo imeti upravnika in za katere to ni potrebno. Pri stavbah, ki imajo več kot dva etažna lastnika in več kot osem posameznih delov, potrebujejo upravnika. Posledično je z zakonom določeno obvezno vplačevanje v rezervni sklad iz katerega se financirajo vsa nujna in ostala vzdrževalna dela na objektu [1]. Če posamezen stanovalec v bloku ne izpolnjuje obveznega vplačevanja v rezervni sklad, ga lahko ostali stanovalci preko upravnika izterjajo. Problem pa nastane pri stanovanjskih blokih, ki ne izpolnjujejo pogojev za obveznega upravnika. Seveda si lahko stanovalci sami izberejo upravnika, vendar se morajo vsi stanovalci objekta strinjati. Ker po zakonu upravitelj ni obvezen tudi vplačevanje v rezervni sklad ni obvezno. Tako stanovalci ne morejo vzdrževati in vlagati v njihove nepremičnine, če en posameznik tega ne želi. To bi lahko storili le, če bi financirali tudi njegov delež.

Tako bomo v diplomii spoznali primer dobre prakse, kjer so stanovalci pet stanovanjskega bloka bili prisiljeni poiskati drugačno rešitev, da so lahko energetsko sanirali njihov objekt, saj eden od stanovalcev ni pristopil k projektu energetske prenove. Zakon namreč veleva, da morajo dati za kakršne koli posege v skupne dele nepremičnine soglasje vsi lastniki stavbe. Za nujna vzdrževalna dela, pa je potrebno 75 % soglasje vseh stanovalcev [1].

Prav zato so stanovalci na lastne stroške opravili termografske meritve objekta, ki so pokazale velike toplotne mostove, ter prekomerno vlago v stanovanjih, zaradi česar je pri vseh stanovanjih bila prisotna tudi plesen. Ker je bilo ugotovljeno, da so za normalno in kakovostno bivanje nujno potrebna vzdrževalna dela, je bilo za energetsko sanacijo potrebno le 75 % soglasje. Tako so se štirje od petih lastnikov bloka odločili za energetsko sanacijo stavbe in sicer so sanirali le dele objekta, ki mejijo na lastnike, ki so projekt financirali. Zato je bilo sanirano celotno pritličje, vključno z vsemi kletnimi in skupnimi prostori, celotna prva etaža, polovica druge etaže in polovica podstrešja. Stanovalec, ki ni želel energetske

prenove se namreč nahaja v drugi etaži in ima zahodno pozicijo. Situacija pred in po sanaciji toplotnega ovoja je razvidna iz Slik 1 in 2.



Slika 1: Južna stran bloka pred obnovo



Slika 2: Južna stran bloka po obnovi

Stanovalci so lahko pridobili tudi sredstva iz Eko sklada [2], saj sklad ne določa, da je potrebno toplotno izolirati stavbo kot celoto. To pomeni, da je možno sanirati le del fasade. Mora pa biti to jasno razvidno iz zaključka naložbe, kot tudi kdo je investitor in plačnik naložbe.

V diplomski nalogi bo narejena energetska analiza pred in po sanaciji, ter vplivi na posamezne stanovalce zaradi dela, ki ni bil saniran. Predstavljeni bodo tudi ukrepi, ki bi lahko še dodatno izboljšali kakovost bivanja.

1.1 Namen in cilji diplomske naloge

Namen diplomske naloge je izdelava energetske bilance za večstanovanjski blok, ki se nahaja v Velenju pred in po izvedeni sanaciji toplotnega ovoja. Namen je poiskati še dodatne možne rešitve, da bi stanovanjski blok izpolnjeval zahteve Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah [3].

Glavni cilj diplomske naloge je bil, da bi ugotovili koliko energije za ogrevanje porabijo posamezna stanovanja glede na njihovo pozicijo v bloku pred in po sanaciji ter kako del stavbe, kjer prenova toplotnega ovoja ni bila izvedena, vpliva na porabo energije za ogrevanje celotne stavbe.

Primerjali smo podatke o potrebni energiji za ogrevanje računskega modela in podatke o dejanski porabi energije za ogrevanje.

1.2 Vpliv človeka na okolje

Človek s svojimi dejanji ves čas posega v okolje. Z rastjo števila prebivalstva ter ekonomskim in gospodarskim razvojem se je povečal tudi vpliv na okolje. Na kakovost in udobje človekovega življenja je to sicer vplivalo zelo dobro, je pa imelo to tudi negativne posledice predvsem na okolje.

Vse skupaj se je začelo, ko je človek začel izkoriščati fosilna goriva. Fosilna goriva ob izgorevanju v zrak oddajajo različne emisije toplogrednih plinov. Vse večje koncentracije toplogrednih plinov v našem ozračju pa so privedle do globalnega segrevanja le-tega.

Vse to nas sili, da zmanjšamo porabo energije. S tem ko zmanjšamo porabo energije, ne le da pozitivno vplivamo na okolje, ampak tudi varčujemo [4].

1.3 Energetska prenova

Z energetske prenoave stavbe dosežemo boljše bivalne razmere in energetske učinkovitost stavbe. Z zmanjšanjem porabljenae energije za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople vode, razsvetljavo ne le, da zmanjšamo porabo denarja za obratovanje, ampak tudi pozitivno vplivamo na okolje, saj pri tem omejimo izpust toplogrednih plinov v okolje.

Energetska prenova je sicer velik finančni zalogaj, vendar se nam investicija na dolgi rok povrne preko zmanjšanih mesečnih obratovalnih stroškov. Zato je pomembno, da je prenova narejena optimalno. Prav tako pa pozitivno vpliva na kakovost bivanja, saj se v starih objektih poleg energetske potrate največkrat soočamo tudi z vlago, plesnijo in drugimi posledicami slabih konstrukcijskih ovojev [5].

1.4 Eko sklad

Spodbujanja energetske prenoave smo deležni tudi s strani države, ki delno financira projekte, ki ustrezajo pogojem za zmanjšano porabo energije za ogrevanje in hlajenje. Ta sklad, ki ga je država ustanovila za financiranje okoljske investicije se imenuje Eko sklad [2].

Eko sklad [2] je slovenski okoljski javni sklad in je največja javna finančna institucija, ki je bila ustanovljena z namenom, da spodbuja okoljske naložbe v Republiki Sloveniji. Ustanoviteljica in lastnica Eko sklada je torej Republika Slovenija. Le-ta z njegovo pomočjo posredno uresničuje del reguliranih [6] in zastavljenih ciljev na področju okolja. Tako je temeljna poslovna dejavnost Eko sklada spodbujanje varstva okolja in okoljske naložbe z merljivimi okoljskimi učinki, predvsem preko ugodnega kreditiranja in nepovratnih sredstev, ki se dodeljujejo na podlagi javnih razpisov, pa tudi skozi aktivnosti, vezane na financiranje brezplačnega energetskega svetovanja za občane, promocijo in ozaveščanje. Poleg okoljske učinke imajo ti ukrepi, ki jih spodbuja Eko sklad še številne druge učinke na gospodarstvo in družbo [2].

1.5 Vpliv vlage v objektih na zdravje ljudi

Vlaga se v stavbah pojavlja zaradi gradbenih napak kot so toplotni mostovi, zamakanje in pa tudi ob morebitnih poplavih. Poleg naštetega na pojav vlage v stavbah z neustrezno uporabo objekta vplivamo tudi ljudje sami, ko stavbe premalo ogrevamo, ker želimo prihraniti in posledično prostore tudi premalo prezračujemo, da bi nam bilo čim topleje. Na mestih v stavbi, kjer se nabira vlaga se zelo pogosto razvijejo plesni oz. glive. Plesni pa lahko imajo zelo resne posledice za naše zdravje. Pojavijo se lahko razne alergije, okužbe in celo zastrupitve. Okužbe najpogosteje prizadenejo kožo, pljuča, redkeje pa tudi centralni živčni sistem, kosti, sklepe in bezgavke [5]. Najbolj občutljivi za okužbe so otroci, kadilci in ljudje s slabšim imunskim sistemom. Okužimo se tako, da vdihujemo zrak in prah, ki je okužen s sporami gliv, zato okužba skoraj vedno prvo prizadene pljuča [5].

Najpogostejše oblike bolezni, ki se razvijejo zaradi okužbe z glivami so kronična obstruktivna pljučna bolezen, astma, kašelj, težko dihanje in podobno [5].

Ukrepi s katerimi omejujemo razvoj plesni v stavbah so predvsem ustrezni stavbni ovoji, prezračevanje in ozaveščanje ljudi.

S sanacijo stavbnega ovoja lahko torej izboljšamo bivalne razmere in s tem preprečimo nastanek vlage in plesni, torej zmanjšamo možnosti za nastanek bolezni povezanih s plesnijo, poleg tega pa še prihranimo denar s tem ko zmanjšamo potrebno energijo za ogrevanje [5].

2 ZAKONODAJA

Države si močno prizadevajo zmanjšati porabo energentov, da bi s tem pripomogle k manjšemu onesnaževanju okolja. Prav zaradi tega je Evropska unija podala pogoje, ki jih morajo države članice izpolniti do leta 2020. Tako morajo države članice zmanjšati emisije toplogrednih plinov v primerjavi z letom 1990 za 20 odstotkov, zmanjšati delež energije iz obnovljivih virov v skupni rabi energije za 20 odstotkov, ter povečati energetske učinkovitost za 20 odstotkov. Za doseganje teh ciljev je Evropska komisija predlagala podnebno-energetski zakonodajni paket, ki je začel veljati junija 2009. Tako je maja 2010 prišla v veljavo prenovljena Direktiva o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU (EPBD-r) [6], ki upošteva cilje podnebno-energetskega zakonodajnega paketa in spodbuja k izboljšanju energetske učinkovitosti stavb v Evropski uniji.

Republika Slovenija je Direktivo o energetske učinkovitosti stavb 2010/31/EU (EPBD-r) vpeljala v zakonodajo s tremi zakoni:

- Zakon o graditvi objektov (ZGO-1) [7]
- Energetski zakon (EZ) [8]
- Zakon o varstvu okolja (ZVO-1) [9]

Pri izdelavi diplomske naloge smo si pomagali s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah [3], ki je bil sprejet na podlagi Zakona o graditvi objektov.

2.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [3] velja od 1.1.2011. Pravilnik uporabljamo pri novogradnji in pri prenavljanju stavb, pri katerih se posega v vsaj 25 odstotkov površine toplotnega ovoja. Pravilnik določa tehnične zahteve za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople vode, razsvetljave v stavbah in zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi. Istočasno moramo poleg pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevati še Tehnično smernico za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije [10]. Le ta natančneje opisuje zahteve pravilnika in določa potrebne izračune, na podlagi katerih preverjamo učinkovito rabo energije v stavbah.

2.2 Tehnična smernica za graditev (TSG-1-004 Učinkovita raba energije)

Tehnično smernico za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije [10] je izdal minister za okolje in prostor skupaj z ministrom za gospodarstvo na podlagi Zakona o graditvi objektov. V Tehnični smernici se za določeno vrsto objekta uredijo natančnejša opredelitev bistvenih zahtev, pogoji za projektiranje razredi gradbenih proizvodov in materialov, ki se lahko vgrajujejo, načini njihove vgradnje in načini izvajanja gradnje z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta ves čas njegove življenjske dobe. V tehnični smernici za graditev se določi bistvene zahteve, ki se nanašajo na mehansko odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higienska in zdravstvena zaščita in zaščita okolice, varnost pri uporabi, zaščita pred hrupom in varčevanje z energijo, ohranjanje toplote in varovanje okolja. Glede na svoj namen morajo objekti izpolnjevati eno ali več zgoraj napisanih bistvenih zahtev.

2.3 Upravnik večstanovanjske stavbe

Etažni lastniki morajo določiti upravnika, če ima večstanovanjska stavba več kot dva etažna lastnika in več kot osem posameznih delov [11]. Etažni lastniki pooblastijo upravnika večstanovanjske stavbe, da jih zastopa v poslih, ki se nanašajo na upravljanje večstanovanjske stavbe in da poskrbi, da se izvršujejo pravice in obveznosti iz sklenjenih poslov. Če pogoji za določitev upravnika niso izpolnjeni in upravitelj ni obvezen, morajo etažni lastniki sami zagotavljati izvrševanje vseh poslov, ki po tem zakonu sodijo v krog opravljanja upravniških storitev [1].

3 UPORABLJENI RAČUNALNIŠKI PROGRAMI

V diplomski nalogi sem se poslužila dveh programov, ki so ju izdelali na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente, v skladu s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah, ki je v skladu s SIST EN ISO 13790.

3.1 TEDI

Računalniški program TEDI [12] je namenjen za račun toplotne prehodnosti, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope. Program je zasnovan na podlagi Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah. Program nam na podlagi vhodnih podatkov o sestavi konstrukcijskega sklopa izračuna toplotno prehodnost, stabilnost in difuzijo vodne pare skozi obravnavani konstrukcijski sklop. Program ima že ustvarjeno bazo podatkov, zato je za uporabnika zelo prijazen. Podatke lahko v programu spreminjamo, program pa nas sproti obvešča ali obravnavani konstrukcijski sklop ustreza veljavni zakonodaji ali ne. Rezultate nam poda v številčni in grafični obliki. Tako lahko iz grafikonov razberemo tudi kje natančno v konstrukcijskem sklopu je prišlo do navlaženja.

3.2 TOST

Računalniški program TOST [13] je narejen za izračun energetske bilance stavbe. Program glede na mesec in sezono izračuna porabo toplote za ogrevanje v bivalnih in nestanovanjskih stavbah. Izračun se lahko izvede za dan, noč, vikend in obdobje nezasedenosti. V program vnesemo vhodne podatke za stavbo in sicer podatki o zemljini, podatki o toplotnih mostovih, hlajenju, ogrevanju, topli vodi. Program v nadaljevanju glede na izbrano lokacijo določi klimatske podatke. Obravnavano stavbo moramo razdeliti na temperaturne cone, ki jih je potrebno v programu natančno definirati. Na podlagi vseh podatkov nam program izračuna energetsko bilanco, pri tem pa nam poda podatke za vsako cono posebej in za celoten objekt. Program nam po izračunu napiše ali naš objekt ustreza predpisom ali ne.

4 OPIS OBRAVNAVANE STAVBE

4.1 Splošno

Obravnavamo stanovanjski blok s petimi bivalnimi enotami, ki se nahaja na Šlandrovi cesti 13 v Velenju na koordinatah GKX=135725 in GKY=508986. Lokacija obravnavanega bloka razvidna iz Slike 3.



Slika 3: Lokacija obravnavanega bloka, (vir: [14]).

Blok leži na nadmorski višini 401,6 m. Vsa stanovanja so enakega oz. zrcalnega tlorisa. Pritličje je pol podkleteno. Tu se na zahodni strani nahaja stanovanje, na vzhodni pa kleti. V prvem in drugem nadstropju sta po dva stanovanja. Sledi še neogrevano podstrešje. Blok je širok 11,85 m in dolg 18,15 m. Celotna višina je 10,5 m, višina stranske stene pa 7,5 m. Blok je bil zgrajen leta 1956, streha pa je bila nazadnje obnovljena leta 1988.

Fotografije bloka pred in po sanaciji iz vseh strani so predstavljene na Slikah 4-9.



Slika 4: Severna stran bloka pred obnovo



Slika 5: Severna stran bloka po obnovi



Slika 6: Vzhodna stran bloka pred obnovo



Slika 7: Vzhodna stran bloka po obnovi



Slika 8: Zahodna stran bloka pred obnovo



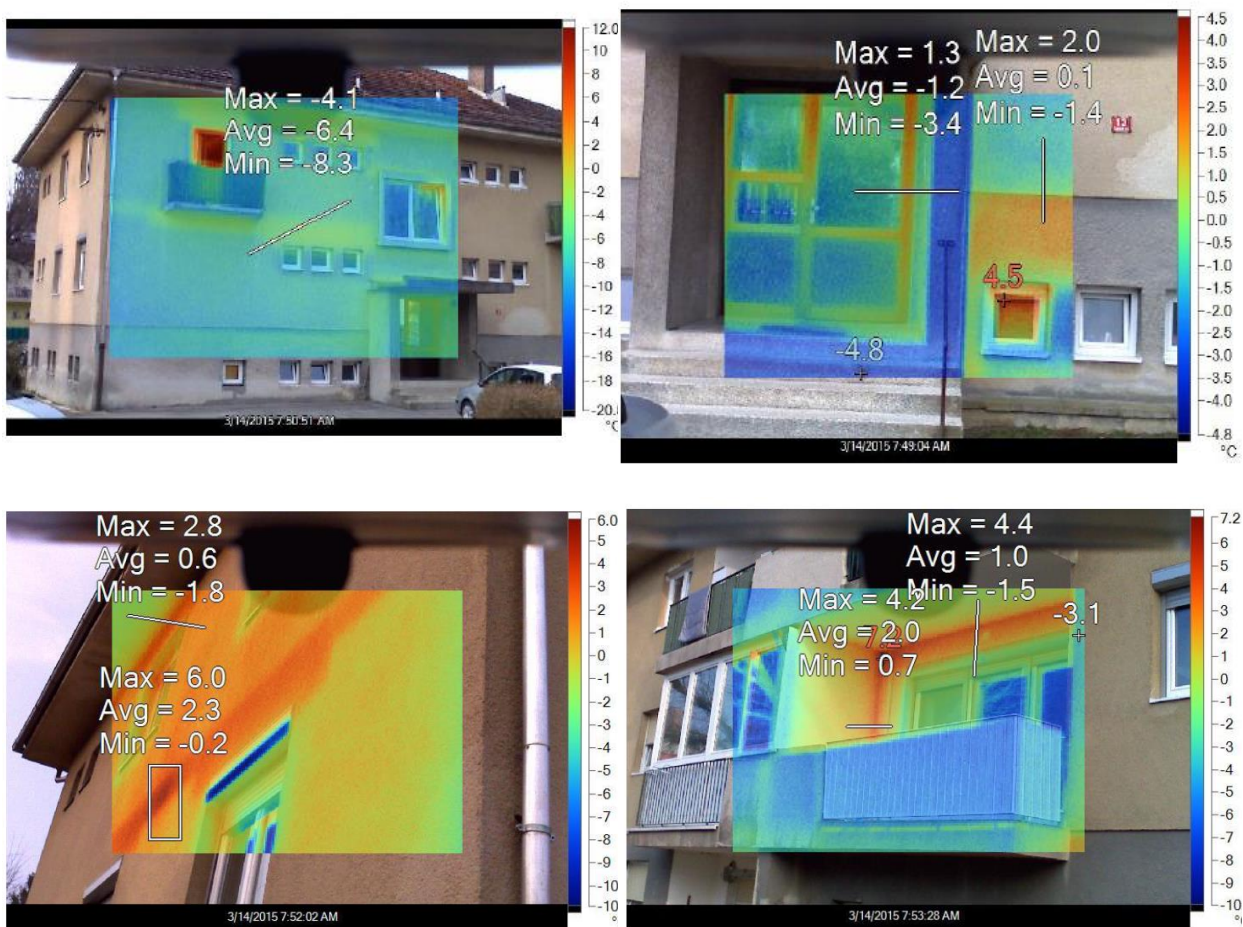
Slika 9: Zahodna stran bloka po obnovi

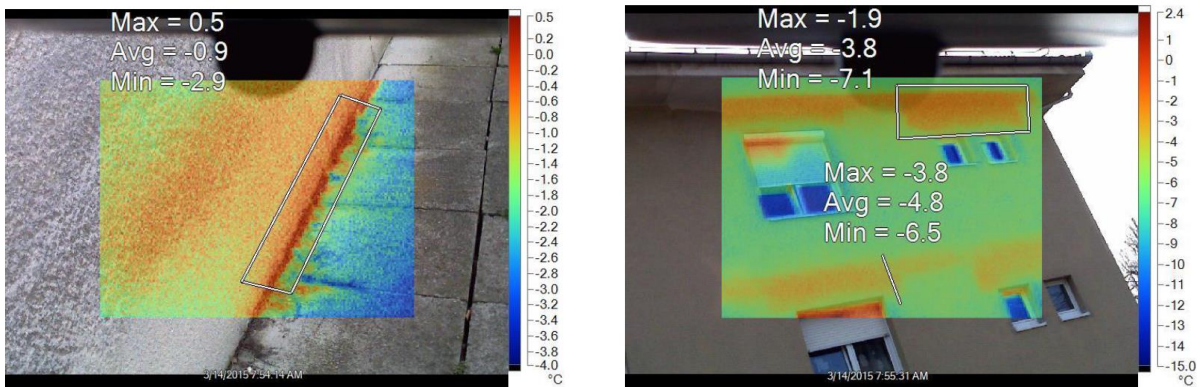
4.2 Poročilo termografskega merjenja objekta

Meritve termografije so bile izvedene 23.3.2015 od 7:50 do 8:50. meritve je izvedel Cvetko Fendre iz Šolskega centra Velenje.

V času merjenja je bilo zunaj 1,6°C. Povprečna vlaga v zraku je znašala 73%, kar je bil zelo moteč dejavnik.

Analiza termografskih meritev na zunanosti zgradbe (Slika 10):

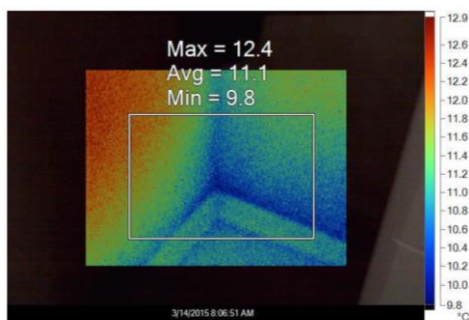




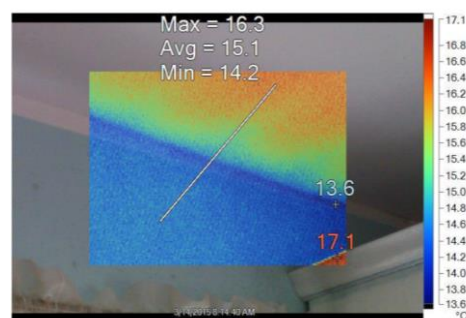
Slika 10: Posnetki termografije za zunanost zgradbe

Zunanji posnetki s severne strani kažejo na maksimalno razliko v temperaturi $4,2^{\circ}\text{C}$. vidni toplotni mostovi so ob ploščah zgradbe in stropni plošči zgornje etaže. Pri vhodnih vratih je maksimalna razlika v temperaturi $4,7^{\circ}\text{C}$. Na vzhodni strani bloka je maksimalna razlika v temperaturi $6,2^{\circ}\text{C}$ na nosilni plošči in $4,6^{\circ}\text{C}$ ob strešni plošči zgradbe. Največja razlika v temperaturi se pojavi na južni strani bloka nad okni na balkonu in sicer $10,3^{\circ}\text{C}$. Tu je viden toplotni most nad okni in po celotnem vertikalnem stenskem stiku. Na južni strani je pri stiku stene in tal viden toplotni most z maksimalno razliko v temperaturi $3,4^{\circ}\text{C}$. na zahodnem delu fasade je ob stiku s podstrešno ploščo viden toplotni most z maksimalno razliko temperature $5,2^{\circ}\text{C}$.

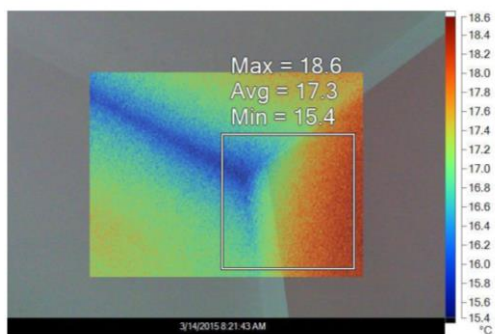
Analiza termografskih meritev v notranjosti zgradbe (Slika 11):



Stanovanje 1 (kot pri tleh)



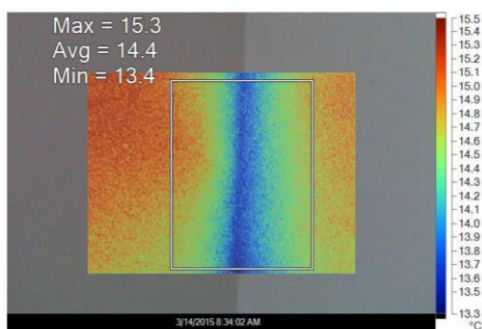
Stanovanje 2 (strop)



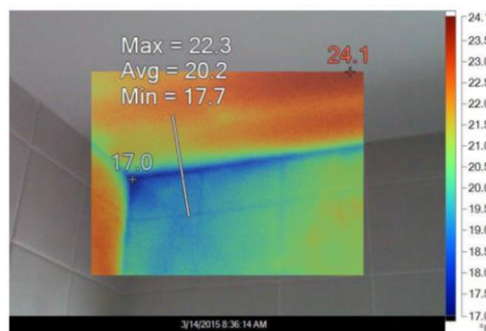
Stanovanje 2 (kot pri stropu)



Stanovanje 3 (kot pri stropu)



Stanovanje 3 (vertikalni stik sten)



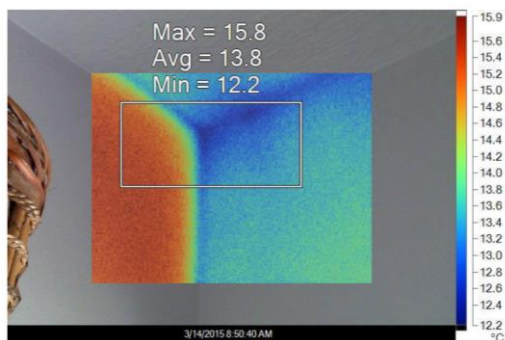
Stanovanje 3 (v kopalnici)



Stanovanje 4 (kot pri stropu)



Stanovanje 4 (strop)



Stanovanje 4 (kot pri stropu)

Slika 11: Posnetki termografije za notranjost zgradbe

V stanovanju 1 se pojavi toplotni most v kotnem predelu stene. Temperaturna razlika tu je $2,6^{\circ}\text{C}$. Tu je vidna plesen. Maksimalna razlika v temperaturi v stanovanju 2 je $3,5^{\circ}\text{C}$. V stanovanju 2 je viden izrazit napredek plesni v kotnih predelih, ki je posledica vlage ter nizke temperature v stanovanju, ki je v času meritev znašala komaj $17,3^{\circ}\text{C}$, vlaga v stanovanju pa je bila $61,2\%$. Stanovanje se spopada z vlago ne le zaradi prenizkih temperatur, temveč tudi zaradi slabega prezračevanja. V stanovanju 3 je bilo v času meritev $20,8^{\circ}\text{C}$ vlažnost pa $37,7\%$. maksimalna temperaturna razlika je znašala $7,1^{\circ}\text{C}$ in sicer v kopalnici. Tudi tukaj je viden napredek plesni. V stanovanju 4 je bila temperatura zraka v času meritev $21,5^{\circ}\text{C}$, vlažnost pa 35% . maksimalna razlika v temperaturi je $5,5^{\circ}\text{C}$.

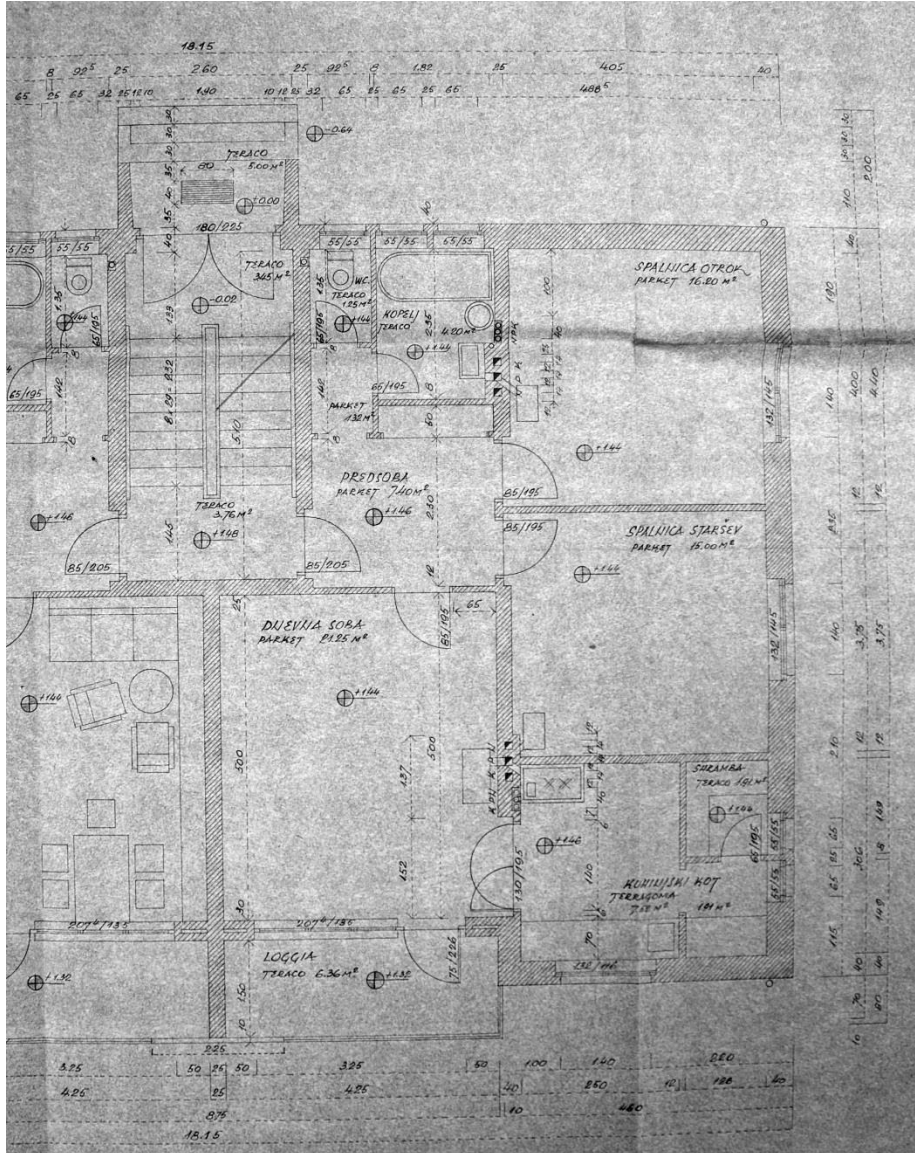
Meritve so pokazale, da so bivalne razmere v bloku tako slabe, da so vzdrževalna dela nujna. Poleg velikih izgub energije za ogrevanje je ogroženo tudi zdravje ljudi zaradi vlage v stanovanjih. Zato so se lastniki stanovanj 1, 2, 3 in 4 odločili, da se spustijo v investicijo brez lastnika stanovanja 5, ki prenove ni želel. Izkoristili so zakon, v katerem je zapisano, da je za nujna vzdrževalna dela potrebno le 75% soglasje lastnikov za poseganje v skupno lastnino. Tako so lahko sebi izboljšali bivalne razmere.

5 OCENA STANJA PRED OBNOVO

Do podatkov o stanju pred obnovo smo prišli s pomočjo obstoječih načrtov, del načrta je viden na Sliki 12, ogleda dejanskega stanja pred obnovo, ter pogovora s stanovalci, ki živijo v bloku.

Zunanje stene so zgrajene iz polnih opečnih zidakov formata 6,5/12,5/25 cm in so sestavljene po principu »ena prečno, ena vzdolžno« tako, da skupna širina zunanje stene znaša 38 cm. Blok je toplotno neizoliran. Tla v kleti prav tako niso toplotno izolirana. Notranje stene so vse iz polnih opečnatih zidakov. Blok leži na armiranobetonski temeljni plošči debeline 40 cm. Ostrešje je neizolirano, opečnati strešniki ležijo na prečnih letvah pritrjenih na lesene tramove, kar je razvidno iz Slik 13 in 14.

Med vsemi nadstropji so stropovi enaki in sicer plavajoči pod, ki je sestavljen iz lesenih tramov velikosti 16x16 cm, iz vsake strani so pritrjeni plohi, vmes pa je med prazne prostore nasut ves gradbeni material, ki je med izvedbo bloka ostajal, sledijo prečne in vzdolžne deske, na deske je z žablji pritrjen še parket debeline 2,5 cm. Tako znaša skupna debelina stropne plošče 23 cm.



Slika 12: Tloris stanovanja



Slika 13: Podstrešje pred obnovo



Slika 14: Podstrešje pred obnovo

6 OCENA STANJA PO OBNOVI

Do ocene stanja po obnovi smo prišli s spremljanjem samega poteka obnove toplotnega ovoja stavbe, pogovora s stanovalci in obstoječe dokumentacije.

Obnova toplotnega ovoja stavbe je obsegala polaganje EPS-a povsod, kjer je bilo v načrtih to predvideno, torej po celotni stavbi, razen na delu okoli stanovanja 5, ki ima zahodno pozicijo in se nahaja v drugem nadstropju ter na vzhodni polovici podstrešja. EPS je bil sidran, sidra so bila postavljena v razmaku 1 m. Zaključno plast predstavlja plemenita fasadna malta. Povsod kjer je bila izvedena obnova toplotnega ovoja so bile na oknih menjane tudi okenjske police.

Po zunanjem ovoju stavbe smo dodali 12 cm EPS-a in sicer FRAGMAT EPS F, tako nova debelina zunanje stene znaša 53 cm. Na podstrešju pa smo dodali 22 cm EPS-a in sicer FRAGMAT EPS 70, PE folijo in 3 cm cementnega estriha, ki služi kot zaključna plast.

7 KLIMATSKI PODATKI

Klimatski podatki se nanašajo na lokacijo obravnavanje stavbe. Program TEDI na podlagi podanih koordinat stavbe iz baze podatkov izbere ustrezne klimatske podatke. Program lahko upošteva globalno sončno sevanje glede na horizontalno in štiri vertikalne orientacije, te pa lahko prilagajamo dejanski orientaciji zunanjih površin obravnavanega objekta.

Klimatski podatki zajemajo podatke o temperaturnem primankljaju, projektni temperaturi, povprečni letni temperaturi, letni sončni energiji, trajanju ogrevalne dobe, začetku ogrevalne dobe in koncu ogrevalne dobe, kar je razvidno v Preglednici 1.

S pomočjo klimatskih podatkov program TEDI določi zunanjo in notranjo računsko temperaturo in maksimalno dovoljeno prevodnost konstrukcijskega sklopa. S pomočjo teh podatkov program izračuna dejansko prevodnost konstrukcijskega sklopa.

Klimatski podatki:

Preglednica 1: Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-10
Povprečna letna temperatura (°C)	9,2
Letna sončna energija (kWh/m ²)	1151
Trajanje ogrevalne dobe (dnevi)	250
Začetek ogrevalne dobe (dan)	260
Konec ogrevalne dobe (dan)	145

Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in številu ogrevanih dni so razvidni v Preglednici 2.

Preglednica 2: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in številu ogrevanih dni

Mesec	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m ² , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
JAN	-1,0	139	39	73	212	97	31
FEB	1,0	202	48	99	248	135	28
MAR	5,0	318	73	157	269	182	31
APR	9,0	411	104	204	236	202	30
MAJ	14,0	534	129	252	232	242	25
JUN	17,0	554	146	244	213	254	0
JUL	19,0	604	137	259	238	276	0
AVG	18,0	517	111	235	263	246	0
SEPT	15,0	369	86	168	263	184	13
OKT	9,0	237	65	115	225	127	31
NOV	4,0	146	48	81	166	78	30
DEC	0,0	109	35	61	155	67	31
Ogrev. sezona	5,5	2154	556	1070	1816	1166	250

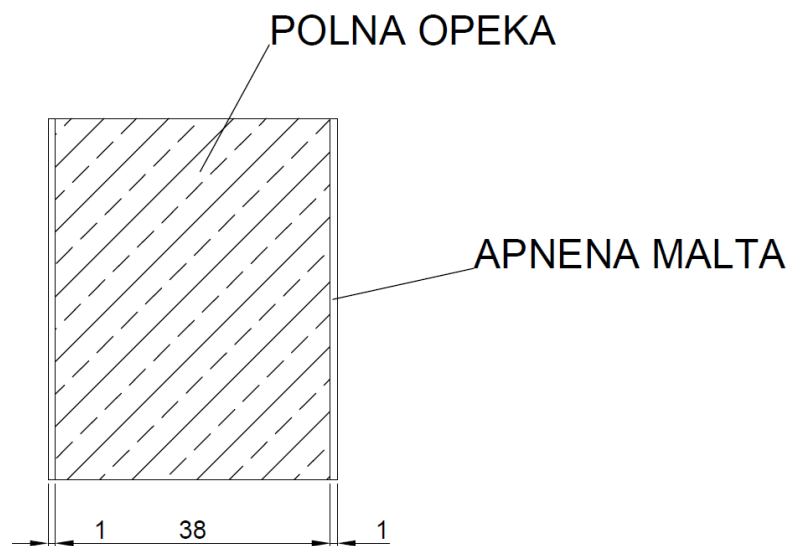
8 KONSTRUKCIJSKI SKLOPI V STANJU PRED IN PO OBNOVI

V tem poglavju smo analizirali konstrukcijske sklope, ki se pojavijo v stavbi pred obnovo toplotnega ovoja in po obnovi toplotnega ovoja. Materialne karakteristike, ki smo jih uporabljali smo privzeli iz programa TEDI. Nato smo analizirali še možne dodatne rešitve konstrukcijskih sklopov, ki bi pripomogle k zmanjšanju potrebne energije za ogrevanje in bi se lahko dodatno izvedle kasneje.

Najprej smo analizirali vse konstrukcijske sklope, ki se pojavijo v stavbi s pomočjo programa TEDI.

8.1 Zunanja stena 1

Konstrukcijski sklop Zunanja stena 1, stena med ogrevanim prostorom in zunanostjo, je sestavljen iz 1 cm apnene malte, 38 cm polne opeke in 1 cm apnene malte, kar je razvidno iz Slike 15.



Slika 15: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 1

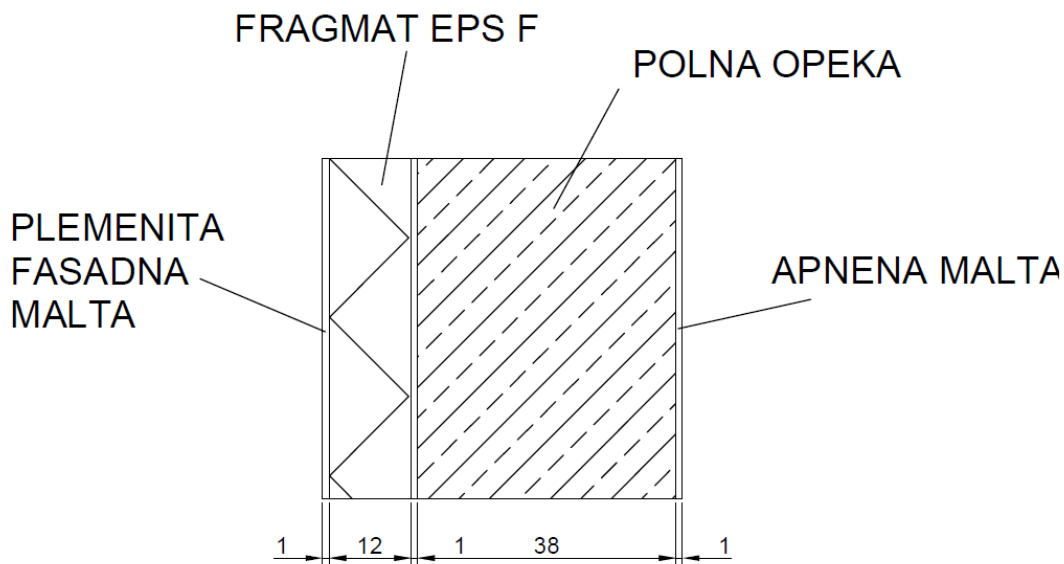
Zunanja stena 1 se nahaja po celotni zunanosti bloka, razen v območju balkonov, kjer se nahaja konstrukcijski sklop imenovan Zunanja stena 2. Pri obravnavanem konstrukcijskem sklopu je bila računska temperatura zraka v času ogrevalne sezone notri 20°C, zunaj pa -5°C. Temperaturno dušenje je bilo 46,82, temperaturna zakasnitev pa 12,63 ure.

Konstrukcijski sklop Zunanja stena 1 pred obnovo ni ustrezal minimalnim zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, saj je bil $U_{\text{izračunani}}$ večji od U_{max} , kar je razvidno iz Preglednice 3. Kljub neustreznemu konstrukcijskemu sklopu glede toplotne prehodnosti, pa v obravnavanem konstrukcijskem sklopu ni prišlo do kondenzacije vodne pare v nobeni plasti sklopa, kar pomeni, da je konstrukcijski sklop ustrezal zahtevam glede difuzije vodne pare.

Preglednica 3: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 1

Zunanja stena 1 (stena med ogrevanim prostorom in zunanostjo)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
2	polna opeka	0,38	1400	920	0,58	7
3	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=-5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,177	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,28
KS NE ODGOVARJA						

Stanje po obnovi:



Slika 16: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 1 z izolacijo

Konstrukcijskemu sklopu smo dodali 12 cm plast EPS-a in sicer FRAGMAT EPS F, razvidno iz Slike 16. Po vrhu EPS-a je zaključna plast, ki ima poleg zaključne funkcije tudi funkcijo hidroizolacije.

Po sanaciji toplotnega ovoja je konstrukcijski sklop Zunanja stena 1 ustrezal zahtevam glede toplotne prehodnosti, saj je bil po sanaciji $U_{\text{izračunani}}$ manjši od U_{max} , razvidno iz Preglednice 4.

Se pa po obnovi toplotnega ovoja nabira vodna para v tretjem sloju in sicer na apneni malti, ki je prej služila kot finalna obdelava, ki je na topli strani konstrukcijskega ovoja, zaradi česar lahko pride v samem konstrukcijskem sklopu do težav z nastankom vodne pare v notranjosti sklopa. Kljub temu program izračuna, da konstrukcijski sklop ustreza minimalnim zahtevam glede difuzije vodne pare, saj je čas potreben za izsuševanje 28 dni, dolžina obdobja izsuševanja pa 60 dni.

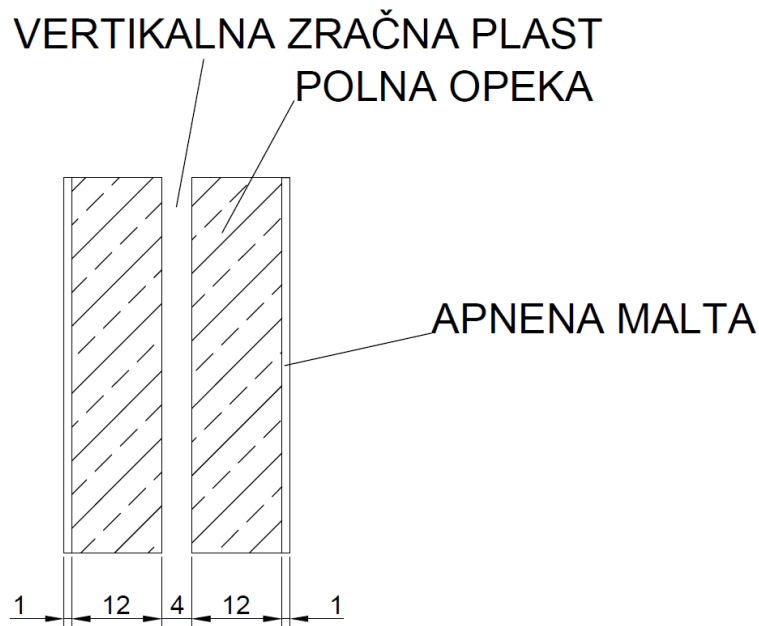
Temperaturno dušenje je 579,85, temperaturna zakasnitev pa 13,22 ure.

Preglednica 4: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 1 z izolacijo

Zunanja stena 1 (stena med ogrevanim prostorom in zunanostjo) s toplotno izolacijo						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	plemenita fasadna malta	0,01	1850	1050	0,7	15
2	FRAGMAT EPS F	0,12	15	1260	0,039	25
3	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
4	polna opeka	0,38	1400	920	0,58	7
5	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=-5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		0,254	<	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,28
KS ODGOVARJA						

8.2 Zunanja stena 2

Zunanja stena 2 je prezračevana stena, med ogrevanim prostorom in zunanostjo (Slika17).



Slika 17: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 2

Konstrukcijski sklop Zunanja stena 2, prikazan na Sliki 17, se nahaja v predelu balkonov na zadnji strani objekta. Med dvema plastema opeke debeline 12cm je plast zraka debeline 4cm. Računska temperatura zraka notri je 20°C, zunaj pa -5°C. Temperaturno dušenje je 30,67, temperaturna zakasnitev pa 7,92 ure.

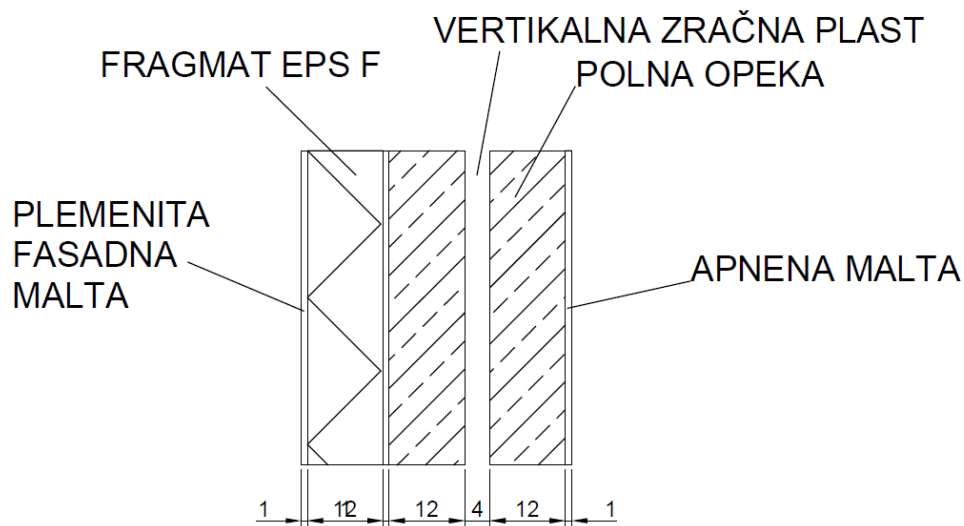
Ta konstrukcijski sklop pričakovano pred sanacijo ne ustreza zahtevam glede toplotne prehodnosti, saj je $U_{izračunani}$ večji od U_{max} (Preglednica 5), prav tako ne ustreza zahtevam glede difuzije vodne pare, saj kondenz nastaja v tretji plasti v konstrukcijskem sklopu.

Ker se konstrukcijski sklop nahaja le na manjšem delu toplotnega ovoja smo za obravnavo v programu TOST uporabljali faktor toplotne prehodnosti za zunanjo steno od konstrukcijskega sklopa Zunanja stena 1, saj zaradi delovanja samega programa ni mogoče enostavno definirati posamezne cone ob upoštevanju obeh faktorjev toplotne prehodnosti.

Preglednica 5: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 2

Zunanja stena 2 (prezračevana stena, med ogrevanim prostorom in zunanostjo)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
2	polna opeka	0,12	1400	920	0,58	7
3	horizontalna zračna plast	0,04	1	1000	0,111	1
4	polna opeka	0,12	1400	920	0,58	7
5	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=-5°)						
U _{izračunani} (W/m ² K)		1,032	>	U _{max. predpisani} (W/m ² K)		0,28
KS NE ODGOVARJA						

Stanje po obnovi:



Slika 18: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 2 z izolacijo

Konstruktivskemu sklopu smo dodali 12 cm plast EPS-a in sicer FRAGMAT EPS F, kar je prikazano na Sliki 16. Po vrhu EPS-a je zaključna plast, ki ima poleg zaključne funkcije tudi funkcijo hidroizolacije.

Po obnovi toplotnega ovoja stavbe, obravnavani konstruktivski sklop pričakovano ustreza pogojem glede toplotne prevodnosti (Preglednica 6). Se pa pojavi nabiranje kondenza v več plasteh. Glede tega pojava pa standard ni jasen.

Temperaturno dušenje je 379,83, temperaturna zakasnitev pa 8,52 ure.

Preglednica 6: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 2 z izolacijo

Zunanja stena 2 (prezračevana stena, med ogrevanim prostorom in zunanostjo) s toplotno izolacijo						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	plemenita fasadna malta	0,01	1850	1050	0,7	15
2	FRAGMAT EPS F	0,12	15	1260	0,039	25
3	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
4	polna opeka	0,12	1400	920	0,58	7
5	horizontalna zračna plast	0,04	1	1000	0,111	1
5	polna opeka	0,12	1400	920	0,58	7
6	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=-5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		0,246	<	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,28
KS ODGOVARJA						

8.3 Zunanja stena 3

Konstrukcijski sklop Zunanja stena 3 se nahaja med neogrevanim stopniščem oziroma kletjo in zunanostjo. Računska temperatura notri je 10°C, zunaj pa -5°C. Temperaturno dušenje je 46,82, temperaturna zakasnitev pa 12,63 ure.

Konstrukcijski sklop ne zadostuje pogojem glede toplotne prevodnosti (Preglednica 7), račun difuzije vodne pare pa ni potreben, saj v konstrukcijskem sklopu ne pride do kondenzacije.

Preglednica 7: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 3

Zunanja stena 3 (stene med neogrevanim prostorom in zunanostjo)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=10°)						
1	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
2	polna opeka	0,38	1400	920	0,58	7
3	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=-5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,177	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,28
KS NE ODGOVARJA						

Stanje po obnovi:

Konstrukcijskemu sklopu smo dodali 12 cm plast EPS-a in sicer FRAGMAT EPS F. Po vrhu EPS-a je zaključna plast, ki ima poleg zaključne funkcije tudi funkcijo hidroizolacije.

Po sanaciji toplotnega ovoja obravnavani konstrukcijski sklop zadošča zahtevam glede toplotne prevodnosti (Preglednica 8). Kondenz se nabira v tretjem sloju na apneni malti, vendar konstrukcijski sklop ustreza glede prepustnosti vodne pare. Čas za izsušitev vodne pare je 14 dni, dolžina obdobja izsuševanja pa 60 dni.

Temperaturno dušenje je 579,85, temperaturna zakasnitev pa 13,22 ure.

Preglednica 8: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 3 z izolacijo

Zunanja stena 3 (stene med neogrevanim prostorom in zunanostjo) s toplotno izolacijo						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=10°)						
1	plemenita fasadna malta	0,01	1850	1050	0,7	15
2	FRAGMAT EPS F	0,12	15	1260	0,039	25
3	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
4	polna opeka	0,38	1400	920	0,58	7
5	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=-5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		0,254	<	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,28
KS ODGOVARJA						

8.4 Zunanja stena 4

Konstrukcijski sklop Zunanja stena 4 se nahaja med ogrevanim prostorom in terenom. Ta se pojavi v pol podkletenim stanovanjem, ki je 1 m vkopan v zemljo. Računska temperatura zunaj je 20°C, zunaj, se pravi v zemlji, pa 10°C.

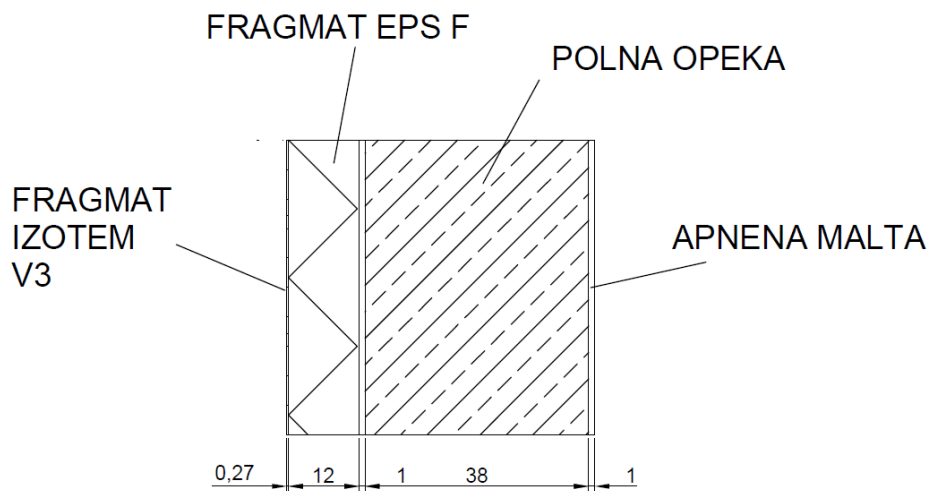
Ta konstrukcijski sklop ne ustreza zahtevam glede toplotne prevosnosti, saj je $U_{\text{izračunani}}$ precej večji od $U_{\text{max. predpisani}}$ (Preglednica 9). Račun difuzije vodne pare za obravnavani konstrukcijski sklop ni potreben.

Temperaturno dušenje je 46,82, temperaturna zakasnitev pa 12,63 ure.

Preglednica 9: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 4

Zunanja stena 4 (stena med ogrevanim prostorom in terenom)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
2	polna opeka	0,38	1400	920	0,58	7
3	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=10°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,177	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,3
KS NE ODGOVARJA						

Stanje po obnovi:



Slika 19: Konstrukcijski sklop: Zunanja stena 4 z izolacijo

Konstrukcijskemu sklopu smo dodali 12 cm plast EPS-a in sicer FRAGMAT EPS F.

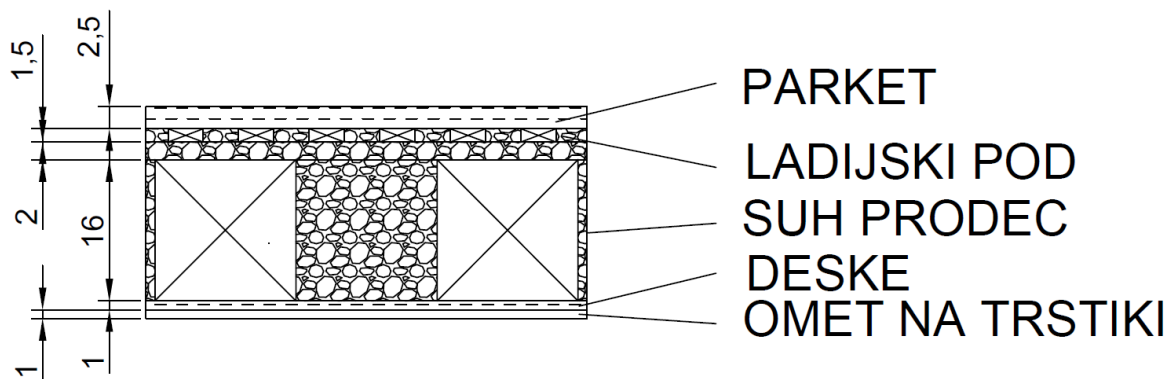
Konstrukcijski sklop ustreza zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah glede toplotne prehodnosti, saj je $U_{\text{izračunani}}$ manjši od $U_{\text{max. predpisani}}$ (Preglednica 10). Temperaturno dušenje je 579,85, temperaturna zakasnitev pa 13,22 ure. Račun difuzije vodne pare ni potreben.

Preglednica 10: Rezultati programa TEDI: Zunanja stena 4 z izolacijo

Zunanja stena 4 (stene med ogrevanim prostorom in terenom) s toplotno izolacijo						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	FRAGMAT IZOTEM V3	0,0027	1300	1460	0,19	14000
2	FRAGMAT EPS F	0,12	15	1260	0,039	25
3	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
4	polna opeka	0,38	1400	920	0,58	7
5	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=10°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		0,256	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,3
KS ODGOVARJA						

8.5 Strop 1

Konstruksijski sklop Strop 1 se nahaja med ogrevanimi prostori različnih lastnikov (Slika 20).



Slika 20: Konstruksijski sklop: Strop 1

Ta konstruksijski sklop (Slika 20) sestavljajo les, kot nosilni element, suhi prodec kot nasutje, ladijski pod in hrastov parket, ki se nahaja v veliki večini sanovanja, razen v kopalnici.

Pričakovano strop med različnimi lastniki stanovanj ustreza zahtevam glede toplotne prehodnosti (Preglednica 11), saj je računski temperatura zraka na obeh straneh 20°C. Račun difuzije vodne pare v takem primeru ni potreben.

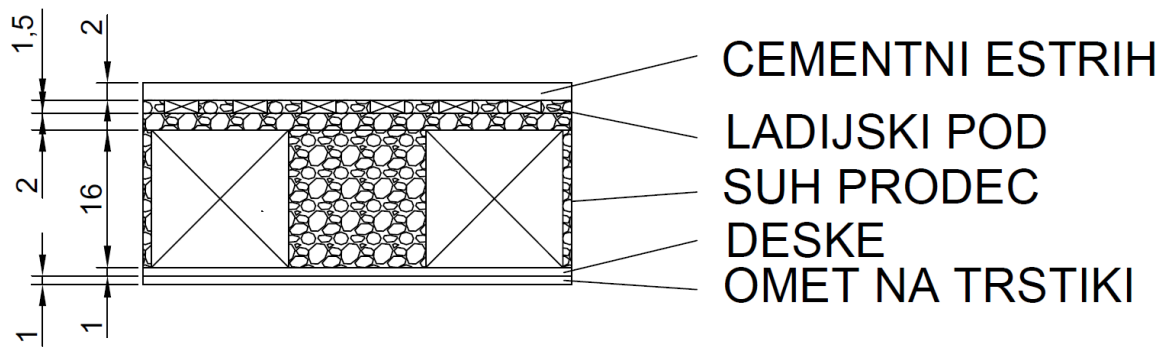
Temperaturno dušenje je 9,92, temperaturna zakasnitev pa 6,35 ure.

Preglednica 11: Rezultati programa TEDI: Strop 1

Strop 1 (med ogrevanimi prostori različnih lastnikov)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	hrastov parket	0,025	700	1670	0,21	15
2	ladijski pod	0,015	520	1670	0,14	15
3	suh prodec	0,02	1700	840	0,81	1,5
4	suh prodec	0,16	1700	840	0,81	1,5
5	les	0,01	500	2090	0,14	70
6	mavčna malta na trstiki	0,01	1000	920	0,47	3
ZUNAJ (T=20°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,248	<	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		1,35
KS ODGOVARJA						

8.6 Strop 2

Konstrukcijski sklop Strop 2 se nahaja med ogrevanim prostorom in neogrevanim podstrešjem (Slika 21).



Slika 21: Konstrukcijski sklop: Strop 2

Konstrukcijski sklop, ki se nahaja med ogrevanim stanovanjem in neogrevanim podstrešjem je enak kot med stanovanji različnih lastnikov. Vendar pa imamo v tem primeru računsko temperaturo zraka na eni strani 20°C , na drugi pa -5°C , saj je streha prezračevana in so pogoji praktično enaki kot zunaj.

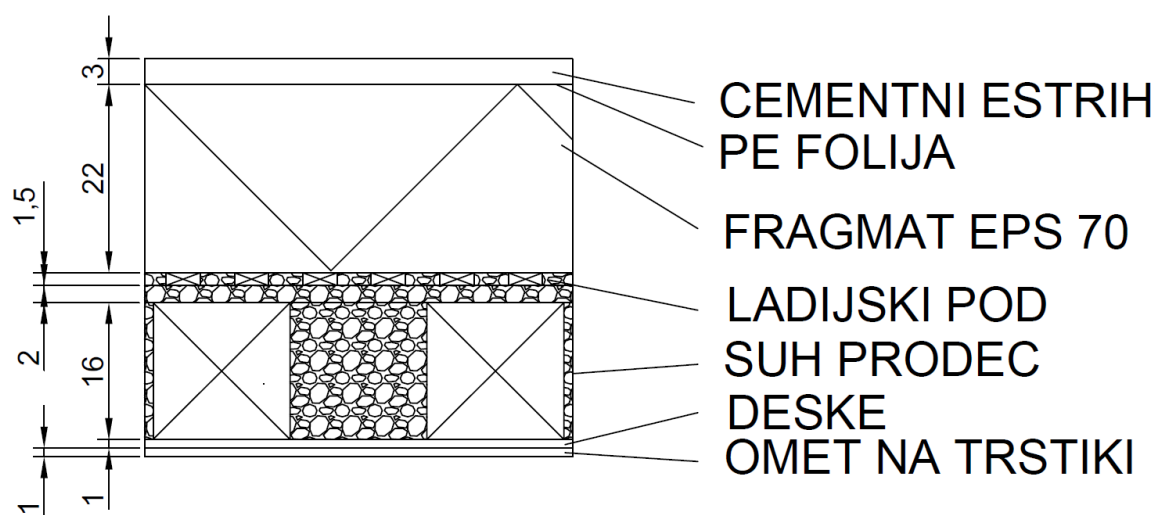
Izračunana toplotna prehodnost presega maksimalno dovoljeno vrednost U_{\max} (Preglednica 12), zato obravnavani konstrukcijski sklop ni ustrezen. Kondenz se pojavi v plasti suhega prodca. Kljub temu konstrukcijski sklop ustreza zahtevam glede difuzije vodne pare, saj je čas potreben za izsušitev 16 dni, dolžina obdobja izsuševanja pa 60 dni.

Temperaturno dušenje je 7,7, temperaturna zakasnitev pa 6,11 ure.

Preglednica 12: Rezultati programa TEDI: Strop 2

Strop 2 (med ogrevanim prostorom in neogrevanim podstrešjem)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	cementni estrih	0,02	2200	1050	1,4	30
2	ladijski pod	0,015	520	1670	0,14	15
3	suh prodec	0,02	1700	840	0,81	1,5
4	suh prodec	0,16	1700	840	0,81	1,5
5	les	0,01	500	2090	0,14	70
6	mavčna malta na trstiki	0,01	1000	920	0,47	3
ZUNAJ (T=-5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,649	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,2
KS NE ODGOVARJA						

Stanje po obnovi:



Slika 22: Konstrukcijski sklop: Strop 2 z izolacijo

Izolirala se je le polovica podstrešja in sicer nad stanovanje 4. Polovica, ki se nahaja nad stanovanjem 5, je ostala nespremenjena, kakor tudi ostali toplotni ovoj okrog tega stanovanja.

Na podstrešju smo povrhu položili 22 cm EPS-a in sicer FRAGMAT EPS 70. Zaključna plast je ostala kar cementni estrih, saj podstrešja nihče ne uporablja.

Po izolaciji podstrešja je konstrukcijski sklop Strop 2 ustrezal zahtevam glede toplotne prehodnosti, saj je bil po sanaciji $U_{\text{izračunani}}$ manjši od U_{max} (Preglednica 13).

Račun difuzije vodne pare ni potreben, saj v konstrukcijskem sklopu ne pride do difuzije vodne pare.

Temperaturno dušenje znaša 240,86, temperaturna zakasnitev pa 10 ur.

Preglednica 13: Rezultati programa TEDI: Strop 2 z izolacijo

Strop 2 (med ogrevanim prostorom in neogrevanim podstrešjem) s toplotno izolacijo						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	cementni estrih	0,03	2200	1050	1,4	30
2	polietilenska folija	0,001	1000	1250	0,19	80000
3	FRAGMAT EPS 70	0,22	15	1260	0,039	25
4	ladijski pod	0,015	520	1670	0,14	15
5	suh prodec	0,02	1700	840	0,81	1,5
6	suh prodec	0,16	1700	840	0,81	1,5
7	les	0,01	500	2090	0,14	70
8	mavčna malta na trstiki	0,01	1000	920	0,47	3
ZUNAJ (T=-5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		0,16	<	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,2
KS ODGOVARJA						

8.7 Strop 3

Konstrukcijski sklop Strop 3 se nahaja med ogrevanim stanovanjem in neogrevano kletjo. Računska temperatura v stanovanju je 20°C, v neogrevani kleti pa 5°C.

Temperaturno dušenje je 9,92, temperaturna zakasnitev pa 6,35 ure.

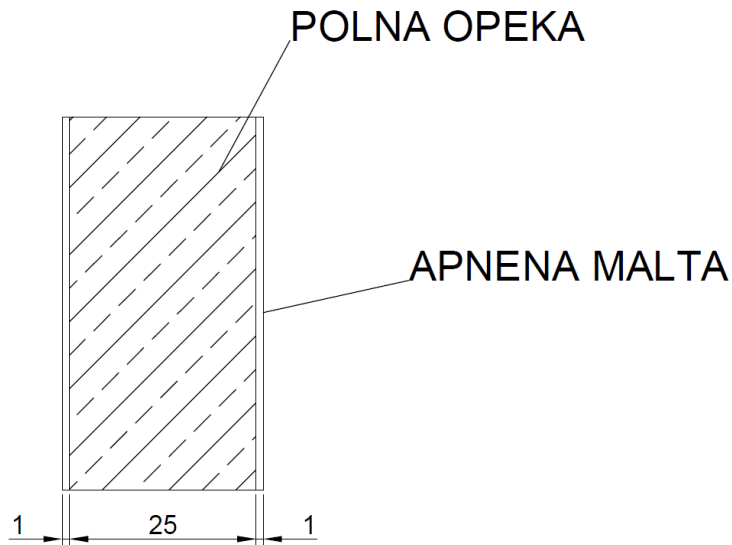
Kondenz nastaja v sloju suhega prodca, vendar konstrukcijski sklop vseeno zadostuje zahtevam glede difuzije vodne pare, saj je čas potreben za izsušitev le 1 dan, dolžina obdobja izsuševanja pa 60 dni.

Konstrukcijski sklop ne zadostuje zahtevam za toplotno prevodnost glede na Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, saj je $U_{\text{izračunani}}$ večji od U_{max} , kar je razvidno iz Preglednice 14.

Preglednica 14: Rezultati programa TEDI: Strop 3

Strop 3 (strop med ogrevanim prostorom in neogrevano kletjo)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	hrastov parket	0,025	700	1670	0,21	15
2	ladijski pod	0,015	520	1670	0,14	15
3	suh prodec	0,02	1700	840	0,81	1,5
4	suh prodec	0,16	1700	840	0,81	1,5
5	les	0,01	500	2090	0,14	70
6	mavčna malta na trstiki	0,01	1000	920	0,47	3
ZUNAJ (T=20°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,406	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,2
KS ODGOVARJA						

8.8 Notranja stena 1



Slika 23: Konstrukcijski sklop: Notranja stena 1

Konstrukcijski sklop Notranja stena 1 (Slika 23) se nahaja med stanovanji različnih lastnikov, pri čemer sta oba prostora, ki ju stena meji ogrevana in je računsko temperatura na obeh straneh 20°C . Temperaturno dušenje stene je 14,56, temperaturna zakasnitev pa 8,17 ure.

Konstrukcijski sklop Notranja stena 1 pred obnovo ni ustrezal minimalnim zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, saj je bil $U_{\text{izračunani}}$ večji od U_{max} , kar je razvidno iz Preglednice 15. Račun difuzije vodne pare pa po 21. členu Pravilnika pri obravnavanem konstrukcijskem sklopu ni bil potreben.

Notranja stena 1 se pri obnovi toplotnega ovoja stavbe ni dodatno izolirala.

Preglednica 15: Rezultati programa TEDI: Notranja stena 1

Notranja stena 1 (stena med ogrevanimi prostori različnih lastnikov)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
2	polna opeka	0,25	1400	920	0,58	7
5	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=20°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,397	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,9
KS NE ODGOVARJA						

8.9 Notranja stena 2

Obravnavamo konstrukcijski sklop notranja stena 2, ki leži med ogrevanim stanovanjem in neogrevanim hodnikom ali neogrevano kletjo. Ogrevano stanovanje smo definirali normalno kot ogrevano cono, neogrevan hodnik pa smo prav tako definirali kot ogrevano cono in prilagodili temperaturo na 16°C, saj je program če smo ga definirali kot neogrevano cono upošteval računsko temperaturo hodnika komaj 5°C. S tem ukrepom smo se maksimalno približali dejanskemu stanju, saj je na hodniku stalno okoli 16°C, čeprav je v resnici neogrevan, ga pa posredno ogrevajo stanovanja okoli njega.

Računska temperatura je torej v stanovanju 20°C, na hodniku pa 16°C. Temperaturno dušenje stene je 14,56, temperaturna zakasnitev pa 8,17 ure.

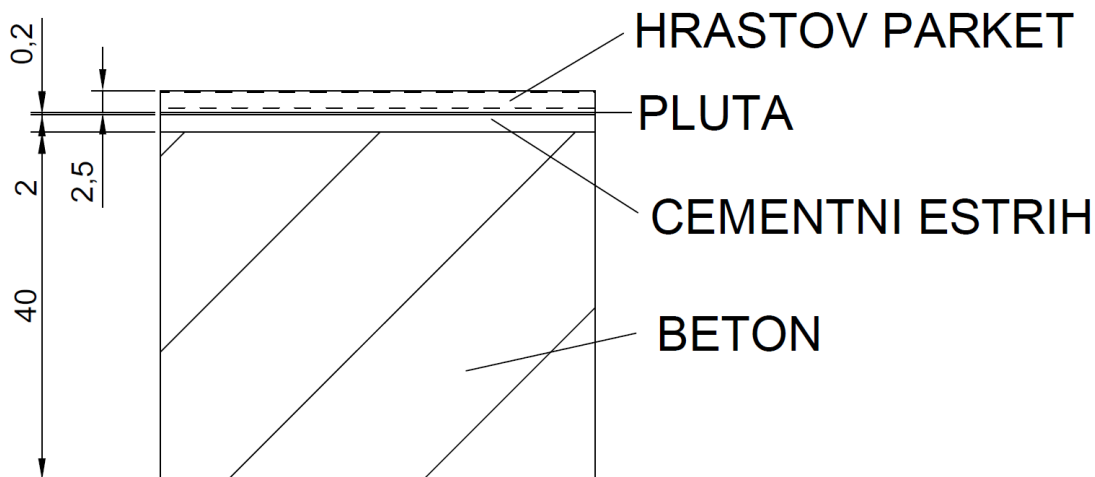
Konstrukcijski sklop Notranja stena 2, enako kot Notranja stena 1, pred obnovo ni ustrezal minimalnim zahtevam Pravilnika o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, saj je bil $U_{\text{izračunani}}$ večji od U_{max} (Preglednica 16). Račun difuzije vodne pare ni potreben, saj v konstrukcijskem sklopu ne pride do nastanka kondenza.

Notranja stena 2 se pri obnovi toplotnega ovoja stavbe ni dodatno izolirala.

Preglednica 16: Rezultati programa TEDI: Notranja stena 2

Notranja stena 2 (stena med ogrevanimi prostori in neogrevanim hodnikom)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
2	polna opeka	0,25	1400	920	0,58	7
5	apnena malta	0,01	1600	1050	0,81	10
ZUNAJ (T=16°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		1,397	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,9
KS NE ODGOVARJA						

8.10 Tla na terenu 1



Slika 24 Konstrukcijski sklop: Tla na terenu 1

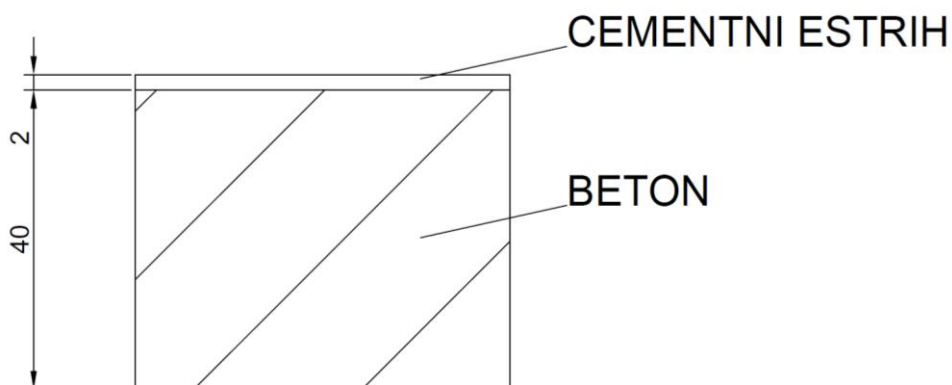
Konstrukcijski sklop Tla na terenu 1 (Slika 24) se nahaja v stanovanju 1, ki leži na terenu (tla med ogrevanim stanovanjem in terenom). Računska temperatura znotraj je 20°C, računski temperatura zemljine pa je 10°C. Temperaturno dušenje znaša 62,0, temperaturna zakasnitev pa 12,83 ure.

Obravnavani konstrukcijski sklop ne odговarja zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, saj je $U_{\text{izračunani}}$ večji od U_{max} (Preglednica 17). Račun difuzije vodne pare ni potreben.

Preglednica 17: Rezultati programa TEDI: Tla na terenu 1

Tla na terenu 1 (med stanovanjem in terenom)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	hrastov parket	0,025	700	1670	0,21	15
2	pluta	0,002	120	1670	0,041	10
3	cementni estrih	0,02	2200	1050	1,4	30
4	beton iz kamnitega agregata	0,4	2200	960	1,51	30
ZUNAJ (T=10°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)	1,733	>	$U_{\text{max, predpisani}}$ (W/m ² K)	0,35		
KS NE ODGOVARJA						

8.11 Tla na terenu 2



Slika 25: Konstrukcijski sklop: Tla na terenu 2

Konstrukcijski sklop Tla na terenu 2 (Slika 25) se nahaja v kletnih prostorih, ki ležijo na terenu. Računska temperatura znotraj je 10°C, računski temperatura zemljine pa prav tako 10°C. Temperaturno dušenje znaša 32,3, temperaturna zakasnitev pa 11,89 ure.

Obravnavani konstrukcijski sklop ne odговarja zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, saj je $U_{\text{izračunani}}$ večji od U_{max} (Preglednica 18). Račun difuzije vodne pare ni potreben.

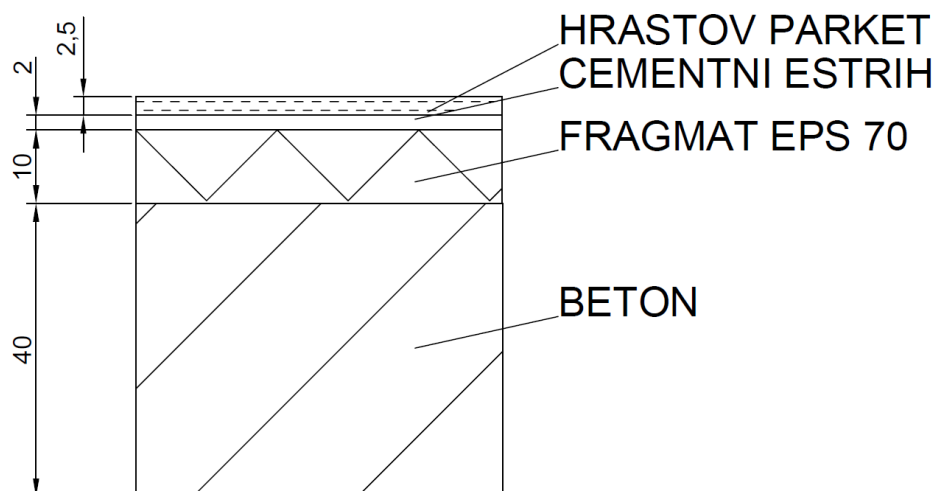
Preglednica 18: Rezultati programa TEDI: Tla na terenu 2

Tla na terenu 2 (med kletjo in terenom)						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=10°)						
1	cementni estrih	0,02	2200	1050	1,4	30
2	beton iz kamnitega agregata	0,4	2200	960	1,51	30
ZUNAJ (T=10°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)	2,444	>	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)	0,35		
KS NE ODGOVARJA						

8.12 Dodatni ukrepi za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v posameznih stanovanjih

V nadaljevanju bom predstavila možne ukrepe, ki se še niso izvedli, pa bi se lahko, saj bi dodatno pripomogli k toplotni izolativnosti stavbe in prihranku energije potrebne za ogrevanje stavbe. Vse to so tudi ukrepi, ki dodatno vplivajo na večje ugodje bivanja.

8.12.1 Dodatna izolacija Tal na terenu 1 v stanovanju 1



Slika 26: Konstrukcijski sklop: Tla na terenu 1 z izolacijo

V prvem primeru bi lahko dodatno izolirali tla na terenu v stanovanju 1 (Slika 26). To stanovanje ima prav zaradi izgube skozi tla najmanjši prihranek energije za ogrevanje v sezoni, ko je že bila izveden sanacija toplotnega ovoja v primerjavi s sezonami pred sanacijo.

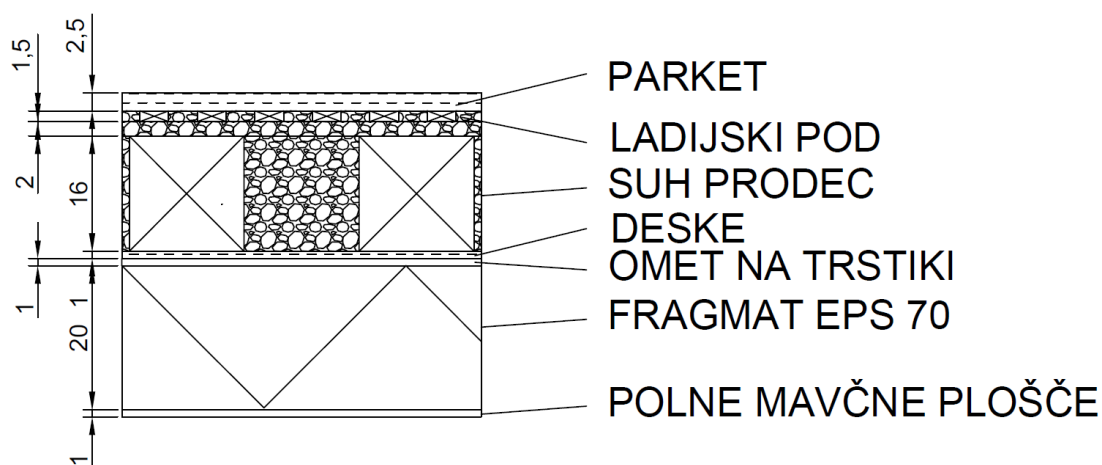
V tem primeru bi dodali 10 cm EPS-a FRAGMAT EPS 70, izravnalno maso in kot finalno obdelavo parket, kot je bil že v osnovi. Cementni estrih, ki je prej ležal na betonski podlagi bi zaradi svetle višine stanovanja odstranili. Tako bi toplotno prehodnost U zmanjšali iz $1,733 \text{ W/m}^2\text{K}$ na $0,325 \text{ W/m}^2\text{K}$, s čimer bi zadostili pogojem toplotne prevodnosti, ki jih nalaga Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Preglednica 19).

Računska temperatura znotraj je 20°C , v zemljini pa 10°C . Temperaturno dušenje je 470, temperaturna zakasnitev pa 13,74 ure. Račun difuzije vodne pare po 21. členu Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah ni potreben.

Preglednica 19: Rezultati programa TEDI: Tla na terenu 1 z izolacijo

Tla na terenu 1 (tla med ogrevanim prostorom in terenom) s toplotno izolacijo						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	hrastov parket	0,025	700	1670	0,21	15
2	cementni estrih	0,02	2200	1050	1,4	30
3	FRAGMAT EPS 70	0,1	15	1260	0,039	25
4	beton	0,4	2200	960	1,51	30
ZUNAJ (T=10°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)	0,325	<	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)	0,35		
KS ODGOVARJA						

8.12.2 Dodatna izolacija stropa med kletjo in stanovanjem 2



Slika 27: Konstrukcijski sklop: Strop 3 z izolacijo

Kot eno izmed možnih dodatnih rešitev za čim večji prihranek energije za ogrevanje smo vzeli tudi dodatno izolacijo stropa v kleti, nad katero je stanovanje. Strop smo izolirali z 20 cm

s EPS-a FRAGMAT EPS 70, po vrhu pa smo kot zaključni sloj dali polne mavčne plošče debeline 3 cm (Slika 27).

Tak konstrukcijski sklop ustreza zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah, saj je izračunani faktor prevodnosti $U_{\text{izračunani}}$ manjši od maksimalnega dovoljenega U_{max} (Preglednica 20). Račun difuzije vodne pare ni potreben, saj v konstrukcijskem sklopu ne pride do nastanka kondenza.

Temperaturno dušenje je 264,68, temperaturna zakasnitev pa 8,28 ure.

Preglednica 20: Rezultati programa TEDI: Strop 3 z izolacijo

Strop 3 (med ogrevanim prostorom in neogrevano kletjo) s toplotno izolacijo						
Plast	Material	Debelina (m)	Gostota ρ (kg/m ³)	Specifična toplota C (J/kg K)	Toplotna prevodnost λ (W/m K)	Difuzijska upornost vodni pari μ (-)
ZNOTRAJ (T=20°)						
1	hrastov parket	0,025	700	1670	0,21	15
2	ladijski pod	0,015	520	1670	0,14	15
3	suh prodec	0,02	1700	840	0,81	1,5
4	suh prodec	0,16	1700	840	0,81	1,5
5	les	0,01	500	2090	0,14	70
6	mavčna malta na trstiki	0,01	1000	920	0,47	3
7	FRAGMAT EPS 70	0,2	15	1260	0,039	25
8	polne mavčne plošče	0,003	1200	840	0,58	8,5
ZUNAJ (T=5°)						
$U_{\text{izračunani}}$ (W/m ² K)		0,171	<	$U_{\text{max. predpisani}}$ (W/m ² K)		0,2
KS ODGOVARJA						

8.13 Ugotovitve analiz iz programa TEDI

V splošnem smo ugotovili, da noben konstrukcijski sklop, ki meji na neogrevan del stavbe ali zunanost pred sanacijo toplotnega ovoja ne izpolnjuje pogojev glede toplotne prehodnosti, prav tako ne izpolnjuje pogojev noben konstrukcijski sklop znotraj stavbe, razen strop med ogrevanimi prostori različnih lastnikov. Konstrukcijski sklopi, ki po obnovi toplotnega ovoja še vedno ne zadovoljujejo zahtev po največji toplotni prehodnosti so Notranja stena 1, Notranja stena 2, Tla na terenu 1 in Tla na terenu 2. Po izolaciji toplotnega ovoja pa se stanovalci soočajo s kondenzacijo vodne pare v konstrukcijskih sklopih, kar lahko pripelje do slabšanja funkcij konstrukcijskih sklopov in slabših pogojev bivanja v stavbi.

9 RAČUN ENERGETSKE BILANCE S PROGRAMOM TOST

S programom TOST smo izračunali porabo toplote za ogrevanje obravnavane stavbe za celotno ogrevalno sezono pred sanacijo toplotnega ovoja stavbe, po sanaciji, za primer možnih izboljšav in za primer, če bi izolirali celotno stavbo, vključno z delom, ki sedaj ni bil izoliran. V programu smo upoštevali, da je stavba ves čas polno zasedena, da se enakomerno ogreva tekom noči in dneva. Toplotne mostove smo upoštevali na poenostavljen način (TSG-01-004-3.1.2). Energent za ogrevanje in toplo vodo smo podali kot daljinska toplota s kogeneracijo in zanju definirali učinkovitost sistemov, kot je razvidno iz Preglednic 21 in 22. Ker nimamo ne senčenja, ne nočne izolacije, nam teh podatkov v program ni bilo potrebno vnašati. Notranje dobitke smo vnesli kot petkratnik uporabne površine obravnavane cone. Za celotno stavbo, razen za klet, smo za transparentne dele ovoja upoštevali karakteristike $1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$ za toplotne prehodnosti elementov in $0,58$ za prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela. Za kletne prostore smo vzeli okna slabše kvalitete, zato smo za toplotno prehodnost elementov vzeli vrednost $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ in $0,76$ za prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela.

Splošni podatki:

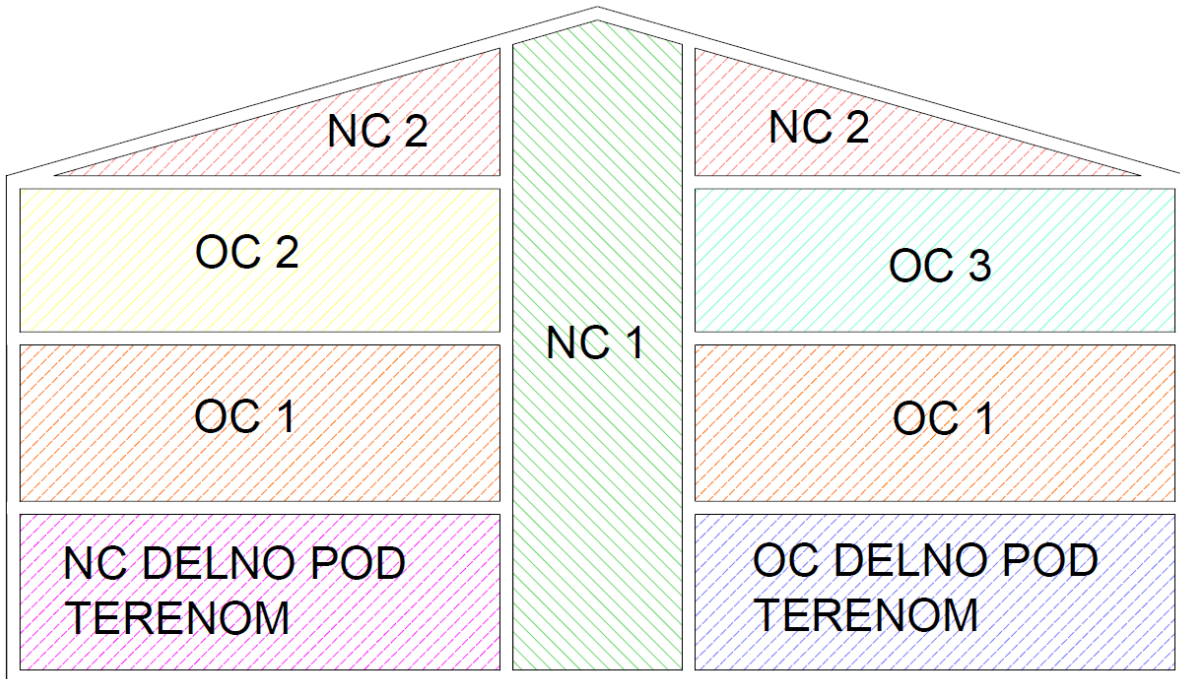
Preglednica 21: Ogrevanje

Ogrevanje					
Energent	Daljinska toplota s kogeneracijo				
Učinkovitost sistemov					
Generacija	1	Distribucija	0,8	Emisija	0,78

Preglednica 22: Topla voda

Topla voda					
Energent	Daljinska toplota s kogeneracijo				
Učinkovitost sistemov					
Generacija	1	Distribucija	0,8	Emisija	1

Stavbo smo razdelili na 7 različnih con, prikazanih na Sliki 28.



Slika 28: Razdelitev objekta na cone

- OGREVANA CONA 1: Stanovanji 2 in 3 smo združili v 1. ogrevano cono, saj so pogoji pri obeh zelo podobni.
- OGREVANA CONA 2: Stanovanje številka 4 obravnavamo posebej v 2. ogrevani coni, saj se nahaja nad stanovanjem 2 in pod neogrevanim podstrešjem.
- OGREVANA CONA 3: Stanovanje številka 5 pa smo prav tako posebej obravnavali, saj ostane po obnovi toplotnega ovoja stavbe edino neizolirano, kar pomeni, da ima enake pogoje kot pred obnovo. Prav tako se nad stanovanjem 5 ni izoliralo podstrešje. Stanovanje številka 5 smo obravnavali kot 3. ogrevano cono.
- OGREVANA CONA, KI DELNO SEGA POD NIVO TERENA: Stanovanje številka 1 smo obravnavali kot ogrevano cono, ki sega pod nivo terena, saj je polovično podkleteno.
- NEOGREVANA CONA 1: Stopnišče smo obravnavali kot 1. neogrevano cono.
- NEOGREVANA CONA 2: Podstrešje pa kot 2. neogrevano cono.
- NEOGREVANA CONA, KI DELNO SEGA POD NIVO TERENA: Klet smo obravnavali kot neogrevano cono, ki sega pod nivo terena, saj je enako kot stanovanje 1 pol podkletena.

Nato smo za vsako obravnavano cono posebej vnesli podatke.

Za vse štiri ogrevane cone smo podali projektno notranjo temperaturo pozimi 20°C, poleti pa 26°C. Prezračevanje je naravno z urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem 0,3 h⁻¹, minimalno izmenjavo zraka pa 0,2 h⁻¹, takšne vrednosti smo vzeli, ker povprečno v stanovanju živita le po dva stanovalca, stanovanja pa so precej velika in ni potrebe po večjem prezračevanju.

Za stopnišče smo podali, da je prezračevanje naravno z urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem 0,3 h⁻¹, minimalno izmenjavo zraka pa 0,2 h⁻¹.

Za kletne prostore smo podali, da je prezračevanje naravno z urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem 0,2 h⁻¹, minimalno izmenjavo zraka pa 0,2 h⁻¹.

Podstrešju, ki je popolnoma neizolirano in je prezračevanje veliko, smo definirali urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem 1,0 h⁻¹, minimalno izmenjavo zraka pa 0,5 h⁻¹.

Podatki iz programa TOST:

Program je seštel neto uporabne površine, kondicionirano prostornino in površino toplotnega ovoja, ki smo jih vnašali za posamezne cone in tako dobili podatke, ki veljajo za stavbo kot celoto (Preglednica 23).

Preglednica 23: Podatki o stavbi za program TOST

Neto uporabna površina stavbe A_u (m ²)	379,20
Kondicionirana prostornina stavbe V_e (m ³)	986,00
Površina toplotnega ovoja stavbe A (m ²)	766,76
Oblikovni faktor $f_c=A/V_e$ (m ⁻¹)	0,78

9.1 Pred sanacijo toplotnega ovoja

Naš prvi računski primer je bila stavba kot taka pred sanacijo toplotnega ovoja. V program TOST smo podajali toplotne prevodnosti in odpornosti konstrukcijskih sklopov pred sanacijo. Pričakovano taka stavba ne izpolnjuje zahtev iz Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah.

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe je več kot enkrat prekoračen. Previsoka je tako letna raba primarne energije in sicer za 57%, kot tudi letna potrebna toplota za ogrevanje za več kot trikrat (Preglednica 24).

Preglednica 24 priazuje rezultate izračuna s programom TOST za stavbo pred sanacijo toplotnega ovoja. Rdeče številke označujejo prekoračene vrednosti.

Preglednica 24: Rezultati programa TOST za računski primer 1

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,86	0,39

	Izračunana	Največja dovoljena
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)	118.040	75.756
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	62.994	19.407
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	166,12
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	63,89
		51,18
		-

Kazalniki letne primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p/A_u (kWh/m ² a)	311,29
Letni izpusti CO ₂ (kg)	36.766
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	96,96

NI IZPOLNJENO

Obraunavani računski primer prav tako ne izpolnjuje pogojev za letno primarno energijo ter letne izpuste CO₂ (Preglednica 24).

Ogrevanje-izgube in dobitki po conah:

Največji delež izgub predstavljajo transmisijske izgube. Transmisijske izgube potekajo skozi toplotni ovoj stavbe, se pravi skozi stene in transparentne dele konstrukcij. Skupne izgube za celotno stavbo znašajo 88.620 kWh (Preglednica 25).

Notranji in solarni dobitki so približno trikrat manjši od skupnih izgub. Skupni dobitki za celotno stavbo so 29.169 kWh (Preglednica 25).

Iz Preglednice 26 je moč razbrati, da ima največje skupne izgube stanovanje 1, ki je polpodkleteno. Najmanjše izgube pa imata stanovanji 2 in 3 in sicer malo manj kot enkrat manjše kot stanovanji 4 in 5. imata pa stanovanji 4 in 5 zato največje solarne dobitke, saj se nahajata višje od preostalih stanovanj.

Ti podatki nakazujejo na to, da ima stavba prevelike izgube in je ogrevanje v njej zelo potratno.

Preglednica 25: Izgube in dobitki za računski primer 1

kWh	1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	Stavba
Transmisijske izgube	24.513	21.283	21.276	14.353	81.424
Ventilacijske izgube	2.810	1.469	1.469	1.449	7.196
Skupne izgube	27.323	22.752	22.745	15.802	88.620
Notranji dobitki	4.573	2.636	2.631	2.504	12.345
Solarni dobitki	6.128	3.586	3.654	3.455	16.824
Skupni dobitki	10.701	6.222	6.285	5.960	29.169

Potrebna letna energija:

Potrebna letna energija za prvo ogrevano cono, ki združuje stanovanji 2 in 3 je približno enaka potrebni letni energiji za drugo ogrevano cono, ki predstavlja stanovanje 4 in tretjo

ogrevano cono, ki predstavlja stanovanje 5. iz tega podatka je razvidno, da stanovanji 2 in 3 potrebujeta enkrat manj potrebne energije za ogrevanje kot stanovanji 4 in 5. Prav tako stanovanji 2 in 3 potrebujeta manj energije za ogrevanje v primerjavi s stanovanjem 1, ki je pol podkleteno. Ti podatki so razvidni iz preglednice 26.

Stavba kot celota potrebuje 76.475 kWh letne energije za ogrevanje, toplo vodo in razsvetljavo. Izračunana potrebna letna energija za ogrevanje znaša 62.994 kWh.

Preglednica 26: Poraba energije za računski primer 1

kWh	Ogrevanje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	17.869	2.427	1.820	23.156
2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	17.327	1.213	910	19.451
3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	17.263	1.213	910	19.386
Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	10.535	1.213	910	12.658
1. neogrevana cona (Hodnik)			686	686
2. neogrevana cona (Podstrešje)			683	683
Neogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Klet)			455	455
Stavba skupaj	62.994	6.067	6.374	76.475

9.2 Po sanaciji toplotnega ovoja

Kot drugi računski primer smo v programu TOST obravnavali stavbo po sanaciji toplotnega ovoja. Kar pomeni, da smo ločili neizoliran del ovoja od preostalega izoliranega in zanj podali faktorje toplotne prevodnosti za zunanjo steno drugačne kot za preostali del stavbe, ki je izoliran.

Tako smo prišli do rezultatov letne porabe energije za stavbo po sanaciji toplotnega ovoja, ki so razvidni v Preglednici 27.

Preglednica 27: Rezultati programa TOST za računski primer 2

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,53	0,39

	Izračunana	Največja dovoljena
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)	82.368	75.756
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	33.128	19.407
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	51,18
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	-

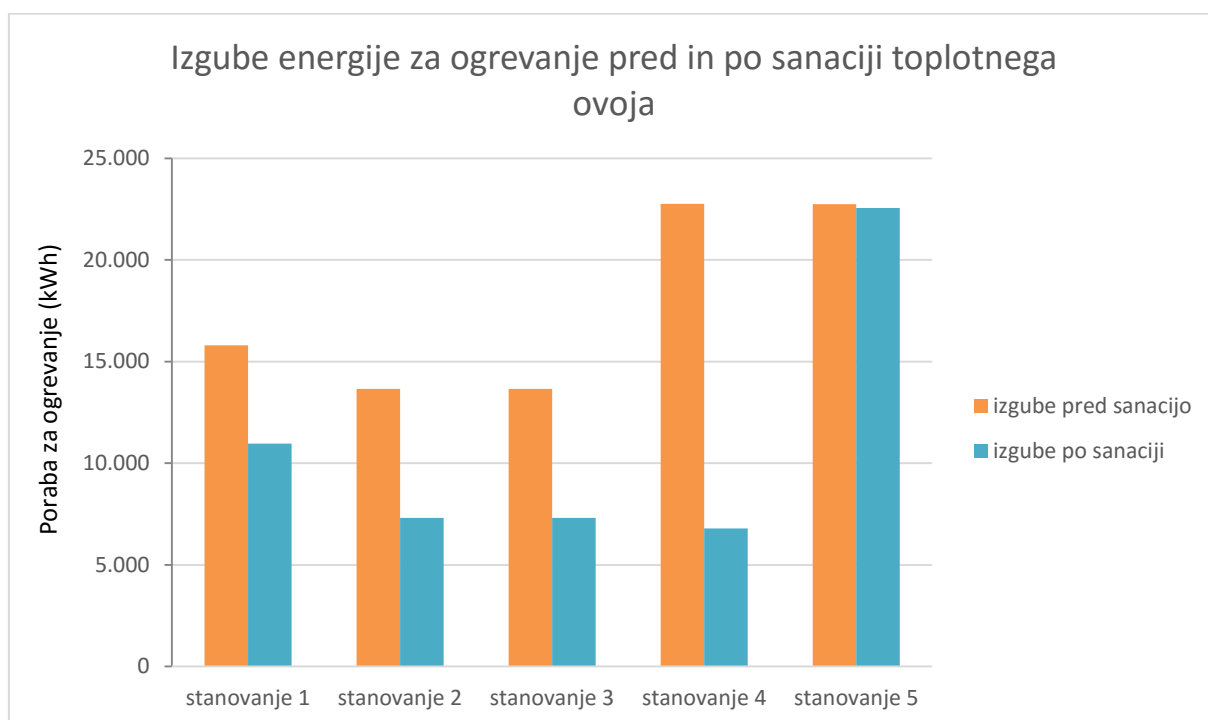
Kazalniki letne primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p/A_u (kWh/m ² a)	217,22
Letni izpusti CO ₂ (kg)	24.044
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	63,41

NI IZPOLNJENO

Obraunavani računski primer prav tako ne izpolnjuje pogojev za letno primarno energijo ter letne izpuste CO₂ (Preglednica 27).

Ogrevanje-izgube in dobitki po conah:

Po sanaciji toplotnega ovoja stavbe, je pričakovano na najslabšem stanovanje, ki je ostalo neizolirano. Tako ima stanovanje 5 več kot enkrat večje izgube od najslabše pozicioniranega stanovanja 1. stanovanja 2, 3 in 4 so po sanaciji približno enaka glede izgub. So se pa te izgube v primerjavi s prejšnjim stanjem zmanjšale pri stanovanju 2 in 3 skoraj za polovico, če privzamemo, da so izgube v coni 1 enake med stanovanji 2 in 3. Pri stanovanju 4 pa za kar 70%, kar je zelo primerljiv podatek z dejanskim zmanjšanjem potrebne energije za ogrevanje, ki znaša 63%. Stanovanje 1 je zmanjšalo svoje izgube za 30%. Podatki so nazorno prikazani v Grafikonu 1 in se nanašajo na Preglednico 28.



Grafikon 1: Izgube energije za ogrevanje pred in po sanaciji toplotnega ovoja

Preglednica 28: Izgube in dobitki za računski primer 2

kWh	1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	Stavba
Transmisijske izgube	12.018	5.531	21.076	9.560	48.185
Ventilacijske izgube	2.595	1.262	1.469	1.406	6.732
Skupne izgube	14.613	6.792	22.545	10.966	54.917
Notranji dobitki	3.761	1.804	2.634	2.292	10.491
Solarni dobitki	4.892	2.228	3.765	3.238	14.123
Skupni dobitki	8.653	4.032	6.399	5.529	24.614

Potrebna letna energija:

Potrebna letna energija za ogrevanje je približno enaka za stanovanja 2, 3 in 4 in je približno enkrat manjša kot potrebna letna energija za ogrevanje stanovanja 1. Stanovanje 5, ki je ostalo ne obnovljeno ima približno enako potrebno letno energijo za ogrevanje kot pred sanacijo, ki pa je v primerjavi s stanovanji 2, 3 in 4 več kot pet krat večja (Preglednica 29).

Preglednica 29: Poraba energije za računski primer 2

kWh	Ogrevanje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	6.853	2.427	1.820	13.655
2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	3.160	1.213	910	6.653
3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	16.995	1.213	910	19.118
Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	6.119	1.213	910	8.580
1. neogrevana cona (Hodnik)			686	686
2. neogrevana cona (Podstrešje)			683	683
Neogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Klet)			455	455
Stavba skupaj	33.128	4.261	6.374	49.831

9.3 Dodati ukrepi, ki bi še lahko izboljšali stanje po sanaciji toplotnega ovoja

Tretji računski primer je izboljšana različica drugega računskega primera. Zajema ukrepe, ki jih lahko stanovalci še vedno sprejmejo, če želijo zmanjšati izgube energije za ogrevanje. Predvsem je to pomembno za stanovanje 1, ki ima po sanaciji največje izgube v primerjavi s stanovanji, ki so bila deležna prenove toplotnega ovoja.

V stanovanju 1 smo dodali izolacijo po tleh, kjer se je izgubilo največ toplote. V kletnih prostorih pa smo dodali izolacijo na strop in tako preprečili izgube v stanovanju 2, ki je navzdol mejilo na neogrevano klet.

Preglednica 30: Rezultati programa TOST za računski primer 3

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,48	0,39

	Izračunana	Največja dovoljena
Letna raba primarne energije Q_P (kWh)	78.318	75.756
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)	29.184	19.407
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{NH}/A_u (kWh/m ² a)	51,18
	Q_{NH}/V_e (kWh/m ³ a)	-

Kazalniki letne primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p/A_u (kWh/m ² a)	206,53
Letni izpusti CO ₂ (kg)	22.504
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	59,35

NI IZPOLNJENO

Obravnavani računski primer ne izpolnjuje pogojev za letno primarno energijo ter letne izpuste CO₂ (Preglednica 30).

Ogrevanje-izgube in dobitki po conah:

V coni 1, ki združuje stanovanji 2 in 3 so se izgube zmanjšale za približno 30% po dodatni izolaciji stropa v kleti. Za približno 20% pa so se zmanjšale izgube v stanovanju 1 po izolaciji tal na terenu (Preglednica 31).

Preglednica 31: Izgube in dobitki za računski primer 3

kWh	1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	Stavba
Transmisijske izgube	8.530	5.469	21.051	7.457	42.506
Ventilacijske izgube	2.414	1.248	1.467	1.353	6.482
Skupne izgube	10.943	6.717	22.518	8.810	48.988
Notranji dobitki	3.372	1.774	2.620	2.066	9.831
Solarni dobitki	3.861	2.181	3.738	2.610	12.390
Skupni dobitki	7.233	3.955	6.358	4.676	22.222

Potrebna letna energija:

Potrebna letna energija celotne stavbe za ogrevanje, toplo vodo in razsvetljavo se je zmanjšala za 6,5% (Preglednica 32).

Preglednica 32: Poraba energije za računski primer 3

kWh	Ogrevanje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	4.443	2.427	1.820	11.615
2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	3.144	1.213	910	6.656
3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	16.988	1.213	910	19.112
Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	4.608	1.213	910	7.368
1. neogrevana cona (Hodnik)			686	686
2. neogrevana cona (Podstrešje)			683	683
Neogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Klet)			455	455
Stavba skupaj	29.184	4.261	6.374	46.576

9.4 Kako bi bilo, če bi bil izoliran celoten blok, vsi ostali pogoji pa enaki, kot pri delni sanaciji

Kot zadnji, četrti, računski primer smo naredili model stavbe, ki je v celoti sanirana, torej izoliran je celoten toplotni ovoj stavbe (tudi stanovanje, pri katerem se toplotna izolacija ni namestila), pod enakimi pogoji kot je sedaj le del stavbe.

Ugotovili smo, da zadostimo skoraj vsem pogojem Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah. Le malenkost je prekoračen koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub stavbe (Preglednica 33). To bi lahko popravili z ukrepi, kot smo jih naredili v tretjem računskem primeru.

Preglednica 33: Rezultati programa TOST za računski primer 4

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H'_T (W/m ² K)	0,42	0,39

		Izračunana	Največja dovoljena
Letna raba primarne energije Q_p (kWh)		65.978	75.756
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} (kWh)		19.086	19.407
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Q_{nh}/A_u (kWh/m ² a)	50,33	51,18
	Q_{nh}/V_e (kWh/m ³ a)	19,36	-

Kazalniki letne primarne energije in letnih izpustov CO ₂ za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine Q_p/A_u (kWh/m ² a)	173,99
Letni izpusti CO ₂ (kg)	18.144
Letni izpusti CO ₂ na enoto uporabne površine (kg/m ² a)	47,85

NI IZPOLNJENO

Obraunavani računski primer prav tako ne izpolnjuje pogojev za letno primarno energijo ter letne izpuste CO₂.

Ogrevanje-izgube in dobitki po conah:

Kot je bilo pričakovati so izgube v stanovanju 5 približno enake kot v ostalih stanovanjih. Takšna rešitev bi bila za omenjeno stanovanje gotovo najbolj optimalna (Preglednica 34).

Preglednica 34: Izgube in dobitki za računski primer 4

kWh	1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	Stavba
Transmisijske izgube	11.667	5.469	5.465	9.428	32.030
Ventilacijske izgube	2.519	1.248	1.247	1.391	6.405
Skupne izgube	14.186	6.717	6.712	10.819	38.434
Notranji dobitki	3.599	1.774	1.772	2.226	9.370
Solarni dobitki	4.636	2.181	2.247	3.117	12.181
Skupni dobitki	8.235	3.955	4.018	5.342	21.550

Potrebna letna energija:

Letna potrebna energija celotne stavbe bi bila v primerjavi z letno potrebno energijo stavbe v stanju kot je sedaj po adaptaciji manjša za 20%. Ta delež v celoti prinese stanovanje 5, ki je v tem računskem primeru enako izolirano kot ostala stanovanja (Preglednica 35).

Preglednica 35: Poraba energije za računski primer 4

kWh	Ogrevanje	Topla voda	Razsvetljava	Cona skupaj
1. ogrevana cona (Stanovanji 2 in 3)	6.756	2.427	1.820	13.677
2. ogrevana cona (Stanovanje 4)	3.144	1.213	910	6.656
3. ogrevana cona (Stanovanje 5)	3.093	1.213	910	6.634
Ogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Stanovanje 1)	6.094	1.213	910	8.665
1. neogrevana cona (Hodnik)			686	686
2. neogrevana cona (Podstrešje)			683	683
Neogrevana cona, ki delno sega pod nivo terena (Klet)			455	455
Stavba skupaj	19.086	6.067	6.374	37.456

10 DEJANSKE PORABE ENERGIJE ZA OGREVANJE

V tem poglavju bomo primerjali izračunano in dejansko porabo energije za ogrevanje. Podatke o dejanski porabi energije za ogrevanje smo pridobili za zadnja štiri leta, ker pomeni za tri leta pred in leto dni po obnovi toplotnega ovoja stavbe.

Preglednica 36: Dejanske porabe energije za ogrevanje

Št. Stanovanja	Ogrevalna sezona 2015/2016	Ogrevalna sezona 2014/2015	Ogrevalna sezona 2013/2014	Ogrevalna sezona 2012/2013	Povprečje zadnjih treh ogrevalnih sezon pred obnovo toplotnega ovoja
	Odčitki (kWh)				Odčitki (kWh)
Stanovanje 1	7501	9897	8431	9771	9366
Stanovanje 2	3371	5589	3457	3779	4275
Stanovanje 3	9567	13522	14864	19500	15962
Stanovanje 4	5584	16895	13106	17547	15849
Stanovanje 5	3477	5196	4342	8804	6114
Skupaj	29500	51099	44200	59401	51567

V nadaljevanju bomo stanovanje 5 izključili iz obravnave, saj se je v ogrevalni sezoni 2015/2016 začelo dodatno ogrevati še z drugim energentom (električna energija), zato so rezultati dejanske porabe za ogrevanje za to stanovanje irelevantni.

Iz podatkov lahko primerjamo koliko je posamezno stanovanje v zadnji ogrevalni sezoni, ko je bil toplotni ovoj stavbe že prenovljen prihranilo v primerjavi s povprečjem treh ogrevalnih sezon pred sanacijo. Skupno so vsa štiri stanovanja prihranila kar 36 odstotkov porabljene energije za ogrevanje v primerjavi s tremi ogrevalnimi sezonami pred sanacijo toplotnega ovoja stavbe (Preglednica 37).

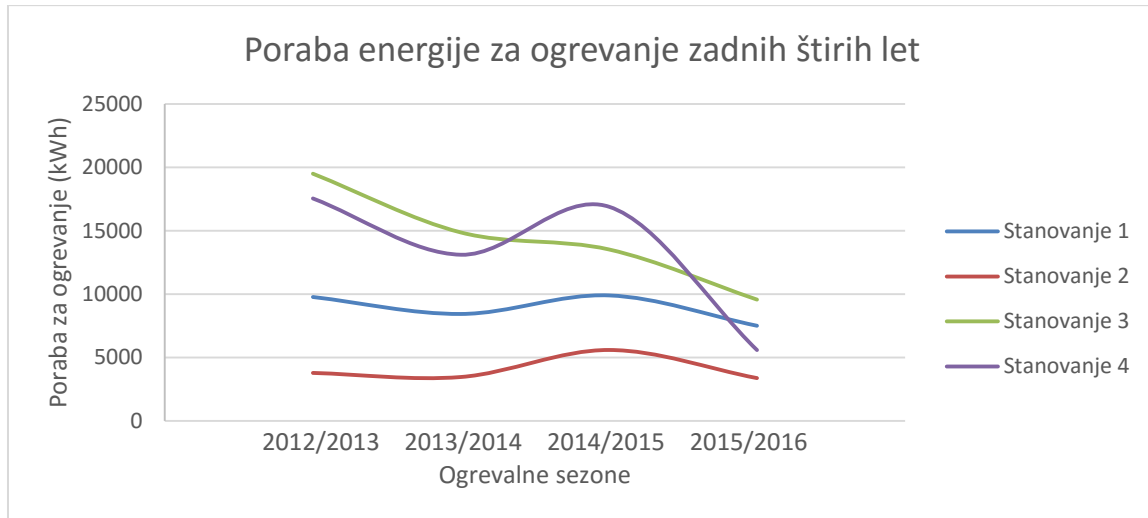
Kot je bilo pričakovati je največ prihranilo stanovanje številka 4, saj le to meji na podstrešje, kamor se je pred sanacijo iztekal velik del toplote. Prav tako je iz podatkov mogoče razbrati, da je bilo v primerjavi z ostalimi stanovanji stanovanje številka 2 slabše ogrevano. To stanovanje prav tako meji na stanovanje številka 4, zato je bilo to stanovanje v najslabšem položaju v stavbi. Po sanaciji je stanovanje številka 4 prihranilo kar 65 odstotkov porabljene energije za ogrevanje v primerjavi s tremi sezonami pred sanacijo (Preglednica 37).

Na drugem mestu je stanovanje številka 3, ki je po sanaciji prihranilo kar 40 odstotkov porabljene energije za ogrevanje v primerjavi s tremi ogrevalnimi sezonami pred sanacijo (Preglednica 37).

Stanovanji 1 in 2 sta v slabšem položaju od ostalih, saj mejita na teren oz. neogrevano klet. Zato sta prihranili le okoli 20 odstotkov energije za ogrevanje v primerjavi s tremi sezonami pred sanacijo (Preglednica 37).

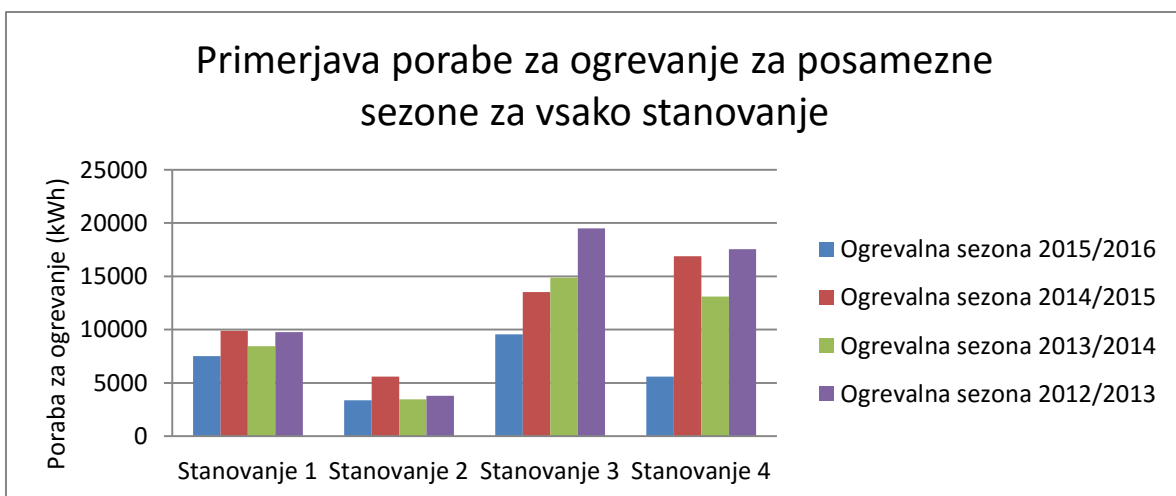
Preglednica 37: Zmanjšanje porabe energije za ogrevanje glede na povprečje zadnjih treh let pred obnovo toplotnega ovoja stavbe

Št. Stanovanja	Zmanjšanje porabe energije za ogrevanje glede na povprečje zadnjih treh let pred obnovo (%)
Stanovanje 1	20
Stanovanje 2	21
Stanovanje 3	40
Stanovanje 4	65
Skupno	36



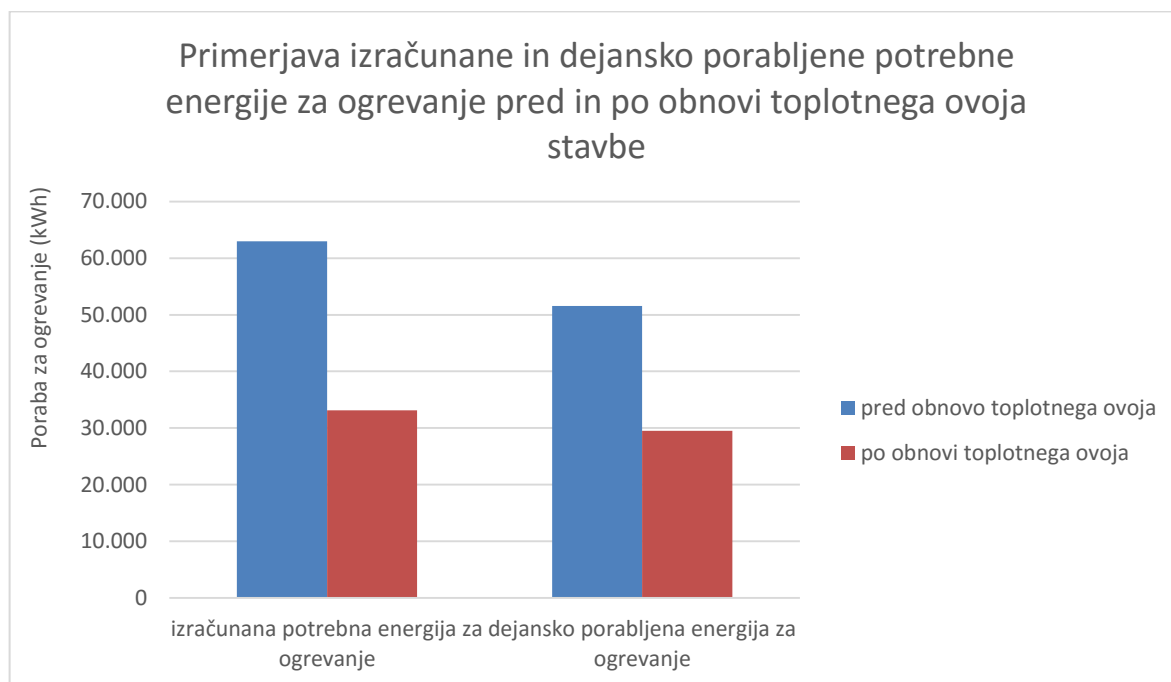
Grafikon 2: Poraba energije za ogrevanje zadnjih štirih let

Prihranek energije za ogrevanje v primerjavi s preteklimi ogrevalnimi sezonami se dobro vidi v Grafikonu 3. Ogrevalna sezona 2013/2014 kaže na višje temperature kot v ostalih obravnavanih ogrevalnih sezonah. Povprečna temperatura zraka je bila januarja 2014 v Velenju kar 3,9°C. Kar je kar za 2,7°C več kot v ogrevalni sezoni 2012/2013, ko je bila povprečna temperatura zraka januarja 2013 1,2°C. Te temperature so povzročile, da je bila poraba energije za ogrevalno sezono 2013/2014 manjša kot za ostale sezone. Povprečna temperatura januarja 2015 v Velenju je bila 2,8°C, januarja 2016 pa 1,2°C, kar je enako kot leta 2013. Zato lahko še dodatno primerjamo ogrevalni sezoni 2012/2013 in 2015/2016, ko so bile temperature januarja enake in ugotovimo, da je zmanjšanje potrebne energije za ogrevanje res veliko (Grafikon 3) [15], [16].



Grafikon 3: Primerjava porabe za ogrevanje za posamezne sezone za vsako stanovanje

Lahko pa primerjamo še izračunano potrebno letno energijo za ogrevanje pred obnovo toplotnega ovoja stavbe, ki znaša 62.994 kWh (Preglednica 25) in dejansko porabljeno letno energijo za ogrevanje. Le ta kot povprečje zadnjih treh let pred sanacijo toplotnega ovoja znaša 51.567 kWh (Preglednica 37). Izračunana letna energija za ogrevanje je za 22% večja od dejanske porabljene letne energije za ogrevanje. Podobno naredimo še za stanje po obnovi toplotnega ovoja. Potrebna izračunana letna energija za ogrevanje po obnovi toplotnega ovoja je 33.128 kWh (Preglednica 24), dejansko porabljena energija za ogrevanje pa je 29.500 kWh. Tako je prišlo do razlike približno 12%, kar je še manjša razlika kot pred obnovo toplotnega ovoja. Rezultati so prikazani v Grafikonu 4. Do takšne razlike je prišlo verjetno predvsem zato, ker je v programu zelo težko opisati pogoje (izdelati natančen matematično – fizikalni model za potrebe analiz gradbene fizike) natančno takšne kot so v resnici. Prav tako je težko definirati kakšna so okna v prostorih, saj ima vsak stanovalec drugačna (toplotna prehodnost oken in vrat), prezračevanje, prehod celotnega sončnega sevanja skozi okna, notranji dobitki in ostali podatki, ki smo jih vnesli na podlagi inženirske ocene, saj točnih podatkov ni bilo na razpolago. Prav zaradi takšnih podrobnosti pride do razhajanja med izračunanimi in dejanskimi rezultati.



Grafikon 4 Primerjava izračunane in dejansko porabljene energije za ogrevanje pred in po obnovi toplotnega ovoja stavbe

11 ZAKLJUČEK

V zadnjem času je moč zaslediti upad novogradenj in porast adaptacij starih objektov. Pri adaptacijah pa je nujno izvesti izračun porabe energije, saj lahko le na ta način predpostavimo ustrezne ukrepe za sanacijo. Prav tako je potreben izračun za porabo energije novega stanja, da lahko preverimo ali bo ta ustrezal pogojem zakonodaje. Izračun nam omogoča ekonomično sanacijo. Tako se nam bo učinkovita investicija hitro povrnila.

Stavbe morajo biti energetske učinkovite, saj se soočamo s prevelikimi izpusti CO₂ v ozračje, le ta pa prinaša negativne posledice za naše življenje. Poleg tega moramo v časih, ko smo naravnani k varčevanju misliti tudi na porabljen denar za energijo za ogrevanje in hlajenje stavb.

V nalogi so se potrdila naša predvidevanja o tem, da je bil objekt pred sanacijo toplotnega ovoja energetske neučinkovit in da po sanaciji zaradi dela, ki ni bil saniran objekt kot celota še vedno ne izpolnjuje zahtev Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah. Neobnovljen del toplotnega ovoja ne vpliva bistveno na porabo energije za ogrevanje ostalih stanovalcev. Seveda bi bilo za stavbo kot celoto bolje, da bi bila v celoti izolirana, pa vendar lahko na način kot je bil izveden vsaj ostali stanovalci, ki so se odločili za energetske sanacije, prihranijo kar nekaj denarja.

V nalogi smo primerjali izračunano in dejansko porabljeno energijo za ogrevanje pred in po obnovi toplotnega ovoja stavbe in prišli do zaključkov, da je razlika med njima za stanje pred obnovo toplotnega ovoja 22%, po obnovi pa 12%. Do takšnih razlik je prišlo zaradi nenatančnih podatkov za računski model. Pa vendar so podatki primerljivi in kažejo na to, da lahko z računskim modeliranjem dokaj natančno predvidimo situacijo, ki jo bomo dobili po obnovi toplotnega ovoja in tako poiščemo najbolj optimalno rešitev.

Ker imamo le en planet za nas in za vse generacije, ki za nami še prihajajo, se moramo do njega obnašati odgovorno in po najboljših močeh prispevati k izboljševanju razmer na Zemlji. Zato moramo zaustaviti onesnaževanje in živeti bolj sonaravno.

12 VIRI

[1] Uradni list Republike Slovenije. 2016.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=93454> (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[2] Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad. 2016.

<https://www.ekosklad.si> (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[3] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS, št. 52/201011.

[4] Ministrstvo za infrastrukturo. 2016.

http://www.mzi.gov.si/si/delovna_podrocja/energetika/energetska_prenova_stavb/
(Pridobljeno 22. 8. 2016.)

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

[6] Direktiva EPBD. 2013.

<https://0energijsehise.si/direktiva-epbd> (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[7] Uradni list Republike Slovenije. 2016.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=51265> (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[8] Uradni list Republike Slovenije. 2016.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=116549> (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[9] Uradni list Republike Slovenije. 2016.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=72890> (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[10] Tehnična smernica TSG-01-004: 2010 Učinkovita raba energije. 2010. Ministrstvo za okolje in prostor.

[11] Uradni list Republike Slovenije. 2016.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=44580> (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[12] Krainer, A., Predan, R. 2010. Računski program TEDI, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 47 str.

[13] Krainer, A., Predan, R. 2010. Računski program TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 47 str.

[14] Atlas okolja, Agencija Republike Slovenije za okolje. 2016.

https://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[15] Statistični urad Republike Slovenije. 2016.

http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=0156101S&ti=&path=../Database/Arhiv/01_ozemlje_podnebje/10_01561_podnebni_kazalniki/&lang=2 (Pridobljeno 22. 8. 2016.)

[16] Agencija Republike Slovenije za okolje. 2016. Podatki o povprečni temperaturi za januar za Velenje. Elektronsko sporočilo za: Rot, M. 11. 8. 2016. Osebna komunikacija.