

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



DIPLOMSKA NALOGA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GRADBENIŠTVO

Ljubljana, 2019

Univerza
v Ljubljani

*Fakulteta za
gradbeništvo in
geodezijo*



Kandidat/-ka:

Mentor/-ica:

Predsednik komisije:

Somentor/-ica:

Član komisije:

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	620.9:699.8(497.4)(043.3)
Avtor:	Matjaž Kravanja
Mentor/mentorica:	Izr. prof. dr. Roman Kunič
Somentor/somentorica:	Doc. dr. Mitja Košir
Naslov:	Celovita prenova večstanovanjske stavbe v Tolminu
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	53 str., 44 pregl., 43 sl.
Ključne besede:	toplotna izolacija, zvočna izolirnost, vlaga, energijska bilanca, PURES 2010, U faktor, prenova

Izvilleček

V prvem delu diplomske naloge sta izvedeni analiza in energijska bilanca obstoječega stanja večstanovanjske stavbe v Tolminu, ki je bila zgrajena pred več kot stotimi leti in adaptirana v večstanovanjsko stavbo leta 1989. V analizi sem se osredotočil na stanje toplotne, zvočne in hidroizolacijske zaščite stavbe in preveril njeno ustreznost glede na trenutno veljavno zakonodajo. Pri tem sem si pomagal s programskima orodjema Ubakus in Hrup13. Podatke o sestavi konstrukcijskih sklopov in uporabljenih materialih sem pridobil iz projektne dokumentacije projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. V sklopu analize je opisan še vpliv stanja zaščitnih konstrukcij na bivalno udobje v stavbi. Za izračun energijske bilance se uporablja program KI Energija 2019. Rezultati energijske bilance so komentirani in primerjani s trenutno veljavno dokumentacijo.

V drugem delu pa sta predstavljena primer prenove stavbe in energijska bilanca novega stanja. V primeru prenove so opisani vsi posegi na konstrukcijskih sklopih in novi materiali, ki se bodo uporabljali pri prenovi. Opisan je tudi vpliv posegov na bivalno udobje. Na koncu je izvedena še energijska bilanca stavbe po prenovi.

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDC:	620.9:699.8(497.4)(043.3)
Author:	Matjaž Kravanja
Supervisor:	Prof. Roman Kunič, Ph.D.
Co-advisor:	assist. prof. Mitja Košir, Ph.D
Title:	Comperhensive renovation of apartment building in Tolmin
Document type:	Graduation thesis – University studies
Scope and tools:	53 p., 44 tab., 43 fig.
Keywords:	thermal insulation, sound insulations, moisture, Energy balance, PURES 2010, U factor, renovation

Abstract:

In the first part of this thesis I made an analysis and energy balance of an apartment building in Tolmin, which was built more than a hundred years ago and converted into an apartment building in 1989. In the analysis I concentrated on the state of thermal, acoustic and hydro protection of the building and checked their appropriateness compared to currently valid legislation. For this purpose I used programs Ubakus and Hrup13. I gathered the information about the structure of the construction systems and materials used from the project documentation needed for issuing a building permit. The effect of the current state of the building envelope on the living environment was also described in the analysis of the building. Program KI Energija 2019 was used for the calculation of the energy balance. The results of the energy balance are commentated upon and compared with the currently valid legislation.

In the second part, an example of a renovation is presented and an energy balance of the renovated building is calculated. All structural changes of the building envelope and new materials used for the renovation are described in the example of renovation. The effects of the changes on the living environment are also described. In the end, the energy balance of the renovated building was made.

ZAHVALE

Zahvaljujem se pokojnemu mentorju izr. prof. dr. Romanu Kuniču za vse usmerjanje, napotke in pomoč pri diplomski nalogi ter vse znanje, pridobljeno v času študija.

Zahvaljujem se tudi somentorju doc. dr. Mitji Koširju za sprejem somentorstva, namenjen čas in pomoč po tragični smrti mentorja izr. prof. dr. Romana Kuniča.

Zahvaljujem se svoji družini, puncu in prijateljem, ki so verjeli vame in mi nudili podporo in potrpežljivost v času študija in pisanja diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....	III
ZAHVALE.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
1 UVOD	1
2 OPIS STAVBE.....	2
2.1 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA NOSILNE KONSTRUKCIJE	5
3 OBSTOJEČE STANJE STAVBNEGA OVOJA	7
3.1 PROGRAMSKA ORODJA ZA ANALIZO OBSTOJEČEGA STANJA	10
3.1.1 Programsko orodje Ubakus.....	10
3.1.2 Program Hrup 13	10
3.1.3 Program KI Energija 2019.....	11
3.2 ANALIZA OBSTOJEČIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV	11
3.2.1 TLA NA TERENU	11
3.2.1.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	11
3.2.1.2 Hidroizolacija	14
3.2.1.3 Zvočna izolacija	15
3.2.2 ZUNANJA STENA POD TERENOM.....	15
3.2.2.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	15
3.2.2.2 Hidroizolacija	15
3.2.3 ZUNANJA STENA NAD TERENOM	17
3.2.3.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	18
3.2.3.2 Hidroizolacija	20
3.2.3.3 Zvočna izolacija	21
3.2.4 POŠEVNA STREHA.....	21
3.2.4.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	22
3.2.4.2 Hidroizolacija	23
3.2.5 STENE MED STANOVANJI, PROTI OGREVANI SOSEDNJI STAVBI IN PROTI NEOGREVANEMU HODNIKU	24
3.2.5.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	24
3.2.5.1 Zvočna izolacija	24
3.2.6 MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA.....	25
3.2.6.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	26
3.2.6.2 Zvočna izolacija	26

3.2.7 STAVBNO POHIŠTVO	27
3.2.7.1 Vrata	27
3.2.7.2 Okna	28
3.2.8 SISTEMI ELEKTRO IN STROJNIH INŠTALACIJ	29
4. ENERGIJSKA BILANCA OBSTOJEČEGA STANJA.....	30
4.1 RAZDELITEV STAVBE NA TOPLOTNE CONE	30
4.2 VHODNI PODATKI.....	31
4.2.1 CONA STANOVANJA.....	31
4.2.2 CONA SKUPNI HODNIK.....	32
4.3 ANALIZA REZULTATOV	33
5 PRIMER PRENOVE	35
5.1 TLA NA TERENU	35
5.1.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	36
5.1.2 Hidroizolacija.....	37
5.2 ZUNANJA STENA POD TERENOM.....	37
5.2.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	38
5.2.2 Hidroizolacija.....	38
5.3 ZUNANJA STENA NAD TERENOM.....	39
5.3.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	40
5.3.2 Hidroizolacija.....	41
5.3.3 Zvočna izolacija	41
5.4 POŠEVNA STREHA.....	42
5.4.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	42
5.5 STENE MED STANOVANJI, PROTI OGREVANI STAVBI IN PROTI NEOGREVANEMU HODNIKU.....	43
5.5.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	44
5.5.2 Zvočna izolacija	44
5.6 MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA.....	45
5.6.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare	45
5.6.2 Zvočna izolacija	45
5.7 STAVBNO POHIŠTVO	46
5.7.1 Vrata	46
5.7.2 Okna	46
6 ENERGIJSKA BILANCA PO OBNOVI.....	47
6.2 TOPLOTNE CONE.....	47
6.3 VHODNI PODATKI.....	47
6.3.1 CONA STANOVANJA.....	47

6.3.2 CONA SKUPNI HODNIK	48
6.4 ANALIZA REZULTATOV	49
6.5 DODATNI UKREPI ZA DOSEG ZAHTEV PURES–A 2010	50
7 ZAKLJUČEK	51
VIRI	52

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primerjava U vrednosti novih in starih predpisov za posamezne konstrukcijske sklope in dejanskih vrednosti pridobljenih z izračuni na podlagi pridobljene tehnične dokumentacije (viri: [1], [9])	7
Preglednica 2: Lastnosti konstrukcijskega sklopa tla na terenu v kleti. Pri računu toplotne prehodnosti se upoštevajo le prvi trije sloji.	12
Preglednica 3: Lastnosti konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju. Pri računu toplotne prehodnosti se upošteva le prvih pet slojev.....	13
Preglednica 4: Lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena pod terenom. Za račun toplotne prehodnosti se upoštevata oba sloja	15
Preglednica 5: Lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena nad terenom in razlike med izoliranim in ne izoliranim delom stene	17
Preglednica 6: Rezultati analize zvočne izolirnosti pred zunanjim hrupom	21
Preglednica 7: Lastnosti konstrukcijskega sklopa poševna streha	21
Preglednica 8: Lastnosti konstrukcijskega sklopa Stena med stanovanji in proti neogrevanemu hodniku.	24
Preglednica 9: Rezultati analize zvočne izolirnosti pred zvokom v zraku v notranjih prostorih	25
Preglednica 10: Lastnosti konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija.....	25
Preglednica 11: Rezultati analize zvočne izolirnosti medetažne konstrukcije	26
Preglednica 12: Tabela vrat v stavbi pomembnih z vidika bivalnega udobja in energijskih izgub	27
Preglednica 13: Tabela oken z zvočno izolativnostjo (viri [17], [18] 2019)	28
Preglednica 14: Podatki porabe kurilnega olja od leta 1998 do 2009 (lasten vir 2019)	30
Preglednica 15: Splošni podatki o stavbi.....	31
Preglednica 16: Splošni podatki o coni.....	31
Preglednica 17: Podatki o ne transparentnih delih stavbnega ovoja.....	31
Preglednica 18: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih	32
Preglednica 19: Podatki o toplotnih mostovih.....	32
Preglednica 20: Transparentni del stavbnega ovoja	32
Preglednica 21: Splošni podatki o coni.....	32
Preglednica 22: Podatki o ne transparentnih delih stavbnega ovoja.....	33
Preglednica 23: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih	33
Preglednica 24: Podatki o toplotnih mostovih.....	33
Preglednica 25: Transparentni deli stavbnega ovoja	33
Preglednica 26: Analiza stavbe	33
Preglednica 27: Rezultati energijske bilance	33
Preglednica 28: Količina izgub in dobitkov	34
Preglednica 29: Lastnosti in sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju po prenovi. Za izračun U faktorja se upošteva samo prvih sedem slojev	36
Preglednica 30: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena pod terenom po prenovi. Za izračun U faktorja se upoštevajo samo sloji 1 - 5.....	37
Preglednica 31: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena nad terenom po prenovi.....	39
Preglednica 32: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa poševna streha po prenovi....	42
Preglednica 33: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa stena med stanovanji in proti neogrevanemu hodniku po prenovi	43
Preglednica 34: Lastnosti in sestava konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija med stanovanjem in neogrevanim hodnikom po prenovi.....	45
Preglednica 35: Splošni podatki o coni.....	47
Preglednica 36: Podatki o transparentnih delih stavbnega ovoja.....	48
Preglednica 37: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih	48
Preglednica 38: Transparentni del stavbnega ovoja	48
Preglednica 39: Splošni podatki o coni.....	48

Preglednica 40: Podatki o netransparentnih delih stavbnega ovoja.....	49
Preglednica 41: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih.....	49
Preglednica 42: Transparentni deli stavbnega ovoja	49
Preglednica 43: Rezultati energijske bilance	49
Preglednica 44: Količina izgub in dobitkov	50

KAZALO SLIK

Slika 1: Pogled na severovzhodno in severozahodno fasado iz ulice Brunov drevored	2
Slika 2: Pogled na severozahodno in jugozahodno fasado z dvorišča.....	2
Slika 3: Tloris temeljev in kleti (vir: [8])	3
Slika 4: Tloris pritličja (vir: [8])	4
Slika 5: Tloris nadstropja (vir: [8])	4
Slika 6: Strižne in druge razpoke na ometu ob oknu v pritličju.....	6
Slika 7: Majhna strižna razpoka na ometu ob oknu v pritličju	6
Slika 8: Razpoke na nosilni steni ob vhodu v klet.....	6
Slika 9: Razpoke na zunanjem opornem zidu	6
Slika 10: Vertikalna razpoka pod kapno lego.....	6
Slika 11 IR slika stavbe s toplotno kamero. Dobro se vidi, kje je že nameščena TI, kljub temu da ta ne izpolnjuje zahtevanih vrednosti U faktorja predpisanega po PURES 2010. TI je, kot vidimo, nameščena le na vseh parapetnih zidovih pod okni ter v zgornjem nadstropju nad okni. Pritlični prostori so manj ogrevani od stanovanj, saj je bila slika narejena na nedeljo, ko ti prostori ne obratujejo. Pod kapjo vidimo visoko temperaturo, vendar gre le za koncentracijo toplote in ne za toplotni most. Rdeče zaplate na fasadi predstavljajo visoko vlažnost stene zaradi kondenzacije vodne pare znotraj konstrukcijskega sklopa	8
Slika 12: Neizoliran prezračevalni jašek. Ponovno vidimo, da je TI nameščena le pod in nad okni. Tudi tu izstopajo navlaženi deli stene zaradi kondenzacije v konstrukcijskem sklopu	8
Slika 13: Linijski toplotni mostovi pri špirovcih in nosilcih nadstreška v obeh nadstropjih. Vidimo, da pod desnim oknom ni nameščena TI, kljub temu da to prikazujejo načrti. V obeh nadstropjih vidimo zadrževanje toplote pod nadstreškom balkona in visoko vlažnost stene	8
Slika 14: Strop mansarde. Vidijo se mesta, kjer ni TI. Vlaknena toplotna izolacija ni nameščena enakomerno po vsem stropu.....	9
Slika 15: Toplotni most na balkonu. Levo vidimo okvir balkonskih vrat.....	9
Slika 16: Manjša temperatura površine notranje stene v vogalu križanja stena-strop	9
Slika 17: Sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v kleti. Zgoraj je notranjost, spodaj pa teren	11
Slika 18: Sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju. Zgoraj je notranjost, spodaj pa teren	12
Slika 19: Vhod v stavbo je od terena dvignjen, kar poveča zaščito pred vdorom meteorne vode v pritlične prostore.....	14
Slika 20: Notranjost ne vzdrževanega svetlobnega jaška, kjer vidimo da je polno organskih snovi, ki zadržujejo vago	16
Slika 21: Svetlobni jaški ob severni zunanji steni pod terenom.....	16
Slika 22: Netesno okno v kleti proti svetlobnemu jašku	16
Slika 23: Razpoka v steni pod oknom, skozi katero so vidni znaki pronicanja vode.....	16
Slika 24: Sestava konstrukcijskega sklopa izolirana zunanja stena nad terenom z izolacijo znotraj in sloj kondenzacije vodne pare. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranji prostor	17
Slika 25: Sestava konstrukcijskega sklopa neizolirana zunanja stena nad terenom in sloj kondenzacije vodne pare. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranji prostor.....	17
Slika 26: Manjši toplotni most pri roletni košarici	19
Slika 27: Linijski toplotni mostovi skozi špirovce in toplotni most skozi horizontalno betonsko vezjo pod kapno lego	19
Slika 28: Novejše okno v prvem nadstropju z roletno košarico. Okoli okna vidimo nekakšen okvir iz cementne malte, skozi katerega je kondenzacija manjša ali pa se ta hitreje suši	19
Slika 29: Nosilci balkonskega nadstreška. V zgornjem nadstropju je toplotni most večji zaradi večje stične površine. V spodnjem nadstropju so namreč nosilci točkovni, zgoraj pa linijski.	19
Slika 30: Plesen v sever-vzhodnem vogalu stavbe, kjer je prisoten geometrijski toplotni most	20
Slika 31: Plesen na steni ob okvirju balkonskih vrat	20
Slika 32 : Sestava konstrukcijskega sklopa poševne streha. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranjost.....	22

Slika 33: Geometrijski toplotni mostovi in jasno vidna mesta, kjer je prišlo do zdrsa toplotne izolacije.....	23
Slika 34: Ne izolirana frčada	23
Slika 35: Sestava konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija. Zgoraj je stanovanje, spodaj neogrevan hodnik.....	25
Slika 36: Izjemno slabo tesnenje starih balkonskih vrat in slaba izolativnost okvirjev, kar povzroča kondenzacijo vlage okoli okvirja.....	28
Slika 37: Sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju po prenovi. Zgoraj je notranjost, spodaj pa teren	35
Slika 38: Sestava konstrukcijskega sklopa zunanja stena pod terenom do 1 m pod koto terena. Zgoraj je teren, spodaj pa notranjost (lasten vir 2019).....	38
Slika 39: Sestava konstrukcijskega sklopa predhodno neizolirana zunanja sten nad terenom. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranjost (lasten vir 2019)	39
Slika 40: Sestava konstrukcijskega sklopa predhodno izolirana zunanja stena nad terenom. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranjost (lasten vir 2019)	39
Slika 41: Neo super F-P 031 (vir: [22]).....	40
Slika 42: Sestava konstrukcijskega sklopa poševna streha po prenovi. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranjost (lasten vir 2019)	42
Slika 43: Sestava konstrukcijskega sklopa stena proti neogrevanemu hodniku po prenovi. Zgoraj je hodnik, spodaj pa stanovanje (lasten vir 2019)	44

1 UVOD

V sodobnem času človek veliko časa preživi v stavbah. V zadnjih letih to vedno bolj velja tudi za prosti čas. Notranjost stanovanjskih objektov mora zagotavljati človeku udoben in zdrav življenjski prostor. Glede na določila tehnične smernice za graditev TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije [1] (v nadaljevanju: tehnična smernica) stavba velja za zdravo, dokler je relativna vlažnost notranjih prostorov pod 65 % relativne vlažnosti. Udobje v stavbi pa je v največji meri odvisno od osvetljenosti in temperature notranjih prostorov. Idealne temperature prostorov variirajo med posameznimi uporabniki, na splošno pa velja, da naj bi bile notranje temperature idealne nekje med 23°C in 25°C v poletnem času in med 20°C in 22°C v zimskem času [2].

Težave vlage v stavbah se rešuje s pravilno izvedeno hidroizolacijo in zadostnim prezračevanjem, ki se ga lahko na najbolj enostaven način doseže z naravnim prezračevanjem skozi okna. Osvetljenost stavb z naravno svetlobo pri prenovi težko spreminjamo, saj njeno izboljšanje pogosto zahteva poseganje v nosilno konstrukcijo stavbe. Slednji bom zato v sklopu diplomske naloge posvetil manj pozornosti. Temperaturo prostorov pa lahko nadziramo s pasivnimi stavbnimi ukrepi, kot so toplotna izolacija stavbnega ovoja, senčenje oken, akumulacija toplote v masi stavbe, itd. ter s sistemi ogrevanja v hladnem delu leta in s sistemi hlajenja v toplem delu. Za delovanje teh sistemov pa je potrebna energija.

Stavbe namreč na območju Evropske unije tekom gradnje in uporabe porabijo kar 40 % vse energije [2]. V današnjem času, ko stremimo k manjšanju rabe energije in trajnostnemu načrtovanju, je naš cilj čim bolj zmanjšati energijske izgube stavb. V ta namen je Evropska unija izdala Direktivo (EU) 2018/844 Evropskega parlamenta in sveta [3], v kateri je med drugim zahtevano, da se energijska poraba stavb do leta 2020 zmanjša za 20 %. Največ energije porabimo, kot sem že omenil, za ogrevanje in hlajenje stavb, zato je ključnega pomena, da načrtujemo stavbe z ovojem, ki čim bolj zmanjša prehod toplote med notranjim in zunanjim okoljem. Torej je naš cilj ohraniti toploto v stavbah in zmanjšati energijske izgube v času ogrevanja ter preprečiti prekomerno pregrevanje stavbe v času ohlajanja.

V preteklosti so sicer že veljali zakoni in predpisi za energetske učinkovitost stavb, vendar so bile njihove zahteve precej manj stroge v primerjavi z zahtevami današnjega Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju: PURES 2010) [4], ki med drugim zahteva tudi obvezno uporabo tehnične smernice. Tako je danes na območju Slovenije kar 81 % stanovanjskega fonda potrebnega energijske obnove [2]. Obnova ima seveda prednost pred novogradnjo. Nove gradnje so sicer v veliki večini ekonomično ugodnejše, a je z vidika bremenitve okolja prenova do 4-krat bolj okolju prijazna kot novogradnja [2]. Tako se iz vseh naštetih razlogov dandanes stremi k čim boljši in obsežnejši prenovi stavnih obojev. Temu se bom tudi posvetil v svoji diplomski nalogi.

V okviru diplomske naloge bom torej izvedel celovito prenavo večstanovanjske stavbe v Tolminu. Najprej bom analiziral obstoječe stanje in ga primerjal z zahtevami v aktualnih predpisih. Nato pa se bom v drugem delu osredotočil na prenavo v pogledu toplotne, zvočne in hidroizolacijske zaštite. Pri njihovem načrtovanju bom upošteval tako pravila tehnične smernice kot tudi zahteve PURES-a 2010. V sklopu analize obstoječega stanja bo izveden še izračun energijske bilance stavbe obstoječega stanja in zvočne izolirnosti po zahtevah Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah [5]. Enaki izračuni bodo nato izvedeni še za prenovljeno stavbo.

Pri načrtovanju prenavo se bom, kot sem že omenil, držal zahtev smernic, saj je moj cilj izvesti načrt prenavo stavbe, ki bi v celoti ustrezala zahtevam. To pomeni, da bi vsi obravnavani konstrukcijski sklopi stavbe ustrezali zahtevam s področja toplotne, zvočne in hidroizolacijske zaštite. Energijska bilanca pa bi bila po prenovi bistveno boljša in če je le možno, bi ustrezala zahtevam PURES-a 2010.

2 OPIS STAVBE

Obravnavana večstanovanjska stavba prikazana na slikah 1 in 2 se nahaja na ulici Brunov drevored 11 v bližini središča mesta Tolmin. Stavba je v registru nepremičnin označena s številko 878. Locirana je na parceli številke 660/1 katastrske občine 2248 Tolmin [6]. Gre za stavbo, v kateri živim.



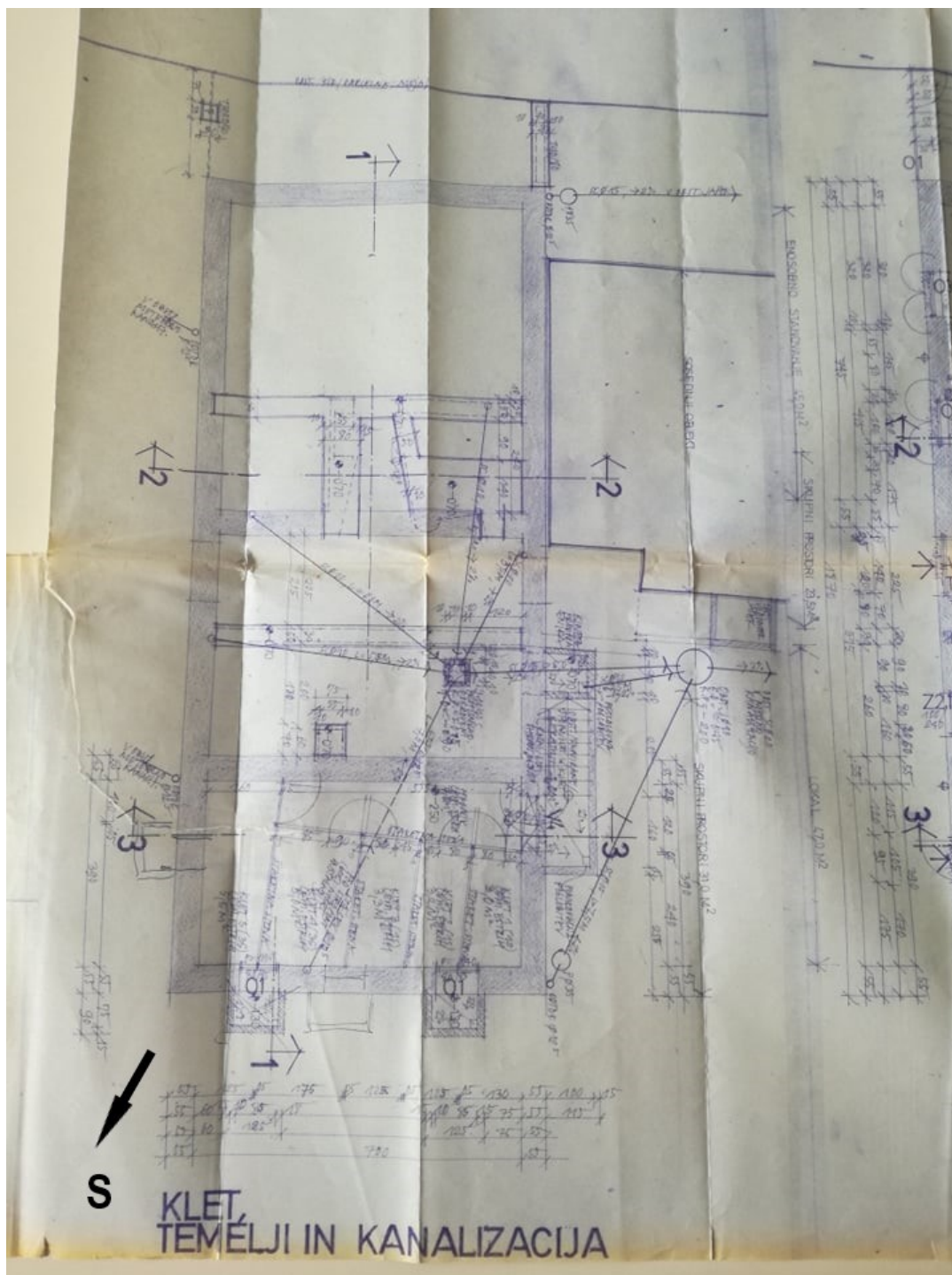
Slika 1: Pogled na severovzhodno in severozahodno fasado iz ulice Brunov drevored



Slika 2: Pogled na severozahodno in jugozahodno fasado z dvorišča

Objekt je bil po podatkih spletnega portala geodetske uprave Republike Slovenije zgrajen leta 1900 [6]. V evidencah tako zemljiške knjige kot geodetske uprave Tolmin se je objekt prvič pojavil leta 1937. Takrat je bil namreč prvič narejen popis stavb mesta Tolmin. Prvotno je bila to stanovanjska hiša z vrtom v zasebni lasti, s približno 40 % manjšo površino bivalnih prostorov kot je sedaj. Do prve prenove in povečanja površine tlorisa stavbe je prišlo leta 1955. Namembnost je takrat ostala nespremenjena. Še naprej je bila to stanovanjska hiša s pripadajočim dvoriščem. Leta 1966 je stavbo odkupilo Remontno gradbeno podjetje Tolmin, ki se je kasneje preimenovalo v Gradbeno podjetje Posočje in nato v SGP Gorica. Podjetje je stavbo povečalo na današnjo velikost, služila pa je kot upravna zgradba podjetja. Tako je ostalo vse do prenove in adaptacije stavbe v večstanovanjsko stavbo leta 1989 [7]. Leta 1984 je bila na jugozahodni strani zgrajena nekoliko manjša večstanovanjska stavba, ki se dotika obravnavane stavbe. Načrte adaptacije sta leta 1988 izdelali podjetji Projekt Nova Gorica p.o. in TDS Arhitekt. Pridobiti mi je uspelo celotne načrte v okviru PGD in PZI. Vsebujejo vse značilne tlorise in prereze, vsa potrebna soglasja in izračune gradbene fizike in statike [8].

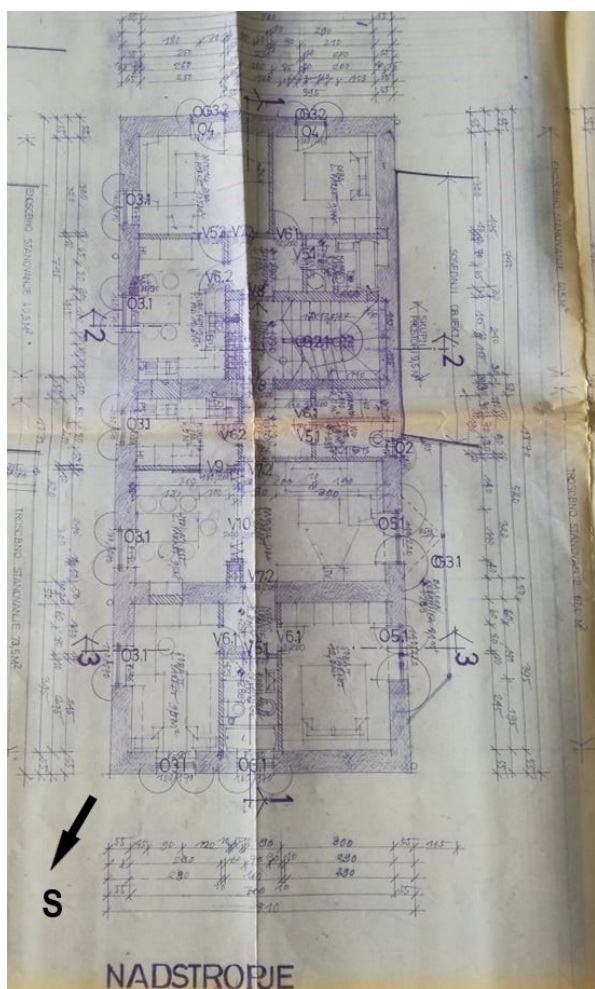
Zunanje dimenzije tlorisa stavbe so: 18,70 m x 8,10 m. Od kota terena do slemena je objekt visok 9,95 m, od terena do kapne lege pa 7,9 m. Objekt je delno podkleten. Klet se nahaja na severnem delu stavbe. Njena površina znaša 27,3 m². Vhod v klet je po zunanjih stopnicah na jugozahodnem delu stavbe, kot je vidno na slikah 2 in 3. V kleti se nahaja pet prostorov namenjenih pomožni shrambi. Na hodniku kleti se nahaja rezervoar za kurilno olje.



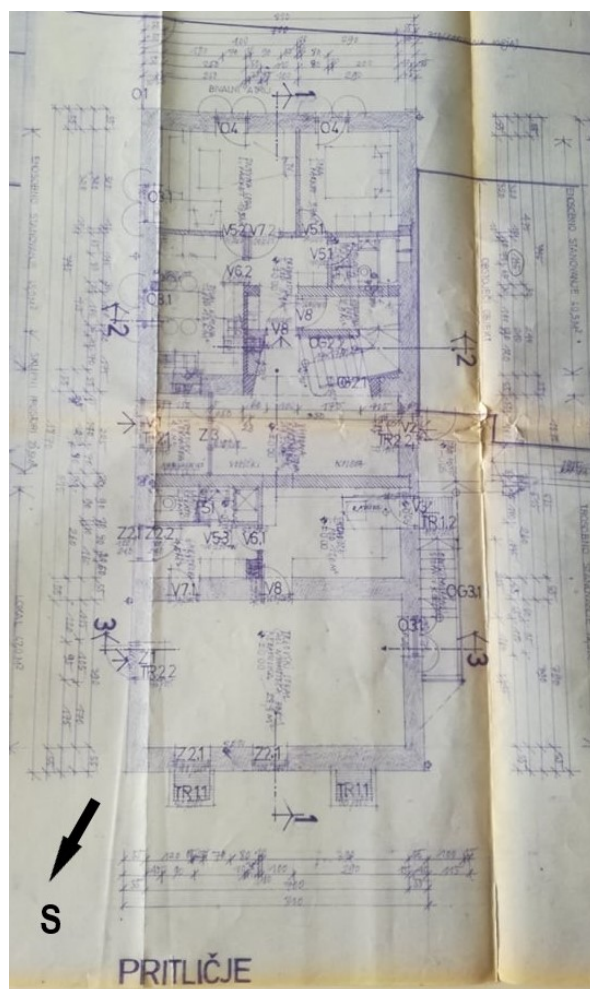
Slika 3: Tloris temeljev in kleti (vir: [8])

V pritličju (Slika 4) skozi sredino stavbe od severovzhoda proti jugozahodu poteka večji hodnik oz. avla z glavnim vhodom na severovzhodni strani iz ulice Brunov drevored in stranskim vhodom iz parkirišča na jugozahodni strani. Na vzhodnem delu se skozi glavni vhod najprej vstopi v manjši predprostor. Na hodniku se v pritličju nahaja še manjša kurilnica površine 0,7 m² z glavno pečjo na kurilno olje, ki je glavni vir ogrevanja stanovanj. Poslovna prostora se nahajata na južni in severni strani hodnika z vhodom iz ulice Brunov drevored. Z izjemo obeh poslovnih prostorov je vse pritličje skupaj s stopniščem solastnina štirih stanovanjskih enot

Iz glavnega hodnika v pritličju približno po sredini stavbe vodijo v vsako nadstropje dvoramne stopnice. Vse stopniščne rame so široke 1,15 m z izjemo prve, ki se začne v pritličju. Le-to je namreč ob začetku široko 1,5 m in se nato postopno oži do širine 1,15 m na prehodu iz prvega v drugo stopniščno ramo. Stopnišče je, kot je tudi razvidno iz načrtov, pomaknjeno iz sredine nekoliko na južno stran. Razlog za to je neznan. Pred adaptacijo je namreč stopnišče potekalo po sredini stavbe. V primeru, da bi ostalo stopnišče na enakem položaju kot v prvotnem stanju, bi lahko bile severna in južna polovica stavbe skoraj popolnoma enaki. Tako pa so prostori na severu večji od južnih. Eden izmed možnih razlogov za to je ta, da so v pritličju projektanti hoteli dobiti dodaten prostor, saj v načrtih piše, da naj bi se v pritličnem hodniku shranjevala kolesa in vozički. Tako sta severni stanovanji za 33 m² večji od južnih. Severna stanovanja imajo namreč v nadstropju površino 73,5 m², južna pa 40,5 m². Mansardni stanovanji (Slika 5) v drugem nadstropju imata sicer nekoliko drugačno površino kot stanovanji v prvem nadstropju, vendar je razlika majhna. Ostrešje je neuporabljeno, posledično so svetle etažne višine v mansardnih stanovanjih pod slemenom večje. Najvišja svetla odprtina v mansardi je namreč 2,95 m, kar je 15 cm višje od etažne višine v prvem nadstropju. Razlika v zasnovi stanovanj v prvem in drugem nadstropju je v tem, da je strop med 2,20 m visokim kolenskim zidom in najvišjo svetlo višino poševen. Poleg tega je balkon v severni mansardi manjši. Razlog za to leži v osvetljenosti prostorov. V primeru, da bi bila balkona enako velika, bi zgornji balkon senčil spodnje stanovanje.



Slika 5: Tloris nadstropja (vir: [8])



Slika 4: Tloris pritličja (vir: [8])

2.1 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA NOSILNE KONSTRUKCIJE

V opisu je veliko povzetega iz statičnega poročila izdelanega ob adaptaciji in vključenega v načrte prenove [8].

Kot je bilo opisano v prejšnjem poglavju, se je stavba skozi zgodovino spreminjala in prenavljala. Tako so se skozi čas spreminjali tudi materiali nosilne konstrukcije. V splošnem pa je vedno šlo za eksoskeletno zidano stavbo z endoskeletnim lesenim ostrešjem. Nosilne stene zgrajene pred adaptacijo leta 1989 so delno kamnite in opečnate debeline 54 cm. Med adaptacijo so bile na šibkih mestih inicirane. Stene zgrajene med adaptacijo pa so opečnate. Edina izjema je nosilna stena ob dimniku, ki je iz armiranega betona C 20/25 (stara oznaka MB 25). Nad odprtini so bile izvedene nove preklade. Ravno tako so bile nekatere nosilne stene delno porušene in na teh mestih ojačane z armirano betonskimi vezmi in prekladami.

Med adaptacijo je bil izveden pregled temeljnih tal. Določeno je bilo, da za temeljenje ustrezajo pasovni temelji. Pasovni temelji so bili izvedeni že pod obstoječimi nosilnimi stenami. Šlo je za kamnite temelje, ki se jih je pri adaptaciji ojačalo z armiranim betonom. Pri adaptaciji so bili zgrajeni dodatni pasovni temelji. Dva nova armirano betonska pasovna temelja sta bila zgrajena v smeri vzhod-zahod, na katera sta bili nato zgrajeni dve novi opečnate nosilni steni debeline 30 cm. Zgrajen je bil še temelj pod prej omenjeno armirano betonsko steno.

Med adaptacijo so bile vse horizontalne konstrukcije porušene in zgrajene na novo. Izjema je bil le strop nad kletjo. Pri konstrukcijskih sklopih tla na terenu, se pravi v kleti in v delu pritličja, ni bila izvedena nosilna konstrukcija. Tu so namreč le uredili nasutje, na katerega sta bila položena podložni beton v debelini 10 cm in hidroizolacija. V pritličju in nadstropju je bil nato izveden ti. monta oz. travetni strop.

Strešna konstrukcija je bila v celoti zamenjana. Tako kot prej je tudi sedaj ostala lesena. V mansardi se je dozidalo približno 70 cm opečnatega kolenskega zidu. Na vrhu kolenskega zidu so bile izvedene horizontalne vezi s puščenimi sidri, v katera so sidrane kapne lege. Na vrhu nosilnih sten severovzhod-jugozahod je bil v nasprotni smeri izveden slemenski nosilec. Tudi tu so bila puščena sidra, s katerimi se je sidrala slemenska lega. Na obe legi so bili nato pritrjeni špirovci dimenzij 14 x 16 cm pod naklonom 20°.

Z iniciranjem ojačane stare nosilne stene, nove opečnate in armiranobetonske stene, nove medetažne plošče, številni armiranobetonski stebri in horizontalne armirano betonske vezi na nivoju etaž, ki segajo skozi zid, so močno izboljšale potresno nosilnost stavbe. Gre za stenast konstrukcijski sistem, ki je namreč ob pravilni izvedbi križanj sten in povezavi teh sten z medetažno konstrukcijo zelo dobro odporen na potresno obtežbo. Za stavbo je bila potresna odpornost preverjena in načrtovana glede na zahteve tedanjih standardov. Stavba je preživela potres na Bovškem leta 1998, ki je imel posledice tudi na Tolminskem, ter številne manjše potrese, ki so sledili od takrat. Za pravilno, po standardih zgrajeno stavbo ti potresi sicer ne smejo povzročati poškodb. Kljub temu je dejstvo, da je na stavbi le nekaj zanemarljivo majhnih poškodb, dober znak. Po EMS lestvici bi lahko poškodovanost stavbe označili s 1. stopnjo. Na nekaterih, predvsem pritličnih stenah, so namreč opazne majhne strižne in druge razpoke v ometu. Predvsem strižne razpoke v spodnjih etažah so značilne za potres. Kljub temu to ni edini pokazatelj poškodovanosti in nosilnosti stavbe. Če bi se hoteli prepričati o potresni varnosti stavbe, bi bili za to potrebni natančni izračuni, v kar pa se v okviru te diplomske naloge ne bom poglobljal. Poškodbe vidne na fasadi so minimalne in bi jih ob energetske prenovi prekrili s slojem izolacije. Sanacija poškodb torej ni potrebna.

Edina nosilna konstrukcija, na kateri so vidne nekoliko večje poškodbe, je podporni armiranobetonski zid med zunanjimi stopnicami v klet in parkiriščem. Po celotnem zidu so namreč vidne manjše razpoke v betonu. Vendar je po mojem mnenju zid še vedno dovolj nosilen in ukrepi še niso potrebni.



Slika 6: Strižne in druge razpoke na ometu ob oknu v pritličju



Slika 8: Razpoke na nosilni steni ob vhodu v klet



Slika 7: Majhna strižna razpoka na ometu ob oknu v pritličju



Slika 10: Vertikalna razpoka pod kapno lego



Slika 9: Razpoke na zunanjem opornem zidu

3 OBSTOJEČE STANJE STAVBNEGA OVOJA

Stavba je zelo slabo toplotno izolirana. Toplotna izolacija je sicer prisotna v večini konstrukcijskih sklopov, a je največ 5 cm. Pri adaptaciji iz leta 1989 so bili narejeni izračuni gradbene fizike za toplotno prehodnost in difuzijo vodne pare po takrat veljavnih standardih JUS U.J5.510, 520, 530 in 600 1980. Zahteve in metode izračuna po teh standardih so predstavljene v priročniku TEDI [9]. Problem je, da so zahteve v teh standardih veliko nižje kot pa v tehnični smernici in po PURES 2010. V preglednici 1 je prikazana primerjava med zahtevami standardov JUS, PURES 2010 ($U_{\max}$) in dejanskim stanjem toplotne prehodnosti (U_{dej}) izračunane v pričujoči nalogi za posamezne konstrukcijske sklope.

Preglednica 1: Primerjava U vrednosti novih in starih predpisov za posamezne konstrukcijske sklope in dejanskih vrednosti pridobljenih z izračuni na podlagi pridobljene tehnične dokumentacije (vir: [1], [9])

Gradbeni elementi stavb	$U_{\max}$ [W/(m ² K)]		U_{dej} [W/(m ² K)]
	JUS U.J5. 600	PURES 2010	Dejansko stanje
Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	1,225	0,280	0,990(neizolirano) 0,679 (izolirano)
Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	1,940	0,500	0,863
Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom	1,940	0,700	1,167
Tla na terenu	0,930	0,350	0,719
Tla nad neogrevano kletjo	0,750	0,350	0,742
Medetažna konstrukcija nad neogrevanim prostorom	1,380	0,350	0,857
Poševna streha	0,780	0,200	0,384

Kot vidimo, U faktorji posameznih konstrukcijskih sklopov ustrezajo zahtevam takratnih pravilnikov, pričakovano pa ne izpolnjujejo današnjih. Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov stene proti manj ogrevanemu hodniku, medetažna konstrukcija proti manj ogrevanemu hodniku v načrtih sploh ni bila izračunana, zato sem izračune izdelal sam.

Vse izračune toplotne prehodnosti sem preveril s programskim orodjem Ubakus [10], ki ga bom predstavil v nadaljevanju. Izračuni s programskim orodjem so pokazali, da je večina vrednosti v projektni dokumentaciji pravih. Kljub temu pa sem odkril tudi nekaj neskladij s projektno dokumentacijo. V dokumentaciji so označbe nekaterih konstrukcijskih sklopov pomešane. Tak primer sta strop nad kletjo in strop nad pritličjem. V podatkih izračuna je tako naveden strop nad pritličjem, sestava konstrukcijskega sklopa pa je iz stropa nad kletjo. Konstrukcijski sklop za streho je v izračunu zasnovan povsem napačno. O razlikah pa nekoliko več v obravnavah posameznih konstrukcijskih sklopov. V načrtih je torej veliko napak.

Rezultati izračuna difuzije vodne pare se veliko bolj razlikujejo od vrednosti iz projektne dokumentacije. Razlog za razliko v izračunih je že v različnih metodah uporabljenih za izračun. Poleg tega pa se razlikujejo tudi robni pogoji, ki jih zahtevajo stari in novi pravilniki. PURES 2010 namreč predpisuje za pojav kondenzacije bolj neugodne robne pogoje. Notranja temperatura je po zahtevah tehnične smernice 20°C, relativna vlažnost 65 %, zunanja temperatura in relativna vlažnost pa sta -5 °C in 80 %. Temperaturne razlike med notranjostjo in zunanostjo so večje kot pri JUS standardih, torej je nevarnost kondenzacije vodne pare večja. Skratka, zahteve so danes strožje. Tako bom pri analizi stanja konstrukcijskih sklopov uporabil trenutne pravilnike in na njihovi podlagi pridobljene rezultate. Iz izračunov s

programskim orodjem Ubakus ugotovimo, da pogoj PURES-a 2010, ki zahteva, da čas izsuševanja ni daljši od 60 dni, ni povsod izpolnjen.

Stavba s trenutnim stavbnim ovojem izgublja preveč toplote, veliko je toplotnih mostov in mest s pojavom kondenzacije vodne pare. Toplotno in zdravstveno udobje torej ni izpolnjeno. V notranjosti je namreč v poletnem času prevroče, v zimskem pa se ponoči ob prekinitvi delovanja sistema ogrevanja precej shлади. Ob zunanjih vogalih in toplotnih mostovih na notranjih površinah prihaja do kondenzacije vodne pare, kar povzroča pojav plesni, ki je za zdravje zelo škodljiva. Stanje je najslabše ob zunanjih vogalih in okvirjih stavbnega pohištva, kjer so veliki toplotni mostovi, tesnjenje stavbnega pohištva je slabo, vlage pa veliko, kljub slabemu tesnjenju oken. Ob velikem številu okenskih okvirjev se pojavlja plesen. To je znak, da samo prezračevanje tega problema ne bo odpravilo.

Majhno sposobnost ohranjanja toplote, veliko toplotnih mostov in vlage v konstrukcijskih sklopih zaradi kondenzacije je pokazala tudi infra-rdeča (v nadaljevanju: IR) slika stavbe s toplotno kamero. Stavbo sem slikal tako od zunaj kot od znotraj, pokazalo se je mnogo nepravilno izvedenih detajlov, toplotnih mostov, vlažnih mest na fasadi in na splošno pomanjkanje toplotne izolacije.



Slika 9: IR slika stavbe s toplotno kamero. Dobro se vidi, kje je že nameščena TI, kljub temu da ta ne izpolnjuje zahtevanih vrednosti U faktorja predpisanega po PURES 2010. TI je, kot vidimo, nameščena le na vseh parapetnih zidovih pod okni ter v zgornjem nadstropju nad okni. Pritlični prostori so manj ogrevani od stanovanj, saj je bila slika narejena na nedeljo, ko ti prostori ne obratujejo. Pod kapjo vidimo visoko temperaturo, vendar gre le za koncentracijo toplote in ne za toplotni most. Rdeče zaplate na fasadi predstavljajo visoko vlažnost stene zaradi kondenzacije vodne pare znotraj konstrukcijskega sklopa.



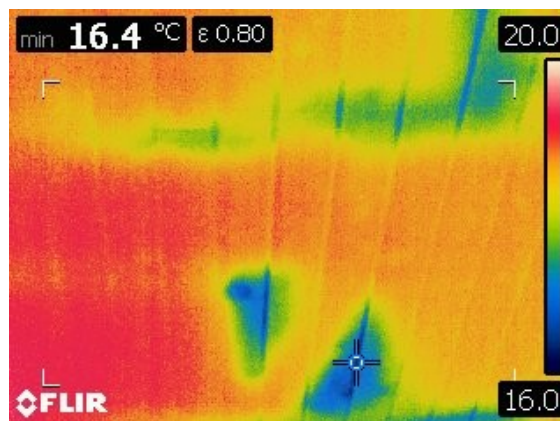
Slika 7: Neizoliran prezračevalni jašek. Ponovno vidimo, da je TI nameščena le pod in nad okni. Tudi tu izstopajo navlaženi deli stene zaradi kondenzacije v konstrukcijskem sklopu



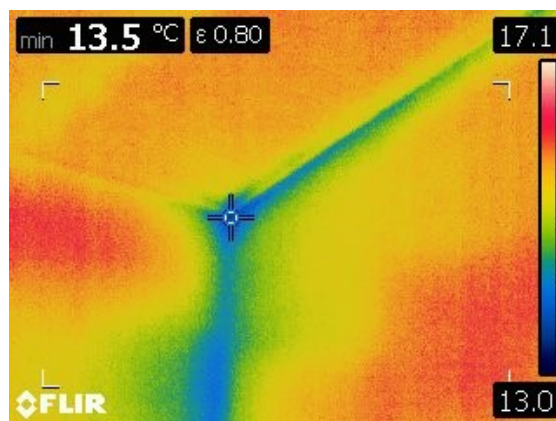
Slika 8: Linijski toplotni mostovi pri špirovcih in nosilcih nadstreška v obeh nadstropjih. Vidimo, da pod desnim oknom ni nameščena TI, kljub temu da to prikazujejo načrti. V obeh nadstropjih vidimo zadrževanje toplote pod nadstreškom balkona in visoko vlažnost stene



Slika 12: Toplotni most na balkonu. Levo vidimo okvir balkonskih vrat



Slika 11: Strop mansarde. Vidijo se mesta, kjer ni TI. Vlaknena toplotna izolacija ni nameščena enakomerno po vsem stropu



Slika 10: Manjša temperatura površine notranje stene v vogalu na križanju stena-strop

Stavba je torej, kot vidimo iz slik 11–16, nujno potrebna energijske obnove. Energijske izgube so velike, kar je v času varčevanja z energijo nesprejemljivo, udobje v stavbi pa je slabo zagotovljeno. Posamezne toplotne mostove in šibka mesta TI bom podrobneje obravnaval v naslednjih poglavjih.

Z vidika zvočne izolacije in hidroizolacije pa stanje ni tako slabo. Predvsem hidroizolacija je v večini izvedena kvalitetno. V stavbi ni vidnega nobenega zamakanja ali vdora talne oz. meteorne vode. Vprašljiva je le izvedba detajlov križanja hidroizolacije pri konstrukcijskih sklopih tla na terenu in stena pod oz. nad terenom. Z vidika zvočne izolirnosti so pomembni le trije konstrukcijski sklopi, in sicer:

- zunanja stena proti ulici Brunov drevored,
- stena med stanovanji,
- medetažna konstrukcija.

Zunanja stena je masivna, torej je njena zvočna izolirnost visoka, problem so le okna, ki so oslabitve v ovojju. Tudi med stanovanji je masivna stena, ki je od zunanje sicer tanjša. Tudi tu so vrata, ki vodijo iz stanovanja na skupni hodnik oslabitev stene z vidika zvočne izolirnosti. Zvočna izolacija medetažne konstrukcije pa je izvedena s plavajočim podom. Medetažna konstrukcija dobro ublaži udarni zvok zaradi hoje in premikanja lažjega pohištva, še vedno pa se v spodnjih etažah slišijo vibracije naprav in premikanje težjega pohištva. Zvočno izolirnost se preveri s programom Hrup13, pridobljene vrednosti pa bom primerjal z zahtevami Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah [5] in tehničnih smernic za zaščito pred hrupom [11]. Izračunal bom samo zvočno izolirnost omenjenih konstrukcijskih sklopov brez upoštevanja oslabitev in odprtih v konstrukcijskih sklopih, saj bi to zahtevalo preveč poglobljeno zvočno analizo, ki pa

ni predmet tega diplomskega dela. Potrebno je omeniti, da stavba spada v 3. območje varstva pred hrupom, kjer je potrebno zagotoviti zvočno izolirnost za vsaj 60 dB [12].

3.1 PROGRAMSKA ORODJA ZA ANALIZO OBSTOJEČEGA STANJA

3.1.1 Programsko orodje Ubakus

Interaktivno programsko orodje Ubakus se uporablja za izračun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare. S programom sem modeliral prehod toplote in difuzijo vodne pare skozi vse konstrukcijske sklope. Za vsak sloj konstrukcijskega sklopa program avtomatsko izračuna vrednost U faktorja, ravnilno kondenzacije, število dni potrebnih za izsušitev kondenzacije, fazni zamik (η), temperaturno amplitudo (v) in toplotno kapaciteto (c) konstrukcijskega sklopa.

V programskem orodju sem definiral lastne materiale. Njihove lastnosti sem pridobil iz priročnika TEDI [9], ki vsebuje lastnosti materialov definiranih v takratnih JUS standardih. Sama imena materialov in gradbenih izdelkov so že bila zapisana v navedbi konstrukcijskih sklopov projektne dokumentacije. Pravilna izbira materialov tako ni bila problematična. Pri primerjavi takratnih lastnosti materialov z lastnostmi enakih sodobnih materialov pa sem odkril veliko razlik. Tako imata na primer cementna malta po JUS in DIN standardih različne materialne lastnosti. To velja predvsem za toplotno prevodnost (λ) in difuzijsko upornost (η). Toplotna prevodnost je namreč pri materialih iz JUS standarda v večini primerov manjša za približno 0,06 W/(mK). Drugače pa je predvsem pri toplotno izolacijskih materialih, kjer je razlika precej manjša in redko večja od 0,002 W/(mK). Do razlik najverjetneje prihaja zaradi manjše natančnosti naprav za določanje toplotne prevodnosti v preteklosti. Predvsem so razlike večje pri klasičnih gradbenih materialih, kot so opeka in malte, ki so se uporabljale že dolgo časa in je možnost, da so takratni JUS standardi enostavno prevzeli vrednosti iz še starejših JUS standardov, pri katerih pa so se za določevanje materialnih lastnosti uporabljale še bolj nenatančne naprave. Kljub razlikam sem uporabil materialne lastnosti po JUS standardih, ki so zapisane tudi v projektni dokumentaciji. Napake se zavedam in jo bom poskušal odpraviti tako, da bom pri prenovi pri računu U-vrednosti vedno na varni strani zahtev PURES-a 2010. Paziti pa moram seveda, da to nima prevelikih vplivov na fazni zamik ter da se ne poveča nad 18 ur, kar ni priporočljivo.

3.1.2 Program Hrup 13

Program Hrup 13 je program v Excel-u za izdelavo elaborata zaščite pred hrupom. Omogoča izračun odmevnega zvoka in časa, zvočne izolirnosti oken, vrat, ostalih odprtih, horizontalnih in vertikalnih elementov znotraj stavbe ter zvočno izolirnost pred zunanjim hrupom. Program upošteva metode izračuna in zahteve Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah in tehnične smernice za zaščito pred zvokom.

Kot sem že omenil, se v podrobne izračune ne bom spuščal, saj to ni predmet tega diplomskega dela. Tako se preveri le zvočna izolirnost zunanje stene pred zunanjim hrupom, zvočna izolirnost sten med stanovanji in zvočna izolirnost medetažne konstrukcije tako proti zvoku v zraku kot proti udarnemu zvoku. Pri izračunu se zanemari vse odprtine in oslavitve v konstrukcijskih sklopih. V skladu s tehnično smernico za zaščito pred hrupom se upošteva korekcija za bočni prenos.

V programu se definirajo materiali prisotni v obravnavanih konstrukcijskih sklopih. Loči se materiale nosilnih konstrukcij in materiale, ki sestavljajo dodatne sloje. Lastnosti materialov so povzete po JUS standardih tako kot pri izračunu toplotne prehodnosti.

3.1.3 Program KI Energija 2019

Gre za program podjetja Knauf insulation, s katerim se preveri energijski odziv stavbe. Program je narejen po zahtevah PURES-a 2010. Namenjen je gradbenikom, arhitektom, strojnikom in elektro inženirjem. Sestavljen je iz dveh delov, in sicer gradbenega in strojnega dela. V prvem gradbenem delu se definirajo toplotne cone, dimenzije, površine in prostornine posameznih con. Definira se posamezne konstrukcijske sklope, toplotne mostove, vrsto in površino odprtin ter lastnosti odprtin. V drugem delu pa se definirajo sistemi ogrevanja, prezračevanja, hlajenja, razsvetljave, gretja tople vode in drugih [13]. Teh sistemov nisem definiral, saj to ni namen diplomskega dela.

3.2 ANALIZA OBSTOJEČIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

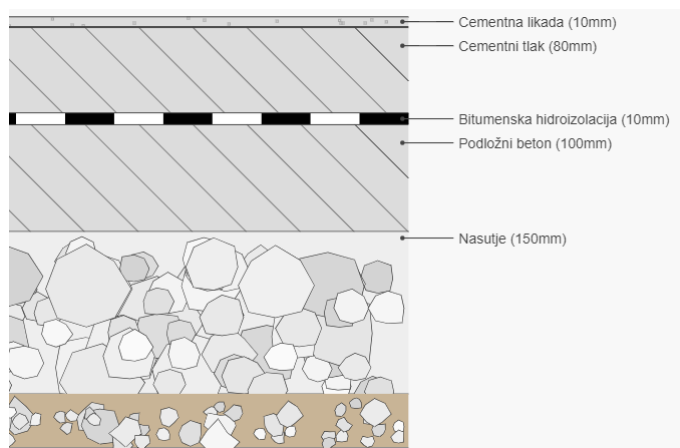
Vsak konstrukcijski sklop je sestavljen iz nosilne in zaščitne konstrukcije. Zaščitna pa se naprej deli na toplotno izolacijo, hidroizolacijo in zvočno izolacijo. Najpomembnejše je, da toplotna izolacija ni nikjer prekinjena, saj prekinitev povzroča toplotne mostove in nepotrebne energijske izgube. Za hidroizolacijo pa je ravno tako pomembno, da ta ni prekinjena tam, kjer pričakujemo vlago oz. vodo pod pritiskom. Z vidika zvočne izolirnosti stavbe je potrebno stavbo zaščititi pred udarnim zvokom v samih prostorih in pred zvokom v zraku tako pred zunanjimi kot notranjimi izvori.

3.2.1 TLA NA TERENU

V stavbi sta dve varianti konstrukcijskega sklopa tla na terenu. Gre za tla v kleti in tla v pritličju. Klet namreč, kot sem navedel v opisu stavbe, ne poteka po celotnem tlorisu, ampak le po približno tretjini. Drugje pa se pod pritlično etažo nahaja teren. Dve različni sestavi lahko vidimo na slikah 17 in 18.

3.2.1.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Tla v kleti



Slika 13: Sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v kleti. Zgoraj je notranjost, spodaj pa teren

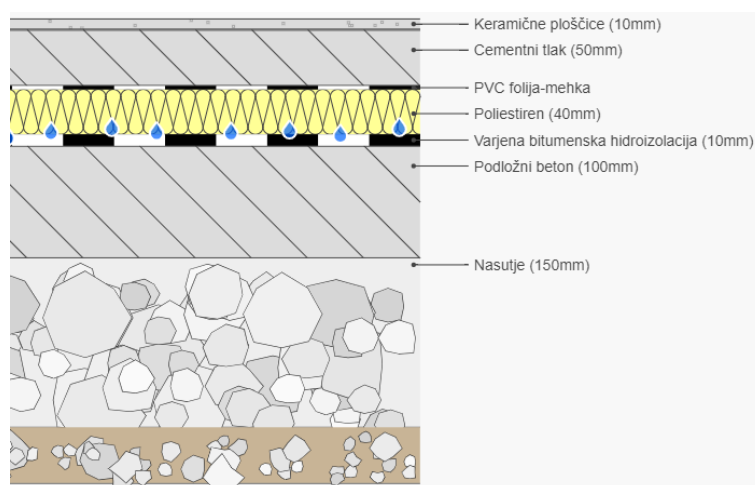
Za klet sem predpostavil, da je povprečna notranja temperatura 9°C. Konec februarja ob srednje hladnem dnevu je namreč toplotna kamera pokazala temperaturo med 8°C in 11°C.

Preglednica 2: Lastnosti konstrukcijskega sklopa tla na terenu v kleti. Pri računu toplotne prehodnosti se upoštevajo le prvi trije sloji.

Tla v kleti	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Notranjost	
1. Cementna likada	1
2. Cementni estrih	8
3. Hidroizolacija	1
4. Podložni beton	10
5. Nasutje	15–20
Teren	
U_{dej} [W/(m ² K)]	2,386
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,350
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	/
Temperatura notranjih površin [°C]	9,3
Vlažnost notranjih površin [%]	68

Toplotna izolacija v kleti ni potrebna, saj gre za neogrevan prostor. Kljub temu pa je notranja temperatura v zimskem času višja od zunanje. Vir toplote so namreč ogrete cevi sistema centralne kurjave, ki vodijo do rezervoarja kurilnega olja nameščenega v kleti. Poleg tega je medetažna konstrukcija proti ogrevanim pisarniškim prostorom zelo slabo izolirana in dopušča prehajanje toplote iz medetažne konstrukcije v klet. K višji temperaturi pa pripomore še temperatura zemljine pod tlemi in ob stenah pod terenom, ki je okoli 8 °C skozi celotno leto. Notranja temperatura se tako redko spusti pod 5 °C.

Tla v pritličju



Slika 14: Sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju. Zgoraj je notranjost, spodaj pa teren

Preglednica 3: Lastnosti konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju. Pri računu toplotne prehodnosti se upošteva le prvih pet slojev

Tla v pritličju	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Notranjost	
1. FO (keramika/parket)	1
2. Lepilo za finalno obdelavo	0,5
3. Cementni tlak	5
4. Polistiren v PVC foliji	4
5. Hidroizolacija	1
6. Podložni beton	10
7. Nasutje	15–20
Teren	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,790
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,350
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	DA
Sloj kondenzacije	4. (Polistiren)
Čas izsuševanja [dan]	38
Fazni zamik [h]	/
Temperatura notranjih površin [°C]	18,6
Vlažnost notranjih površin [%]	71

Situacija v pritličju pa je seveda drugačna. V pritličju se namreč nahajajo ogrevani pisarniški prostori in skupni hodnik stanovanj s stopniščem. Hodnik je sicer neogrevan, vendar je tu temperatura zaradi masivnih zunanjih sten in neizoliranih sten proti stanovanjem v hladnem delu leta okoli 16 °C v toplem delu pa 23 °C. Torej lahko tudi hodnik štejemo kot prostor, ki mu moramo preprečiti toplotne izgube skozi stavbni ovoj. To pomeni, da mora konstrukcijski sklop izpolnjevati zahteve tehnične smernice za največjo dovoljeno toplotno prehodnost U_{max} . Tla so sicer izolirana s 4 cm polistirena v PVC foliji, vendar je to premalo. Kot vidimo, je namreč U faktor konstrukcijskega sklopa več kot dvakrat višji od dovoljenega. S programskim orodjem Ubakus sem dobil za 0,19 W/(m²K) manjšo toplotno prehodnost, kot pa je izračunana v projektni dokumentaciji. Pri analizi se torej upošteva moj izračun, saj je bila v dokumentaciji najverjetneje storjena napaka pri izračunu. Poleg slabe izolativnosti tal je zunanja stena neizolirana in je na detajlu križanja tla na terenu – zunanja stena prisoten toplotni most. Cementni tlak, ki je izveden nad slojem polistirena, ima namreč veliko toplotno akumulativnost. Ta pa je v neposrednem stiku z zunanjo steno zaradi nepravilno izvedenega detajla plavajočega poda. Tu torej prihaja do kondukcijskega prenosa toplote med tlemi in zunanjo steno.

Potrebno je omeniti tudi temperaturo pohodne površine, ki je samo 16,8 °C, kar je malo v primerjavi s temperaturo zraka. Kljub temu pa to z vidika udobja v prostoru ni zelo pomembno, saj imajo ljudje, ki uporabljajo pritlične prostore, vedno obleko primerno za uradne pisarniške prostore in tako verjetno ne čutijo neudobja zaradi hladnejših tal.

S pomočjo programskega orodja Ubakus vidimo, da v sloju stiropora prihaja do kondenzacije vodne pare kljub pravilno izvedenemu konstrukcijskemu sklopu. Razlog za to je v uporabljenih materialih. Mehka PVC folija namreč ne opravlja svoje naloge kot parna zapora. V programu sem jo nadomestil s sodobno 0,2 mm debelo parno zaporo iz aluminija, ki je kondenzacijo preprečila. Poleg tega pa tehnična smernica ne zahteva preverjanja prehoda vodne pare skozi konstrukcijske sklope, ki so v stiku s terenom in lahko dejstvo, da prihaja do kondenzacije zanemarimo.

Potrebno je omeniti, da je konstrukcijski sklop medetažna konstrukcija nad kletjo enak kot tla na terenu, le da je tu namesto sloja podložnega betona 13 cm debela armiranobetonska plošča. Stanje z vidika toplotne izolacije pa je enako, kot opisano pri tleh na terenu.

Detajl križanja tla na terenu – zunanja stena

Neznano je, ali so pasovni temelji pod notranjimi stenami izvedeni ob adaptaciji leta 1989 toplotno izolirani ali ne. Predvidevam da niso, saj pri temeljih pod tlorisom to niti ni potrebno zaradi majhne amplitude temperaturnega nihanja terena pod tlemi oz. temelji. Drugače pa je pri temeljih pod zunanjo steno. Ti temelji so bili namreč v času adaptacije ojačani ne pa tudi toplotno izolirani. Nivo zmrzovanja terena namreč tu doseže tudi temelje, zato je nujno, da se jih ob prenovi izolira.

3.2.1.2 Hidroizolacija

Hidroizolacija je v obeh primerih izvedena pravilno. Gre za varjen bitumenski trak, ki deluje kot neprepustna membrana. Poškodb hidroizolacije ob pregledu tal ni videti. Glede na to, da na tem območju talna voda ni prisotna, nivo podtalnice pa je globoko pod terenom, zaščita pred talno vodo ni potrebna. Stavbo je torej potrebno zaščititi le pred vlago v tleh in meteorno vodo. Ob novo izvedenih pasovnih temeljih je bila hidroizolacija nameščena tudi nad temelji, torej je kapilarni vlek onemogočen.

Detajl križanja tla na terenu – zunanja stena

Drugače pa je pri obstoječih temeljih, ki se jih ob adaptaciji leta 1989 ni dodatno hidro izoliralo. Tu tako prihaja do kapilarnega vleka skozi temelj. Vlaga pa lahko s časom povzroči degradacijo nosilnega materiala in korozijo armature v betonu, kar lahko privede do zmanjšanja nosilnosti nosilne konstrukcije. V pritličju pa pride do povečanja vlage v prostoru, kar poslabša udobje bivanja in povečuje možnost pojava plesni na notranjih površinah. Problematičen je torej detajl križanja tla na terenu - zunanja stena. Na tem mestu je tudi nevaren vpliv meteorne vode. Proti meteorni vodi je sicer stavba zaščiten z betonom in asfaltom okoli stavbe izvedenim v naklonu stran od sten. Ta voda se nato steka v sistem odvodnjavanja ulice Brunov drevored, ki je le nekaj metrov stran. Vsi vhodi v stavbo so od nivoja terena dvignjeni nekje med 15 cm in 20 cm (Slika 19), kar še dodatno ščiti pritlične prostore pred meteorno vodo. Kljub temu pa voda lahko prodre do omenjenega detajla križanja in še poveča kapilarni vlek skozi temelje. V kleti, kjer je vhod pod nivojem tal, pa je pred vhodom nameščena rešetka, v katero se lahko steka voda, ki bi prišla do vhoda. Vhod je sicer pod nadstreškom, ob zunanjem stopnišču pa je teren v naklonu stran od stavbe, tako da je nevarnost, da bi prišlo do vdora vode v klet, zelo majhna.



Slika 15: Vhod v stavbo je od terena dvignjen, kar poveča zaščito pred vdorom meteorne vode v pritlične prostore

3.2.1.3 Zvočna izolacija

Zvočna izolacija v kleti ni potrebna, v pritličju pa moramo zagotoviti zvočno izolirnost proti zvoku v zraku predvsem v lastnem prostoru zaradi hoje ter širjenje udarnega zvoka v nosilno konstrukcijo. Obe funkciji opravlja izveden plavajoči pod. Na stiropor, ki služi poleg toplotne izolacije tudi kot zvočna izolacija, je izveden cementni tlak. Cementni tlak ima namreč podobne lastnosti kot cementni estrih, ki se ponavadi uporablja pri izvedbi plavajočega poda. Nepravilno pa je izveden detajl križanja cementni tlak – stena. Tu namreč ni prekinitve, ampak se tlak dotika sten, kar omogoča širjenje zvoka v nosilno konstrukcijo. Napaka se je odkrila pri menjavi talnih keramičnih ploščic v nadstropju. Predpostavi se, da je tudi v pritličju enaka izvedba. To bi lahko povzročalo širjenje hrupa v višje etaže, vendar tu ni tako velikih izvirov hrupa, tako da takšna napaka v tem primeru ni kritična.

3.2.2 ZUNANJA STENA POD TERENOM

Preglednica 4: Lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena pod terenom. Za račun toplotne prehodnosti se upoštevata oba sloja

Zunanja stena pod terenom	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Notranjost	
1. Apnena malta	3
2. Polna opeka 1600	50
Teren	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,905
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	Ni zahteve
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	/
Temperatura notranjih površin [°C]	/
Vlažnost notranjih površin [%]	/

Potrebno je omeniti, da je to, tako kot večina zunanjih sten, ena izmed starejših sten objekta in je delno kamnita. Ob prenovah skozi leta pa se je kot material za popravilo in dopolnilo stene uporabljala polna opeka gostote 1600 kg/m³. Kamniti delež stene je danes majhen, saj se je kamen postopoma ob prenovah v večini nadomestil s polno opeko. Tako se tudi kot glavni nosilni material upošteva polna opeka in ne kamen. Zvočna izolacija tu ni potrebna.

3.2.2.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Ker gre za steno proti neogrevanemu, ne bivalnemu prostoru, toplotna izolacija ni potrebna. Potrebna bi bila le na nivoju medetažne konstrukcije med kletjo in pritličjem za preprečitev toplotnega mostu. Posledično tudi ni pomembna temperatura in vlažnost notranjih površin.

3.2.2.2 Hidroizolacija

V projektni dokumentaciji ni nikjer omenjeno, da bi se stena pod terenom izolirala s hidroizolacijo. Glede na pregled ter stanje notranje stene in svetlobnih jaškov sem predpostavil, da stena ni izolirana. To pa pomeni, da lahko tako vlaga kot meteorna voda vstopata v klet, kar seveda ni dobro. Predvsem vlaga namreč povzroči visok nivo relativne

vlažnosti v prostoru, kar pa je slabo za predmete, ki so shranjeni tam. Pogoji za nastanek plesni so dobri, zato posledično veliko predmetov, ki se jih tu shrani, s časom splesni. Proti meteorni vodi je sicer stavba, kot sem že omeni, zaščiten z betonom in asfaltom okoli stavbe, izvedenim v naklonu stran od sten. Kljub temu pa beton ni vodo neprepusten, v njem pa je tudi kar nekaj razpok, skozi katere lahko pronica voda. Kljub betonu v naklonu je torej potrebna izolacija stene.

Problem pa z vidika zaščite pred vlago in meteorno vodo povzročajo svetlobni jaški. Ob zunanji steni so namreč trije svetlobni jaški pokriti samo s kovinsko rešetko. Skozi rešetko seveda ob dežju padajo kaplje, ki pa nato nimajo kam odteči, saj je celoten svetlobni jašek betonski, brez izvedenega odtoka za meteorno vodo. Na steni so sicer okna, ki ločujejo notranjost od zunanosti, ki so dvignjena od dna jaškov, tako da voda ne more steči direktno v klet. To seveda ni zaščita pred vodo, saj se voda nabira v betonskih jaških in skozi razpoke v steni pronica v notranjost. To se na nekaj mestih vidi na notranjosti stene. Okna tudi niso tesna in skozi vstopa veliko vlage. Jaškov se ne vzdržuje, zato se je skozi leta v njih nabralo veliko smeti in organskih snovi, iz katerih je nastal humus, kjer se še dodatno zadržuje vlaga. Opisano stanje je prikazano na slikah od 20 do 22.



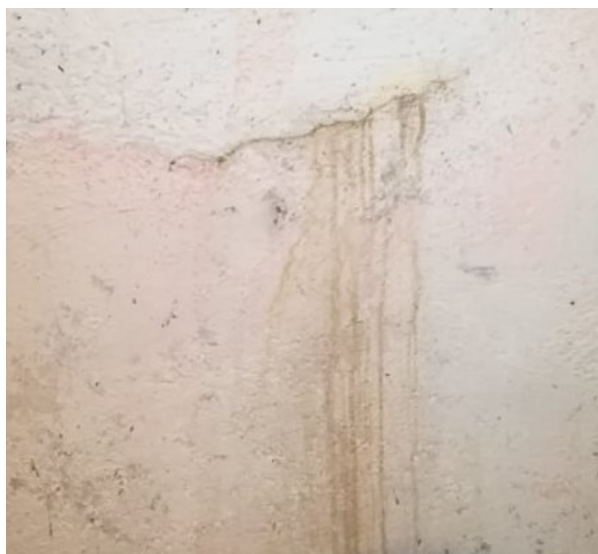
Slika 19: Notranjost ne vzdrževanega svetlobnega jaška, kjer vidimo da je polno organskih snovi, ki zadržujejo vago



Slika 16: Svetlobni jaški ob severni zunanji steni pod terenom



Slika 17: Netesno okno v kleti proti svetlobnemu jašku



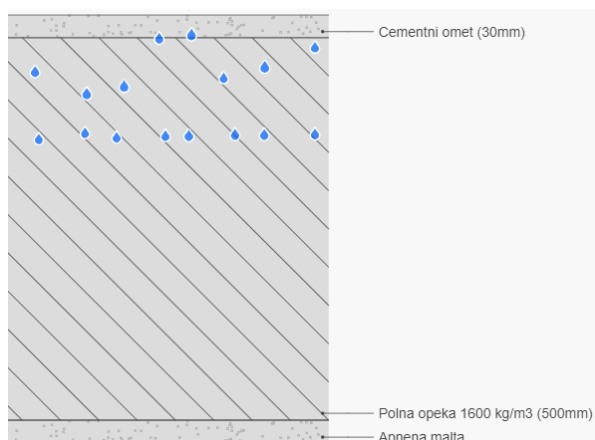
Slika 18: Razpoka v steni pod oknom, skozi katero so vidni znaki pronicanja vode

3.2.3 ZUNANJA STENA NAD TERENOM

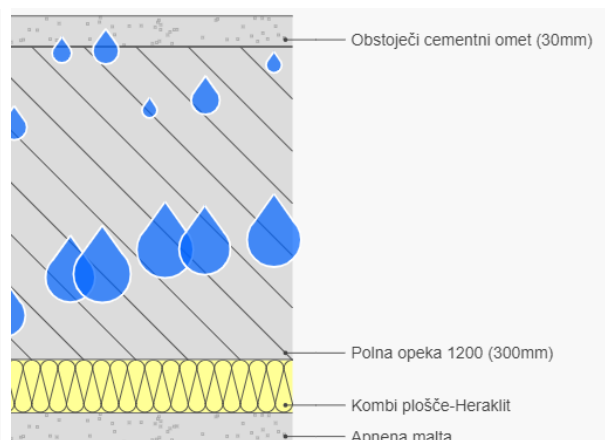
Zunanjo steno nad terenom lahko razdelimo na toplotno izolirano in ne izolirano. Toplotno izolirana in ne izolirana stena nista dve različni steni, ampak gre le za različna dela zunanje. Različni sestavi konstrukcijskega sklopa zunanja stena na terenu sta jasno prikazani na slikah 24 in 25.

Preglednica 5: Lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena nad terenom in razlike med izoliranim in ne izoliranim delom stene

Zunanja stena nad terenom			
Neizolirana stena		Izolirana stena	
Število in material sloja	Debelina [cm]	Število in material sloja	Debelina [cm]
Notranjost		Notranjost	
1. Apnena malta	3	1. Apnena malta	3
2. Polna opeka 1600	8	2. Kombi plošče heraklit	30
3. Cementni omet	3	3. Polna opeka 1200	5
Zunanost		4. Cementni omet	3
		Zunanost	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,990	U_{dej} [W/(m ² K)]	0,679
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,280	Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,280
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	DA	Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	DA
Sloj kondenzacije	2.(Polna opeka), 3.(cementni omet)	Sloj kondenzacije	2.(kombi plošče), 3.(polna opeka), 4.(cementni omet)
Čas izsuševanja [dan]	17	Čas izsuševanja [dan]	61
Fazni zamik [h]	17	Fazni zamik [h]	16
Temperatura notranjih površin [°C]	16,8	Temperatura notranjih površin [°C]	17,8
Vlažnost notranjih površin [%]	79	Vlažnost notranjih površin [%]	75



Slika 21: Sestava konstrukcijskega sklopa neizolirane zunanje stene nad terenom in sloj kondenzacije vodne pare. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranji prostor



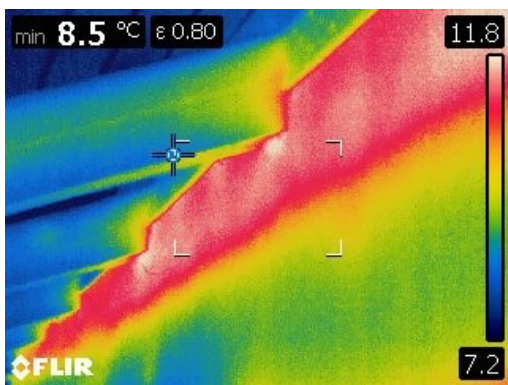
Slika 20: Sestava konstrukcijskega sklopa izolirane zunanje stene nad terenom z izolacijo znotraj in sloj kondenzacije vodne pare. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranji prostor

Toplotno izolirana je tanjša parapetna stena pod okni v vseh nadstropjih. Uporabljena je tudi drugačna polna opeka z manjšo gostoto (1200 kg/m^3). Izoliran je tudi del stene nad okni v drugem nadstropju, kar je toplotna kamera jasno pokazala. Na sliki 11 se z lahkoto opazi, kateri del stene je izoliran in kateri ne. Modro obarvan del stene pod okni je namreč izolirani del stene. V drugem nadstropju je razlika manjša, vendar je še vedno vidno, da je nad in pod okni stena izolirana.

3.2.3.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Med izolirano steno nad in pod okni je razlika v položaju toplotne izolacije. Pod okni je namreč izolacija na notranji strani, nad okni pa na zunanji. Ker je izolacija na notranji strani z vidika difuzije vodne pare bolj tvegana, bom s tega vidika obravnaval le to sestavo. Kljub temu, da je del stene izoliran, pa je toplotna prehodnost tega dela še vedno več kot dvakrat prevelika. V analizi bom tako upošteval, da stena toplotno ni izolirana, saj ni izolirana velika večina stene in je to stanje merodajno.

Toplotnih mostov je trenutno na fasadi veliko. Pojavljajo se geometrijski, linijski in točkovni toplotni mostovi. Nekaj sem jih že predstavil s slikami 11 do 16 na začetku tretjega poglavja. O konstrukcijskih toplotnih mostovih ni potrebno veliko povedati, saj večina fasade sploh ni izolirane. To jasno vidimo tudi na sliki 11. Vendar je treba povedati, da rdeči deli fasade niso bolj toplotno prevodni od ostalih, temveč se na teh delih pojavlja znotraj stene več kondenzirane vodne pare. Stena je torej vlažna tako na površini kot v notranjosti, toplotna kamera pa to pokaže, kot da je tu prehod toplote večji. Enega izmed večjih toplotnih mostov predstavljajo balkoni. To je bilo prikazano že s sliko 15, kjer se lepo vidi potek temperature po balkonu. Slika 16 jasno prikazuje geometrijski linijski toplotni most na pravokotnem križanju dveh zunanjih sten ter zunanje stene in strehe. Takšen toplotni most je prisoten na vseh štirih vogalih stavbe. V hladnem delu leta se v vogalih posledično pogosto pojavlja plesen. Takšen toplotni most je sicer vedno prisoten tudi pri dobro izoliranih stavbah, vendar je veliko manjši od obravnavanega. Linijski toplotni mostovi se pojavljajo tudi pri lesenih špirovcih. To lahko vidimo na slikah 13 in 27. Na sliki 27 se tudi vidi toplotni most skozi horizontalno betonsko vez. Ta namreč ni izolirana tako kot del stene pod njo, kljub temu, da je v detajlu fasadnega pasu iz projektne dokumentacije jasno prikazano, da se toplotno izolira tudi vez. Toplotni mostovi se pojavljajo tudi pri roletnih košaricah, vendar ti niso izrazito veliki – slika 26. Na isti sliki lahko vidimo tudi, da je finalna obdelava, ki je prikazana na sliki 28, manj vlažna, kot ostali del stene. Vsa okna na stavbi sicer nimajo rolet. Roletne omarice imajo samo okna v prvem nadstropju, ki so novejša, v pritličju in drugem nadstropju pa so še vedno prvotna okna. Prvotna okna imajo skozi okenski okvir veliko večji prehod toplote kot pa novejša okna, a o tem več pri podpoglavju stavbno pohoštvo. Omeniti je potrebno še točkovne toplotne mostove, ki jih je kar nekaj. Prisotni so ob vseh nosilcih za odpiranje polken – slika 12. Točkovni mostovi se pojavljajo še pri nosilcih balkonskih nadstreškov prikazanih na sliki 29. Potrebno je omeniti, da to niso klasični točkovni toplotni mostovi, ki prebijejo toplotno izolacijo, ampak gre za toplotne mostove zaradi nosilcev iz materialov, ki zelo dobro prevajajo toploto in so sidrani globoko v nosilno steno, kjer je toplejše kot na zunanji površini. Na sliki 12 je viden prezračevalni jašek, skozi katerega uhaja veliko toplote. Gre namreč za prezračevalno cev, ki pa ni toplotno izolirana in skozi njo prihaja toplel zrak iz podstrešja, zaradi česar v zimskem času prihaja do kondenza okoli cevi tudi v notranjosti stavbe. Cev je namreč skrita v spuščeni strop in ni izolirana. Kondenzirana vlaga nato pada na kameno volno, ki leži na spuščeni stropu in tako uničuje toplotno izolacijo.



Slika 22: Linijski toplotni mostovi skozi špirovce in toplotni most skozi horizontalno betonsko vezjo pod kapno lego



Slika 24: Nosilci balkonskega nadstreška. V zgornjem nadstropju je toplotni most večji zaradi večje stične površine. V spodnjem nadstropju so namreč nosilci točkovni, zgoraj pa linijski



Slika 26: Manjši toplotni most pri roletni košarici



Slika 23: Novejše okno v prvem nadstropju z roletno košarico. Okoli okna vidimo nekakšen okvir iz cementne malte, skozi katerega je kondenzacija manjša ali pa se ta hitreje suši

Zaradi pomanjkanja toplotne izolacije je kljub veliki sposobnosti akumuliranja toplote v zimskem času temperatura notranje površine precej nizka. Temperatura je samo 16,8 °C. Material nosilne konstrukcije je namreč toplotno zelo prevoden in nizka temperatura iz okolice hitro shladi material, kljub temu da ta akumulira toploto iz notranjosti. V zunanosti ima namreč stena nizko temperaturo, v notranjosti pa je temperatura enaka kot v prostoru. Seveda pa zaradi dobre prevodnosti nižja temperatura manjša temperaturo notranje površine. V prostoru torej ob stenah prihaja do toplotne asimetrije, saj hladna površina seva v notranjost, stena pa je hladna na dotik. To je predvsem neugodno v spalnicah, kjer ob zunanji steni ni veliko pohištva, postelje pa so zelo blizu sten. Dovolj pa je velik fazni zamik, ki predvsem v toplu delu leta povzroča, da v notranjosti čez dan v spodnjem nadstropju in pritličju ostaja hladno. V mansardi pa ima streha premajhen fazni zamik in se notranjost pregreje ne glede na visok fazni zamik sten.

Z vidika kondenzacije vodne pare skozi konstrukcijski sklop je stanje slabo. V obeh variantah zunanje stene prihaja do kondenzacije vodne pare znotraj konstrukcijskega sklopa. To se vidi tudi na slikah s toplotno kamero, saj na fasadi vidimo rdeče zaplate, kar ni posledica toplotnih mostov, ampak večje vlažnosti tega dela stene zaradi kondenzacije vodne pare v konstrukcijskem sklopu. To se bolj vidi pri neizolirani steni, ker je ravnina kondenzacije tu bližje zunanosti. Pri neizolirani steni je sicer količina kondenzirane vodne pare majhna, čas izsuševanja pa kratek, vendar tudi to ni najbolje za udobje v notranjih prostorih. V steni se namreč nabira vlaga, ki povečuje vlažnost tudi v notranjosti, predvsem pri izolirani steni, kjer je čas izsuševanja daljši od dovoljenega za en dan. To sicer ni veliko, vendar je že 60 dni

dovolj za steno v bivalnem prostoru. Konstrukcijski sklop je torej potrebno popraviti tudi iz tega vidika.

Poleg kondenzacije znotraj konstrukcijskih slojev pa prihaja tudi do površinske kondenzacije na notranji strani stene. Predvsem so kritični zunanji vogali, kjer je prisoten geometrijski toplotni most. Tu v hladnem delu leta redno prihaja do kondenzacije vodne pare na steni (slika 30). Posledica velike vlažnosti vogalov pa je razrast plesni na teh vogalih. Plesen je namreč prisotna na notranjosti v vseh štirih zunanjih vogalih. To je za zdravje izredno škodljivo, poleg tega pa je to tudi ekonomična obremenitev, saj je treba plesen čistiti in beliti veliko pogosteje, kot bi se to počelo, če plesni ne bi bilo. Površinska kondenzacija pa se pojavi na celotni severni steni v primeru cikličnega ogrevanja. Tu so namreč temperature nekoliko nižje, saj tu ni prisotne sončne energije, ki bi steno nekoliko ogrela. V kolikor se torej stena povsem ohladi, se nato ob nenadnem segretju prostorov pojavi kondenzacija vodne pare na celotni površini stene. V preteklosti se je tako tudi zgodilo, da se je na celotni površini severne stene začela razraščati plesen. To pa je za zdravje zelo škodljivo, še posebej zato, ker so v tem delu stanovanj spalnice, v katerih človek preživi veliko časa. Po odkritju vzroka za površinsko kondenzacijo se sicer v stavbi izogiba cikličnemu ogrevanju, posledično tudi ni več površinske rasti plesni na tej steni. Poleg že omenjene površinske kondenzacije prihaja do kondenzacije vodne pare še ob vseh okenskih okvirjih, saj so ti izredno slabo izolirani. Posledično se tudi v teh delih pojavlja plesen (slika 31). Več o tem v podpoglavju stavbno pohištvo.



Slika 25: Plesen v sever-vzhodnem vogalu stavbe, kjer je prisoten geometrijski toplotni most



Slika 26: Plesen na steni ob okvirju balkonskih vrat

3.2.3.2 Hidroizolacija

Hidroizolacija je v tem primeru izvedena z debelino. Dež namreč skozi steno v notranjost zaradi debeline ne more. Na fasadi je izveden tudi cementni omet, ki je za vodo neprepusten, zaradi česar tudi ni nevarnosti kapilarnega vleka v notranjost. Problem je le na nekaterih mestih, ko je omet razpokan, vendar je takih mest zelo malo. Problem se pojavlja le na coklu fasade, kjer omet na nekaj mestih odpada, kar pa je bolj kot posledica slabe hidroizolacije, posledica reakcij med soljo in cementno malto. Kritičen je namreč samo del cokla, ki meji proti asfaltu in betonu, ki se ju v zimskem času posipa s soljo. Med ulico Brunov drevored in stavbo so namreč bočna parkirišča. Ob posipanju ceste se sol odbija od površine in se preko parkirišč v manjši količini odbije tudi do stene. Sol in finalna obloga reagirata, kar povzroča odpadanje cementnega ometa v coklu fasade.

Steno bi bilo potrebno zaščititi še pred vlago zaradi kondenzacije znotraj stene, vendar tega hidroizolacija ne bo rešila. Potrebna je namestitev parne ovire.

3.2.3.3 Zvočna izolacija

Zvočna izolativnost stene je pomembna predvsem na vzhodni in severni strani stavbe. Tu namreč mimo stavbe poteka ena izmed treh najbolj prometnih cest v Tolminu. Cesta je namreč glavna povezava s številnimi vasi med Tolminom in Kobaridom. Večina prebivalcev se namreč vozi na delo ravno v Tolmin. Tako je, kot sem že omenil, občina Tolmin to območje definirala kot 3. območje varstva pred hrupom. Promet je torej glavni povzročitelj zunanjega hrupa v okolici stavbe. Stena je sicer zvočno dobro izolirana, kar je pokazal tudi izračun s programom Hrup13. Stena je masivna, kar odlično duši hrup v zraku. Izračun je pokazal, da je stena ravno dovolj izolirna za 3. območje. Problem pa povzročajo okna, ki predstavljajo oslavitve in prekinitev stene. Po mnenju prebivalcev v prvem nadstropju, je razlika že med starimi in novimi okni očitna [14]. Tega sicer v sklopu te diplomske naloge nisem preverjal. Ob menjavi oken se tako upošteva samo podatke proizvajalcev o zvočni izolirnosti oken in se namesti okna, ki so primernejša za tretje območje varstva pred hrupom.

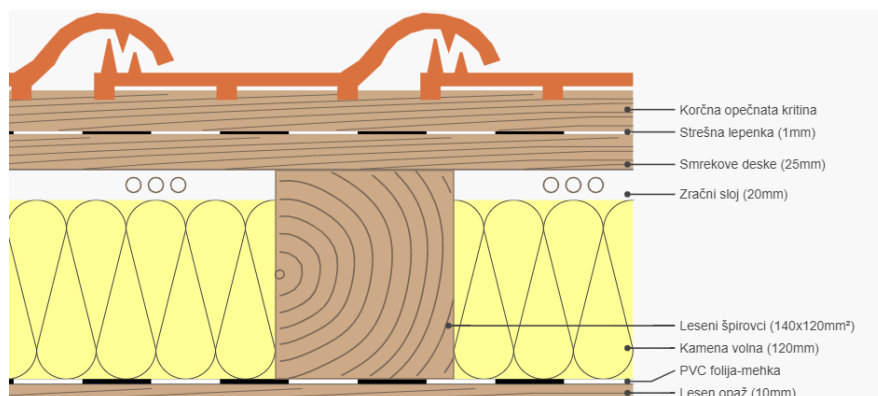
Preglednica 6: Rezultati analize zvočne izolirnosti pred zunanjim hrupom

Zahtevana izolirnost za 3. območje	Izračunana izolirnost stene	Ustreza zahtevam
R_w'	$R_w - \Delta R_w = R_w'$	
60dB	62 dB – 2 dB = 60 dB	DA

3.2.4 POŠEVNA STREHA

Preglednica 7: Lastnosti konstrukcijskega sklopa poševna streha

Poševna streha	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Zunanost	
1. Korčna opečnata kritina	10
2. Lesene letve	5 x 5
3. Strešna lepenka	0,1
4. Smrekove deske	2,5
5. Leseni špirovci	14x12
6. Kamena volna med špirovci	12
7. PVC folija – mehka	0,3
8. Lesen opaz	1
Notranjost	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,384
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,200
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	5,5
Temperatura notranjih površin [°C]	18
Vlažnost notranjih površin [%]	74



Slika 27 : Sestava konstrukcijskega sklopa poševne streha. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranost

Streha je edini konstrukcijski sklop, ki ni izveden v skladu s projektno dokumentacijo. Najprej je potrebno omeniti, da se je pri adaptaciji leta 1989 po nekoliko starejših načrtih načrtovala ravna streha, podobna strehi na sosednji stavbi uprave SGG Tolmin. Tudi izračun gradbene fizike je izveden za ravno streho. Pri opisu sestave konstrukcijskih sklopov je sicer v dokumentaciji opisana poševna streha, a se tudi ta v izvedbi razlikuje od projektirane. Po načrtih je namreč streha prezračevana. Sicer ne gre za klasično prezračevano streho, ki se prezračuje med kontra in vzdolžnimi letvami, ampak bi se prezračevala med špirovci. Za toplotno izolacijo bi se uporabile plošče polistirena v PVC foliji, ki bi bile med špirovci in finalno oblogo. Med gradnjo pa so kot izolacijo uporabili kameno volno, ki so jo namestili med špirovce in tako uničili prezračevanje. Debelina izolacije je sicer manjša od višine špirovcev, vendar ostane zračnega kanala samo 2 cm, kar pa ni dovolj, da se to šteje kot prezračevan konstrukcijski sklop. Poleg tega je kamena volna vlaknast material in zahteva namestitve vetrne zapore v primeru, da je nameščen v prezračevan sklop. Ta pa je nameščena samo na eni strani izolacije. Tako lahko zrak vstopi med vlakna izolacije in ta ni več tako izolativna, kot je bila ob testiranju svojih lastnosti v laboratoriju.

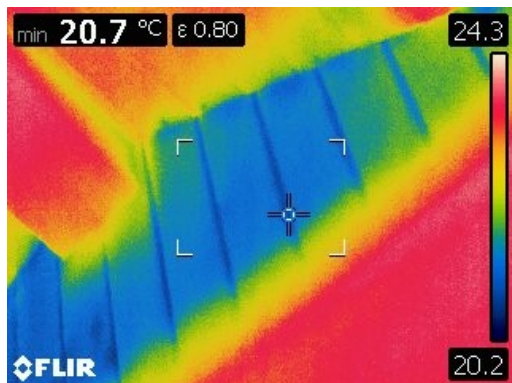
3.2.4.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Kot že opisano, je torej toplotne izolacije tu več kot kjerkoli drugje na stavbnem ovoju, kljub temu pa je U faktor še vedno precej večji od zahtevanega. Dejansko stanje je najverjetneje slabše od izračunanega zaradi prej omenjenega pomanjkanja vetrne zapore. Zračni kanal je namreč premajhen za prezračevanje, dovolj pa je velik, da vanj lahko vstopi zrak, ki nato prodre v vlakna kamene volne. Toplotna izolacija je tako z leti najverjetneje izgubila kar precejšen delež toplotne izolativnosti. Pomembno je tudi dejstvo, da toplotna izolacija med špirovci ni bila pritrjena in se je zaradi majhne togosti z leti posedla in zdrsnila po opažu navzdol. To se je opazilo pri menjavi strešnih oken, saj so bile nekje zaplate brez toplotne izolacije, izolacija pa se je nabirala predvsem nad kapno lego, tako da je na več mestih popolnoma zaprla že tako majhen zračni kanal. Tako je sedaj v strehi veliko toplotnih mostov, kar kaže tudi analiza s toplotno kamero na sliki 15.

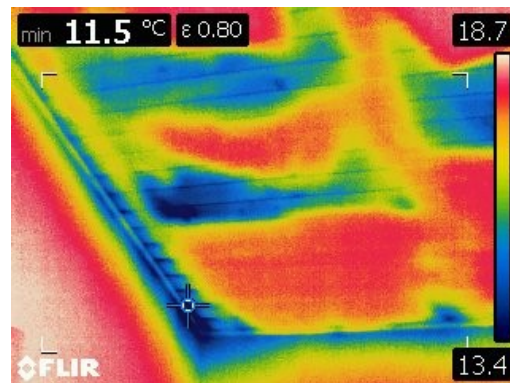
Kar nekaj toplotnih mostov je tudi v ravnem spuščnem stropu, kjer je nameščena cev za prezračevanje, ki pa ni toplotno izolirana in se okoli nje predvsem v hladnem delu leta kondenzira vodna para. Ta kondenz pa pada na toplotno izolacijo iz kamene volne, ki uničuje toplotno izolativne lastnosti kamene volne. Toplotna kamera je namreč tudi na ravnem delu stropa pokazala mesta, kjer je prehod toplote večji kljub temu, da je tu toplotna izolacija nameščena na ravni podlagi in se ne more izmakniti.

Za razliko od strehe in spuščnega stropa, kjer je povsod prisotna toplotna izolacija pa je nekakšna frčada nad zgornjim balkonom, ki je vidna na sliki 13, slabše izolirana. Ta namreč

proti spuščnemu podstrešju ni toplotno izolirana in je tu velik toplotni most. Neizoliran je tudi slemenski nosilec frčade. Oboje je prikazano na sliki 34. Toplotni most se pojavlja še na dimniku, saj je ta narejen samo iz polne opeke, cevi v notranjosti pa niso toplotno izolirane, kot pri sodobnih dimnikih.



Slika 29: Ne izolirana frčada



Slika 28: Geometrijski toplotni mostovi in jasno vidna mesta, kjer je prišlo do zdrsa toplotne izolacije

Temperatura in vlažnost notranjih površin tukaj niti nista pomembna, saj je strop dovolj visok in pri takšnih vrednostih nimata negativnih vplivov na udobje. Vrednosti so namreč podobne razmeram v notranjosti. Fazni zamik je le 5,5 ur, kar je zelo malo. Priporočljivo je namreč, da je ta nekje med 8 in 18 ur [2].

Do kondenzacije vodne pare tu ne prihaja, saj mehka PVC folija deluje kot parna ovira. Z vidika difuzije vodne pare je torej konstrukcijski sklop izveden pravilno. Problem se pojavlja le na ravnem spuščnem stropu zaradi kondenza, ki pada s prezračevalne cevi. Ta povzroča dodatno vlago in je povečana nevarnost nastanka plesni. Ob prenovi je tako nujno treba preveriti, kakšno je stanje v spuščnem stropu.

Detajl križanja poševna streha – zunanja stena nad terenom

Poleg omenjenih toplotnih mostov so tu prisotni tudi že pri zunanji steni omenjeni linijski toplotni mostovi skozi lesene špirovce in geometrijski toplotni mostovi na stiku zunanja stena – streha tako na kapni legi kot na stiku špirovcev v naklonu in notranjih sten.

3.2.4.2 Hidroizolacija

Kot primarna hidroizolacija pred padavinami je tu opečnata kritina, ki deluje kot hidroizolacija z debelino. Kljub temu, da je kritina že stara in dotrajana, se redno vzdržuje, tako da nikjer ne pušča. Pod kritino je tudi sloj sekundarne hidroizolacije iz strešne lepenke, ki je ravno tako izveden korektno. Na strehi so bila zamenjana že vsa strešna okna in nekatere obrobe dimnikov in zračnikov, tako da tudi tu ni nevarnosti zamakanja.

3.2.5 STENE MED STANOVANJI, PROTI OGREVANI SOSEDNJI STAVBI IN PROTI NEOGREVANEMU HODNIKU

To in naslednje poglavje za razliko od prejšnjih, ki so obravnavala zunanji ovoj stavbe, obravnavata notranjo delitev. Stena med stanovanji in proti hodniku je ena stena, ki poteka najprej med dvema stanovanjema nato pa preide v steno proti hodniku. Zelo podoben je tudi konstrukcijski klop stena med stanovanjem in sosednjo stavbo, le da ima nekoliko višji U faktor.

Z vidika toplotne izolacije se obravnava samo del stene proti neogrevanemu hodniku in proti sosednji ogrevani stavbi, z vidika zvočne izolirnosti pa se obravnava le del stene med stanovanjema. Hidroizolacija tu ni potrebna.

Preglednica 8: Lastnosti konstrukcijskega sklopa Stena med stanovanji in proti neogrevanemu hodniku.

Stena med stanovanji in proti neogrevanemu hodniku	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Stanovanja	
1. Apnena malta	3
2. Polna opeka 1200	25
3. Apnena malta	3
Neogrevan hodnik	
U_{dej} [W/(m ² K)]	1,167 / 0,990
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,700 / 0,500
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	/
Temperatura notranjih površin [°C]	19,3
Vlažnost notranjih površin [%]	68

3.2.5.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Toplotna izolacija med stanovanjema ni potrebna, proti sosednji ogrevani stavbi pa mora biti U faktor manjši od 0,5 W/(m²K) in proti neogrevanemu hodniku biti nižji od 0,7 W/m²K, a tudi tu toplotna prehodnost ne ustreza zahtevam. Kljub temu pa to ni kritično, saj je v neogrevanem hodniku in sosednji stavbi še vedno precej visoka temperatura. V hodniku je v hladnem delu leta 16 °C in v toplem 23 °C. Torej je temperaturna razlika med prostori majhna. Problem pa so energijske izgube, saj je v zimskem času tu tako visoka temperatura zaradi prehoda toplote iz stanovanj na hodnik. Torej imamo tu precejšnje energijske izgube, kljub temu da je z vidika udobja stanje povsem v redu. Potrebna je torej namestitev toplotne izolacije, ne da pa se prekiniti toplotnih mostov skozi križanja sten. Kondenzacije ni. Enako kot za steno proti hodniku velja za steno med poslovnimi prostori in neogrevanim hodnikom.

3.2.5.1 Zvočna izolacija

Med stanovanji je treba z vidika zvočnega udobja zagotoviti dovolj veliko zvočno izolirnost stene. Stena je tu masivna, iz polne opeke in dovolj debela, da to ni problem. Že stena med stanovanjema, ki je tanjša, ustreza zahtevam tehnične smernice za zaščito pred hrupom. Stena proti sosednji več stanovanjski stavbi, ki je še debelejša z večjo maso na površino, ima tako še večjo zvočno izolirnost. To se občuti tudi v stanovanjih, saj se zelo redko sliši hrup iz

sosejnega stanovanja. Problem so le vrata na skupni hodnik, ki so oslabitev v steni in se skozi njih dobro sliši govor na stopnišču. Vendar izolirnosti le-teh nisem preverjal.

Preglednica 9: Rezultati analize zvočne izolirnosti pred zvokom v zraku v notranjih prostorih

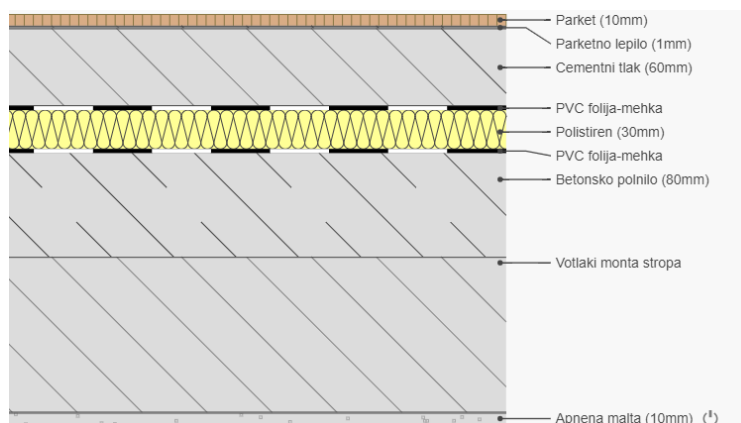
Zahtevana izolirnost za stene med stanovanji	Izračunana izolirnost stene	Ustreza zahtevam
Rw'	$Rw - \Delta R_w = Rw'$	
52dB	55,4 dB – 2 dB = 53,4 dB	DA

Redukcija zaradi bočnega prenosa je upoštevana v skladu s standardom SIST EN 12354-2 [15]. Standard se upošteva tudi pri poglavju zvočna izolacija medetažne konstrukcije.

3.2.6 MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA

Preglednica 10: Lastnosti konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Stanovanja	
1. Finalna obdelava (parket ali keramične ploščice)	1
2. Parketno lepilo	0,1
3. Cementni tlak	6
4. PVC folija- mehka	0,3
5. Stiropor	3
6. PVC folija - mehka	0,3
7. Betonsko polnilo	8
8. Votlaki monta stropa	12
9. Izravnalni sloj iz apnene malte	1
Neogrevan hodnik	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,663
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,350/0,900
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	11
Temperatura notranjih površin [°C]	19,5
Vlažnost notranjih površin [%]	69



Slika 30: Sestava konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija. Zgoraj je stanovanje, spodaj neogrevan hodnik

V programu Ubakus med materiali ni definiranega monta stropa, zato sem predpostavil, da je nosilna konstrukcija sestavljena iz dveh delov, namreč spodaj iz opečnatih votlakov debeline 12 cm ter betonske plošče in polnila zgoraj. Kot polnilo je tu mišljen beton, ki je med votlaki, zato je tudi ta sloj nekoliko širši od klasičnega monta stropa, kjer so ponavadi votlaki visoki 14 cm, betonska plošča pa je debela 6 cm [16]. Poenostavitev sem naredil, da sem lahko določil toplotno izolativnost in zvočno izolirnost nosilne konstrukcije iz različnih materialov, ki v realnosti delujejo kot kompozit.

Hidroizolacija ni potrebna. V kopalnicah pa je pravilno za ploščicami nameščena plast vodo neprepustnega lepila.

3.2.6.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Med stanovanji toplotna izolacija ni potrebna. Drugače pa je proti neogrevanemu hodniku, kjer je U faktor še enkrat višji od zahtevanega ($0,350 \text{ W/(m}^2\text{K)}$). Na nekaterih delih je sicer nameščenih nekaj toplotnoizolacijskih kombi plošč, vendar je debelina izolacije neznana in jo bom v celoti zanemaril. V izračunu se torej upošteva, kot da medetažna konstrukcija ni izolirana. V neogrevanem hodniku so predpostavljeni enaki robni pogoji, kot v prejšnjih poglavjih. Na spodnji strani stropa proti hodniku je torej potrebno namestiti toplotno izolacijo, vendar je ob tem nemogoče rešiti problem toplotnih mostov, ki potekajo skozi stene v medetažno konstrukcijo. Kljub ne dovoljšni toplotni izolaciji medetažne konstrukcije to ni kritično, saj je stanje enako, kot pri prejšnjem poglavju. Z vidika udobja torej ni problematično, kritične pa so energijske izgube. Proti poslovnim enotam pa je U faktor manjši od zahtevanega ($0,900 \text{ W/(m}^2\text{K)}$).

V konstrukcijskem sklopu ne prihaja do difuzije vodne pare, kar je z vidika zdravja v stavbi ugodno. Ravno tako tudi tu nista pomembne temperatura in vlažnost notranji površin. Fazni zamik je v tem primeru 11 ur, a ta ni realen, saj ima že hodnik svoj lasten fazni zamik in je dejanski fazni zamik medetažne konstrukcije neznan.

3.2.6.2 Zvočna izolacija

Medetažna konstrukcija mora biti zvočno izolirna tako proti zvoku v zraku kot proti udarnemu zvoku. Zvok v zraku je predvsem pomemben v lastnem prostoru, udarni zvok pa v prostorih pod stropom. Sama hoja, premikanje lažjih predmetov in manjši hrup niso problematični, saj se nobena od naštetih stvari ne sliši iz enega nadstropja v drugega. Problematične pa so predvsem vibracije naprav kot je pralni stroj, kot tudi vibracije zaradi premikanja težjih kosov pohištva. Vibracije se namreč dobro prenašajo predvsem iz zgornjih nadstropji v spodnje. Tu je glavni problem nepravilnost detajlov v cementnem tlaku. Ta namreč ob stiku z nosilno konstrukcijo ni prekinjen in se vibracije z lahkoto prenašajo iz tal v nosilno konstrukcijo. Sicer pa je sam konstrukcijski sklop dovolj izoliren proti udarnemu zvoku.

Preglednica 11: Rezultati analize zvočne izolirnosti medetažne konstrukcije

Zahtevana izolirnost za stene med stanovanji	Izračunana izolirnost medetažne konstrukcije	Ustreza zahtevam
R_w'	$R_w - \Delta R_w = R_w'$	
52	$60,1 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 58,1 \text{ dB}$	DA
Zahtevana zvočna izolirnostt proti udarnemu zvoku	Zračunana izolirnost medetažne konstrukcije	
Ln_w'	$Ln_w - \Delta Ln_w = Ln_w'$	
55	$27,6 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 25,6 \text{ dB}$	DA

Medtem ko mora biti zvočna izolirnost konstrukcijskega sklopa proti zvoku v zraku večja od predpisane, pa mora biti raven zračnega tlaka udarnega zvoka manjša od predpisov iz tehnične smernice za zaščito pred hrupom [11].

3.2.7 STAVBNO POHIŠTVO

Sicer tu ne gre za konstrukcijski sklop, vendar se vseeno obravnava v tem delu. Enako velja tudi za naslednje poglavje. Sem spadajo vsa vrata in okna – tako znotraj stavbe kot na stavbnem ovoju.

3.2.7.1 Vrata

Preglednica 12: Tabela vrat v stavbi pomembnih z vidika bivalnega udobja in energijskih izgub

Vrsta vrat	Št. starih elementov	Št. novih elementov
Dvokrilna vhodna vrata v vetrolov	1	0
Vhodna vrata v poslovne prostore	1	1
Stranska vhodna vrata v skupni hodnik	0	1
Balkonska vrata	2	2
Vrata iz vetrolova v skupni hodnik	0	1
Vhodna vrata v stanovanja	2	2
Vrata v klet	1	0

Zunanja vrata

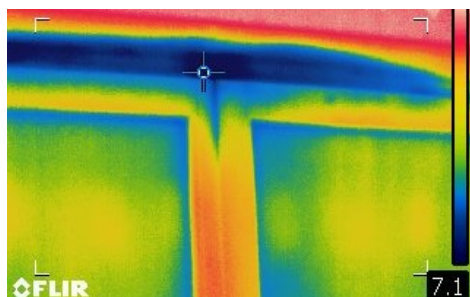
Polovica jih je že bilo zamenjanih, polovica pa je še originalnih iz leta 1989. Nova vrata so dobro tesna, z boljšo toplotno izolativnostjo od starih. Pri vseh vratih gre za kombinacijo aluminija in zasteklitve. Izjema so balkonska vrata, ki imajo plastične okvirje.

Stara vrata pa so izjemno slabo zrakotesna. To velja predvsem za balkonska vrata. Poleg tega so okvirji vseh starih vrat dobro prehodni za toploto. Posledično se na vseh okvirjih pojavljajo toplotni mostovi. Sicer je bolj kot slaba toplotna prehodnost okvirja problem izguba toplote zaradi slabega tesnjenja okvirjev. Z vidika toplotne prehodnosti so najslabša, najmanj tesna dvokrilna vhodna vrata v vetrolov, vendar je vetrolov neogrevan prostor in izolativnost niti ni toliko pomembna. Kljub temu pa bi ob bolj tesnih in toplotno izolativnih vratih imeli manjše izgube.

U faktorja vrat sicer nisem računal, ker je izračun dokaj kompleksen, ampak sem le ocenil, ali je dovoljšen ali ne na podlagi materialov in stanja vrat. Pri novih vratih tako predpostavljam, da je v skladu z zahtevami iz tehnične smernice, torej manjši od $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Nekoliko drugačna od ostalih vrat so balkonska in kletna vrata. Balkonska vrata imajo namreč velik delež zasteklitve, poleg tega pa morajo imeti najboljše toplotno in zvočno izolativne lastnosti, saj so edina zunanja vrata, ki vodijo iz stanovanja direktno v zunanje okolje. Ob slabem tesnjenju in izolativnosti starih balkonskih vrat ob njih prihaja do temperaturne asimetrije, ki je v bivalnih prostorih lahko sila neugodna. Še večji problem kot toplotne izgube in asimetrija pa predstavlja kondenzacija vlage na notranjih stenah ob stiku z okvirjem. Ob okvirju balkonskih vrat tako posledično prihaja do razrasti plesni – slika 31. Okvirji sicer niso zrakotesni, vendar to ni dovolj, da bi se kondenzirana vlaga izsušila tako hitro, da ne bi prišlo do rasti plesni. Slaba tesnost okvirjev hkrati povzroča še slabšo zvočno izolirnost. Predvsem balkonska vrata so torej izredno neugodna tako za energijske izgube kot zdravje. Kletna vrata

pa so železna in ne lesena. Vrata imajo visoko toplotno prevodnost, poleg tega pa so izjemno ne tesna. Kljub temu pa so to vrata v neogrevan prostor in toplotna izolativnost ni pomembna. Hkrati pa je slaba zrakotesnost ugodna z vidika izsuševanja vlage.



Slika 31: Izjemno slabo tesnenje starih balkonskih vrat in slaba izolativnost okvirjev, kar povzroča kondenzacijo vlage okoli okvirja

Notranja vrata

Z vidika prenove so od notranjih vrat pomembna le vhodna vrata iz stanovanj na skupni hodnik. Ta morajo imeti namreč dovoljšno toplotno izolativnost in tesnost, da skozi njih nimamo toplotnih izgub. Z vidika udobja v stanovanjih pa morajo imeti dobro zvočno izolirnost, saj so oslabitev dobro izolativne masivne stene med stanovanji in hodnikom. Predvsem zvočna izolirnost je majhna zaradi slabega tesnjenja in se skozi vrata dobro sliši na hodnik.

3.2.7.2 Okna

Podobno kot vrata, so bila tudi številna okna že zamenjana. Stara okna so lesena z dvojno zasteklitvijo, nova pa so kombinirano aluminijasta – lesena z dvojno zasteklitvijo. V spodnji tabeli so prikazane dimenzije in število posameznih oken ter njihova toplotna prehodnost, ki mora biti v skladu s tehnično smernico manjša od $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pri navadnih in manjša od $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ pri strešnih oknih. Ponovno predpostavim, da nova okna, ki so bila zamenjana pred kratkim, ustrezajo zahtevam tehnične smernice.

Preglednica 13: Tabela oken z zvočno izolativnostjo (viri [17], [18] 2019)

Dimenzije okvirjev a x h [cm]	Št. Starih oken	Št. Novih oken	U faktor starih oken $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$	U faktor novih oken $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$
99x99	7	0	2,4	/
99x169	4	7	2,4	1,3
99x149	1	1	2,4	1,3
99x249	2	4	/	1,3
99x239	1	1	/	1,3
86x81	3	0	Ni pomemben	
78x118 (strešna okna)	0	7	/	1,3

Potrebno je povedati, da so metode izračuna po standardu ISO/FDIS 10077-1 Thermal performances of windows, doors and shutters [18] za stara okna precej konservativne in je lahko napaka pri izračunu velika. Točna pa je toplotna prehodnost strešnih oken Velux, ki je povzeta iz podatkov proizvajalca [17]. Po metodi iz standarda ISO/FDIS 10077-1 sem predpostavil toplotno prehodnost 9 cm širokih okvirjev $U_f = 1,6 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ in toplotno prehodnost dvojne zasteklitve s 4 mm širokim steklom in medstekelnim prostorom širine 16 mm,

napolnjenim z izolativnim plinom $U_g = 2,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Delež okvirja sem predpostavil 30 %, saj je dejansko stanje najbližje tej vrednosti iz standarda. Metode iz standarda se lahko uporabi samo za okna dimenzij do 1,23 m x 1,48 m. Vendar lahko predpostavimo, da imajo tudi večja okna podoben U faktor.

Torej po izračunih in predpostavkah ugotovimo, da nova okna ustrezajo zahtevam tehnične smernice, stara okna pa so daleč od tega. Razlika je tudi v zrakotesnosti. Nova okna tesnijo dobro, stara pa ne, podobno kot pri balkonskih vratih. Razliko so občutili tudi prebivalci v stanovanjih z novimi okni, saj pravijo, da je sedaj potrebno veliko več prezračevanja, da ne prihaja do nastanka plesni. Te pa namreč ob okvirjih ob zadostnem prezračevanju ni več. Torej je rešen tudi problem toplotnih mostov na okvirjih in kondenzacija vodne pare [14]. Pri starih oknih se pojavljajo podobni problemi kot pri starih balkonskih vratih, le da je tu stanje nekoliko boljše.

Pri oknih v kleti toplotna prehodnost ni pomembna saj gre za neogrevan prostor, pomembna pa je zrakotesnost teh oken, vendar so to okna brez kakršnih koli tesnil. To je tudi eden izmed razlogov za nastajanje plesni v kleti, saj se pred okni v svetlobnih jaških zadržuje veliko vlage, ki skozi okno lahko vstopa tudi v notranjost.

3.2.8 SISTEMI ELEKTRO IN STROJNIH INŠTALACIJ

Gre le za splošni opis sistemov v stavbi, saj se sistemi v tem diplomskem delu podrobno ne bodo obravnavali. Posledično v nadaljevanju tudi ne bom podal natančnejše možnosti prenove sistemov.

Stavba ima urejen vodovodni in kanalizacijski sistem, sistem električne napeljave in razsvetljave ter telefonsko in internetno optično napeljavo. Vsi omenjeni sistemi so izvedeni dobro, brez pojavljanja okvar skozi leta obratovanja. Omenjeni sistemi niso potrebni obnove.

Poleg naštetih sistemov je v stavbi prisoten tudi sistem prezračevanja kopalnic. V vseh kopalnicah so namreč v zunanjo steno nameščeni zračniki, ki iz kopalnice vodijo na streho. V kopalnicah je poleg zračnikov nameščen še sistem odvajanja od duha. Prezračuje se tudi prostor med ostrešjem in spuščnim stropom v mansardi.

Z vidika prenove pa je najpomembnejši sistem ogrevanja. Gre za kombiniran sistem centralnega gretja z radiatorji. Kombiniran je v tem smislu, da sta v stavbi možna dva vira ogrevanja. V sistemu centralnih cevi so namreč nameščeni ventili, ki omogočajo spreminjanje vira toplote. Ena možnost pridobivanja toplote je peč na drva, ki je prisotna samo še v enem stanovanju in je povezana na sistem centralnega ogrevanja in omogoča poleg gretja vode v radiatorjih tudi gretje sanitarne vode v boilerju. Stavba torej že ima nameščen sistem ogrevanja, ki za pridobivanje toplote izkorišča obnovljive vire. Druga možnost ogrevanja pa je peč na kurilno olje. Peč je ena sama, nameščena v pritličju v majhni kurilnici. Ta je s sistemom cevi povezana z vsemi stanovanji. Vsako stanovanje ima svoj števec in ventil, tako da se stroški lahko porazdelijo. Gre za peč Ferroli serije GGN-40 z izkoristkom 92,1 % (lasten vir, [19] 2019, podatki so namreč napisani na peči). Izkoristek peči je velik in se je z leti uporabe gotovo zmanjšal. Potrebna je torej ponovna izmera. V kolikor bi se pokazalo, da se je izkoristek zelo zmanjšal, bi bilo potrebno peč zamenjati.

Celoten sistem ogrevanja bi bil sicer potreben optimalizacije, da bi zmanjšali izgube celotnega sistema in hkrati dovedene toplote. V izračune se ne bom poglobljal, saj je izračun dovedene toplote odvisen od vrste in lastnosti sistema ogrevanja, kar pa ni v pristojnosti gradbeništva. Tako dovedene toplote tudi pri energijski bilanci ne bom obravnaval.

4. ENERGIJSKA BILANCA OBSTOJEČEGA STANJA

Izboljšanje energijske učinkovitosti stavb je največji dejavnik, ki pripomore k zmanjšanju rabe energije, povezane z delovanjem in uporabo stavb. Energijska učinkovitost stavb pa je v prvi vrsti povezana z gradbeno zasnovo objektov in šele nato z učinkovitostjo raznih sistemov, kot so ogrevanje, hlajenje in prezračevanje. Tako je potrebno v največji meri skrbeti za pravilno zasnovo konstrukcijskih sklopov oziroma stavbnega ovoja. Poleg tega pa mora biti objekt vključno z vsemi sistemi načrtovan tako, da je raba energije ob upoštevanju podnebja in uporabnikov majhna.

V ta namen PURES 2010 zahteva ocenjevanje rabe energije v stavbah in izračun energijske bilance z upoštevanjem energije, ki je potrebna za ogrevanje in hlajenje. V sklopu energijske bilance se preverja količnik specifičnih transmisijских izgub H'_T , ki je razmerje med količnikom transmisijских izgub in površino ovoja stavbe. Preverjata se še letni toploti, ki sta potrebni za hlajenje (Q_{NC}) in ogrevanje (Q_{NH}) stavbe, le-ti nas hkrati tudi najbolj zanimata. Za izračun energetske bilance pa so poleg transmisijских izgub skozi stavbni ovoj ključne tudi ventilacijske izgube, notranji viri toplote in solarni dobitki.

V nadaljevanju se torej s programom KI Energija izračuna energijska bilanca obstoječega stanja. Količina dovedene toplote se pri analizi ne upošteva, saj je ta odvisna od sistema ogrevanja, ki pa se v programu ne definira. Kljub temu pa imam podatek o dejanskem stanju porabe kurilnega olja za obdobje od leta 1997 do leta 2016. Od tega se je cela stavba ogrevala na kurilno olje samo od leta 1998 do leta 2009. V ostalih letih pa je vsaj eno stanovanje uporabljalo za ogrevanje peč na drva. Za določitev povprečne porabe sem torej upošteval le leta, ko se je za ogrevanje uporabljalo samo kurilno olje. Povprečna poraba znaša $6,8 \text{ l/m}^2$. Vidimo, da je poraba večja v mansardah, kar je povsem logično, saj je tu več izgub zaradi večje površine stavbnega ovoja.

Preglednica 14: Podatki porabe kurilnega olja od leta 1998 do 2009 (lasten vir 2019)

Povprečna letna poraba [l]	1543,1
Stanovanje 1: $40,5 \text{ m}^2$	309,0
Stanovanje 2: 73 m^2	347,1
Stanovanje 3: $46,5 \text{ m}^2$	328,6
Stanovanje 4: 67 m^2	558,4

4.1 RAZDELITEV STAVBE NA TOPLOTNE CONE

Temperaturna cona je del stavbe, ki se ogreva in/ali hladi na enako temperaturo. Stavba ima 3 toplotne cone: Poslovni prostori v pritličju, neogrevan skupni hodnik med stanovanji in stanovanja. Od treh con se obravnavata le slednji. Cono poslovni prostori pa se upošteva tako, da se definira kot stik med conami. Medetažno konstrukcijo med stanovanji in poslovnimi prostori se definira kot medetažno konstrukcijo proti ogrevanim prostorom različnih enot. Enako se stori s steno v hodniku proti poslovnim prostorom. Prva cona stanovanj je ogrevana, druga cona skupni hodnik pa ne. Bilanca se izračuna za vsako cono posebej, na koncu pa se coni seštejeta. Podatki o posameznih conah so predstavljeni v preglednicah 14 do 25. Cona stanovanja obsega vsa 4 stanovanja skupaj, cona skupni hodnik pa obsega skupne prostore v obeh nadstropjih in pritličju. Na slikah 5 in 6 vidimo, da ta cona obsega v obeh nadstropjih stopnice, v pritličju pa poleg stopnic še vhodno avlo.

4.2 VHODNI PODATKI

Vsi vhodni podatki so predstavljeni v preglednicah 15 do 25. Vhodni podatki o sistemih ostanejo enaki, kot pri testnem projektu, ki je definiran v programu.

Preglednica 15: Splošni podatki o stavbi

Vrsta stavbe	Večstanovanjska stavba z poslovnimi prostori v pritličju	
Kraj	Tolmin	
Koordinate lokacije	Y: 402425	X: 116391
Računsko podnebje	Primorsko	
Toplotna prevodnost zemljine [W/mK]	2	
Št. Etaž	3	

4.2.1 CONA STANOVANJA

Preglednica 16: Splošni podatki o coni

Namembnost	Tri in več stanovanjske stavbe	
Število etaž	2	
Svetla višina etaže [m]	2,5	
Ogrevana prostornina [m ³]	Neto : 568,75	Bruto: 700,05
Neto uporabna površina [m ²]	227,5	
Širina x dolžina [m]	8,1 x 17,8	
Št. Stanovanj	4	
Notranja temperatura [°C]	Poleti: 24,0	Pozimi: 20,5
Notranji viri [W/m ²]	Poleti: 5,2	Pozimi: 4,0
Način gradnje	Težka gradnja	
Barva fasade	Svetla	
Št. Izmenjav zraka poleti [h ⁻¹]	Dan: 0,5	Noč: 0,9
Št. Izmenjav zraka pozimi [h ⁻¹]	Dan: 0,6	Noč: 0,5

Število izmenjav zraka je bilo nekoliko problematično določiti, saj se meritev ni opravljalo in se stanje le predpostavlja. Poleg tega je nekaj oken že zamenjanih in tesnijo bolje kot stara. Po drugi strani pa je zaradi večje zrakotesnosti potrebno več prezračevanja. Na podlagi tega sem predpostavil vrednosti v zgornji tabeli. Poleti se v nočnem času velikokrat prezračuje s prepihom, zato je vrednost toliko višja.

Preglednica 17: Podatki o ne transparentnih delih stavbnega ovoja

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/(m ² K)]
Zunanja severna stena	40,9	0,978
Zunanja južna stena	37,3	0,978
Zunanja vzhodna stena	78,4	0,978
Zunanja zahodna stena	38,3	0,978
Poševna streha	154,4	0,290
Strop nad vetrolovom	4,0	0,745

Preglednica 18: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/(m ² K)]
Medetažna konstrukcija proti coni 2	13,6	0,768
Stena proti ogrevanemu stanovanjskemu bloku	25,0	0,975
Stena proti coni 2	23,5	1,930
Vrata proti coni 2	8,0	2,194
Medetažna konstrukcija proti poslovnim prostorom	124,3	0,768

Tu sem definiral še lesena vrata iz stanovanj na skupni hodnik.

Preglednica 20: Transparentni del stavbnega ovoja

Lokacija zasteklitve	Površina [m ²]
Severna fasada	6,3
Južna fasada	9,9
Vzhodna fasada	13,3
Zahodna fasada	12,9
Strešna okna zahod	3,7
Strešna okna vzhod	2,8

Preglednica 19: Podatki o toplotnih mostovih

Toplotni most	Dolžina [m]	Ψ [W/(Mk)]
Balkoni	16,9	0,85
Horizontalna vez pod kapno lego	54,6	0,55
Geometrijski toplotni most na zunanjih vogalih	19,6	-0,05

Vseh toplotnih mostov se ni dalo definirati, saj program to onemogoča. Tako na primer manjkajo toplotni mostovi ob okenskih okvirjih. Večina oken na zahodni fasadi je senčenih tako s sosednjimi objekti kot tudi z nadstreškom, kar je upoštevano v izračunu. U faktorji oken se sicer nekoliko razlikujejo od predpostavljenih v poglavju stavbno pohištvo, a so razlike zelo majhne.

4.2.2 CONA SKUPNI HODNIK

Preglednica 21: Splošni podatki o coni

Namembnost	Tri in več stanovanjske stavbe	
Število etaž	3	
Svetla višina etaže [m]	2,5	
Ogrevana prostornina [m ³]	Neto : 96,25	Bruto: 120,05
Neto uporabna površina [m ²]	38,50	
Širina x dolžina [m]	5,20 x 5,65	
Št. Stanovanj	0	
Notranja temperatura [°C]	Poleti: 26	Pozimi: 16
Notranji viri [W/m ²]	Poleti: 0,5	Pozimi: 0,3
Način gradnje	Težka gradnja	
Barva fasade	Svetla	
Št. Izmenjav zraka poleti [h ⁻¹]	Dan: 0,2	Noč: 0,2
Št. Izmenjav zraka pozimi [h ⁻¹]	Dan: 0,2	Noč: 0,2

Za višino etaže sem izbral neko povprečno vrednost, saj se ta predvsem na stopnicah spreminja. Širino in dolžino sem izbral največjo možno. To so dimenzije avle v pritličju. O predpostavljenih notranjih temperaturah sem pisal že v prejšnjih poglavjih. Potrebno je omeniti le, da je poletna temperatura višja od dejanske, to pa zaradi tega, da je program ne zazna kot potrebe po hlajenju v poletnem času, saj dejanske potrebe po hlajenju v tej coni ni. Notranji viri so reducirani. Se pravi toplota, ki jo sevajo napeljave in toplota, ki prehaja skozi steno iz stanovanj. Ravno tako je reducirano število izmenjav zraka. Cona se namreč prezračuje le

skozi slabo tesnjenje vhodnih vrat in pri odpiranju vhodnih vrat zaradi vstopa in izstopa iz stavbe. Omenjene redukcije so predpostavljene.

Preglednica 22: Podatki o ne transparentnih delih stavbnega ovoja

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/(m ² K)]
Zunanja lesena stena vetrolova	2,2	0,131
Zunanja zahodna stena	2,9	0,978
Tla na terenu	13,7	0,448

Zunanja stena proti vetrolovu je lesena in delno zastekljena. Je zelo netesna in ima zelo velik U faktor. Izgube so torej tu največje. Pri tleh na terenu ponovno prihaja do odstopanja U faktorja.

Preglednica 23: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/(m ² K)]
Stene proti stanovanjem	23,5	1,147
Stena proti ogrevanemu stanovanjskemu bloku	17,5	0,975
Stena proti poslovnim prostorom	35,9	0,775
Vrata proti coni 1	8,0	2,194

Preglednica 25: Transparentni deli stavbnega ovoja

Preglednica 24: Podatki o toplotnih mostovih

Lokacija zasteklitve	Površina [m ²]
Zahodna vrata	2,0
Vzhodna vrata	1,8
Strešna okna	1,8

Toplotni most	Dolžina [m]	Ψ [W/(mK)]
Križanje tla na terenu - zunanja stena	3,4	0,55
Geometrijski toplotni most na stiku streha - stena	2,4	0,55

4.3 ANALIZA REZULTATOV

Preglednica 26: Analiza stavbe

Uporabna površina (m ²)	266
Neto ogrevana prostornina (m ³)	665
Površina ovoja (m ²)	435
Faktor oblike (m ⁻¹)	0,53

Preglednica 27: Rezultati energijske balance

	Izračunano	Dovoljeno	Ustrezno
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi ovoj z dodatkom toplotnih mostov H_T' [W/(m ² K)]	0,902	0,423	NE
Letna toplota potrebna za gretje Q_{NH} [kWh]	28545	/	/
Letni hlad potreben za hlajenje Q_{NC} [kWh]	243	/	/
Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ²]	107,3	29,3	NE
Specifični letni potrebni hlad za hlajenje [kWh/m ²]	0,9	50	DA

Kot vidimo, je stanje slabo. Po PURES-u 2010 ustreza samo specifičen letno potrebni hlad za ohlajanje, kar je tudi pričakovano, saj gre za masivno stavbo z velikim faznim zamikom in ne

prihaja do pregrevanja. Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje pa je skoraj štirikrat večja od dovoljene. Energijskih izgub je torej veliko, kar pa ni dobro tako iz ekonomičnega vidika kot tudi iz vidika temperaturnega udobja v stavbi.

Preglednica 28: Količina izgub in dobitkov

Izgube in dobitki	(kWh)
Transmisijske izgube	37314
Ventilacijske izgube	10731
Skupne izgube	48045
Notranji viri	8854
Solarni dobitki	5612
Skupni dobitki	14466

Vidimo, da je izgub veliko več kot dobitkov. Predvsem so zelo velike transmisijske izgube. To pa je tudi pričakovano, saj so to izgube skozi stavbni ovoj in so v največji meri odvisne od U faktorja transparentnega in ne transparentnega dela stavbnega ovoja. Ugotovili pa smo, da je to daleč od zahtev PURES-a 2010. Ventilacijske izgube so velike predvsem zaradi upoštevanja slabega tesnjenja oken pri številu izmenjav zraka. Ključno je, da se pri prenovi zmanjšajo tako transmisijske kot ventilacijske izgube.

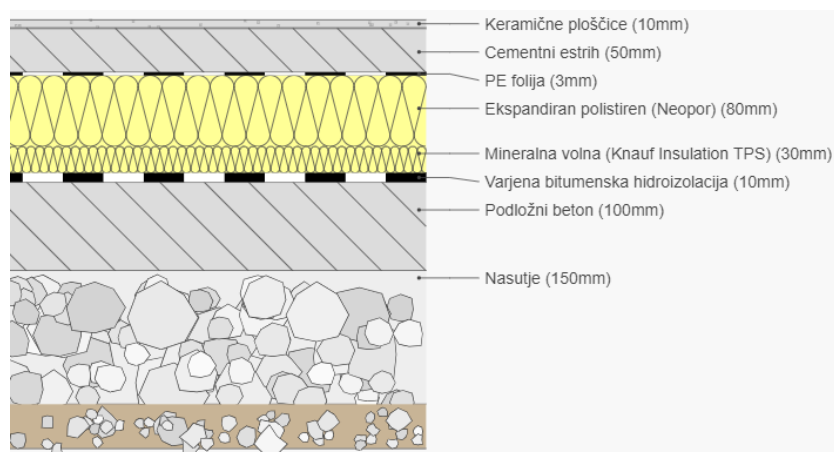
5 PRIMER PRENOVE

Glede na opisano stanje, je potrebno izvesti celovito prenovu tako stavbnega ovoja kot tudi nekaterih konstrukcijskih sklopov znotraj stavbe. Pri tem se izključi prenova nosilne konstrukcije, saj le-ta ni predmet tega diplomskega dela. Potrebno je torej izvesti prenovu konstrukcijskih sklopov tako, da bo njihova toplotna zaščita ustrezala zahtevam PURES-a 2010, zvočna zaščita ustrezala zahtevam Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah ter da bo hidroizolacijska zaščita povsod izvedena kvalitetno in bo vstop vlage in vode v stavbo onemogočen. Za doseg teh ciljev se uporabi sodobne materiale, ki so zdravi in uporabnikom prijazni.

V naslednjih podpoglavjih bom za vsak konstrukcijski sklop predstavil enega izmed možnih primerov prenove tega konstrukcijskega sklopa z vidika toplotne, zvočne in hidroizolacijske zaščite. Potrebno je odpraviti nepravilnosti, ki so opisane v tretjem poglavju. Za analizo prenovljenih konstrukcijskih sklopov se uporabljajo enaka programska orodja kot v prvem delu diplomskega dela. V kolikor je to le možno, se je potrebno pri načrtovanju prenove držati napotkov za kvalitetno izvedbo konstrukcijskih sklopov omenjenih v poglavju 3.2.

5.1 TLA NA TERENU

Tla na terenu se ponovno razdeli na tla na terenu v kleti in na tla na terenu v pritličju. Konstrukcijski sklop tla na terenu v kleti ostane nespremenjen tudi po prenovi. Toplotna in zvočna izolacija tu nista potrebni, hidroizolacija pa je že izvedena kvalitetno. Tako je samo potrebno temeljito pregledati tla ter odkriti in popraviti morebitne preboje v hidroizolaciji. Z vidika hidroizolacije je potrebno sanirati le detajl križanja tla na terenu v kleti – zunanja stena pod terenom, a je detajl enak kot pri križanju tal na terenu v pritličju in zunanje stene nad terenom in ga bom obravnaval tam.



Slika 32: Sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju po prenovi. Zgoraj je notranjost, spodaj pa teren

Preglednica 29: Lastnosti in sestava konstrukcijskega sklopa tla na terenu v pritličju po prenovi. Za izračun U faktorja se upošteva samo prvih sedem slojev

Tla v pritličju po prenovi	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Notranjost	
1. FO (keramika/parket)	1
2. Lepilo za finalno obdelavo	0,5
3. Cementni estrih	5
4. Ločilni sloj – PE folija	3
5. Ekspandiran polistiren (Fragmat neo super 100)	8
6. Mineralna volna (Knauf insulation naturboard TPS)	3
7. Hidroizolacija	1
8. Podložni beton	10
9. Nasutje	15-20
Teren	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,277
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,350
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	/
Temperatura notranjih površin [°C]	19,4
Vlažnost notranjih površin [%]	67

5.1.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Tu pa je potrebno namestiti toliko toplotne izolacije, da bo toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa ustrezala zahtevam tehnične smernice. Iz obstoječih tal se odstranijo finalna obdelava, cementni tlak in sloj polistirena. Ohranita pa se obstoječ podložni beton in varjen bitumenski trak. Na hidroizolacijo se položi plast mineralne volne proizvajalca Knauf insulation [20], ki deluje kot prožni zvočno izolacijski sloj v okviru plavajočega poda. Nanjo se položi sloj ekspaniranega polistirena z toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,032$ W/(mK) [21]. Na vrhu pa se izvede klasičen cementni estrih v vlažni izvedbi. Cementni estrih se na stikih z nosilno konstrukcijo prekine s stirotrakom iz polistirena. Celotno sestavo in lastnosti konstrukcijskega sklopa vidimo na sliki 37 in v preglednici 29. Iz opisa vidimo, da se izvede klasičen plavajoči pod, ki zagotavlja zvočno udobje v prostoru tako z vidika hrupa v zraku zaradi hoje kot z vidika udarnega zvoka. Zvočne izolacije se tako v sklopu tega konstrukcijskega sklopa ne obravnava več. Kljub temu, da se svetla etažna višina po prenovi zmanjša, je ta 2,525 m, kar je še vedno dovolj. Svetla etažna višina se namreč zniža samo za 7,5 cm.

Enako izvedbo se naredi tudi na medetažni konstrukciji nad kletjo. Nad nosilno konstrukcijo se namestijo sloji od 1 do 5, kjer je sloj 1 v notranjem ogrevanem prostoru. Zahteve tehnične smernice so tu enake, kot za tla na terenu. Svetla etažna višina bo tudi tu 2,525 m.

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa sedaj ustreza zahtevam tehnične smernice. Temperatura in relativna vlažnost notranjih površin sta sedaj skoraj enaki razmeram v prostoru, tako da ne prihaja več do temperaturne asimetrije in je zagotovljeno toplotno udobje. Do kondenzacije znotraj konstrukcijskega sklopa ne prihaja več.

Detajl križanja tla na terenu – zunanja stena

Potrebno je s toplotno izolacijo izolirati tudi pasovne temelje na križanju tla na terenu – zunanja stena. To se izvede tako, da se ob pasovnih temeljih odstrani podložni beton in se do pete temelja ob temelju do nivoja hidroizolacije na tleh namesti toplotna izolacija v enaki debelini, kot je uporabljena pri tleh na terenu (8 cm). Ekspandiran polistiren je odporen na vlago, torej ni potrebno, da je ta hidroizoliran. Toplotna izolacija temelja in križanja tla – stena je torej izvedena s prekrivanjem. Problem toplotnega mostu na križanju je rešen, saj se enaka izvedba ponovi na zunanji strani temelja. Toplotna izolacija se namesti samo na križanju v pritličju, ne pa tudi v kleti.

5.1.2 Hidroizolacija

Kot sem že omenil, je obstoječa hidroizolacija izvedena kvalitetno in se je ne menja, temveč se jo samo temeljito pregleda in sanira potencialna šibka mesta.

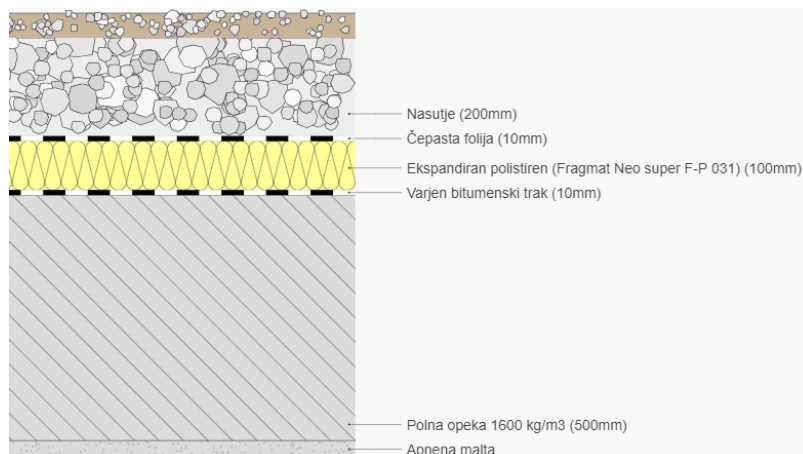
Detajl križanja tla na terenu – zunanja stena

V nasprotju s tlemi na terenu pasovni temelji niso hidroizolirani. Hidroizolacija stene nad temeljem oz. križanja tla na terenu – zunanja stena se izvede z brizganjem vodoneprepustne suspenzije v steno nad temeljem. Stena je namreč delno opečnata delno kamnita in je primerna za injiciranje. Steno se tako injicira nad temelji po celotnem tlorsu na takšni višini, da bo vodo neprepustna suspenzija ob zaplnitvi vseh por sovpadala z ravnino varjenega bitumenskega traku.

5.2 ZUNANJA STENA POD TERENOM

Preglednica 30: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena pod terenom po prenovi. Za izračun U faktorja se upoštevajo samo sloji 1 - 5

Zunanja stena pod terenom po prenovi	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Notranjost	
1. Apnena malta	3
2. Polna opeka 1600	50
3. Hladen bitumenski premaz	0,3
4. Hidroizolacija (varjeni bitumenski trakovi v dveh plasteh)	1
5. Ekspandiran polistiren (Fragmat neo super F - P 031)	10
6. Čepasta folija	1
7. Nasutje	20
Teren	
Spodnje vrednosti veljajo samo na mestu križanja tla na terenu v pritličju – zunanja stena pod terenom in na globini 1m od kote terena	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,242
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,350
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE



Slika 33: Sestava konstrukcijskega sklopa zunanja stena pod terenom do 1 m pod koto terena. Zgoraj je teren, spodaj pa notranjost (lasten vir 2019)

5.2.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Toplotna izolacija na celotni višini stene ni potrebna. Potrebna je samo ob steni do globine zmrzovanja, da se steno zaščiti pred zmrzovanjem in se posledično s prekrivanjem toplotne izolacije na mestu križanja zunanja stena – tla na terenu v pritličju prekrine toplotni most. Da smo na varni strani, se toplotno izolacijo od kota terena namesti 1 m globoko. Uporabi se enaka vrsta in debelina toplotne izolacije, kot na zunanji steni nad terenom. Za toplotno izolacijski material sem si izbral Fragmatov Neo super F-P 031 [22]. Toplotna izolacija je odporna na vlago, zato je primerna za vgradnjo pod teren. Toplotno izolacijo se lepi na podlago z zato primernim lepilom, ki ne vsebuje topil, škodljivih toplotni izolaciji.

5.2.2 Hidroizolacija

Steno je potrebno zaščititi pred vlago in meteorno vodo. Izvede se popoln odkop stene pod terenom do pete pasovnih temeljev. Steno se očisti, nanjo nanese hladni bitumenski premaz in privari en sloj bitumenskega traku. Ob pasovnih temeljih se namesti trikotno letev, da se voda odvede stran od temeljev. Ob peti temeljev se izvede vertikalno drenažo z drenažno cevjo v drenažnem filcu. Po zasutju stene se okoli stavbe ponovno izvede beton v naklonu stran od stavbe, tako kot je že v obstoječem stanju.

Problem pa povzroča stena pod terenom proti terenu pod pritličjem stavbe oziroma južna stena kleti. Tu je omenjena izvedba nemogoča, oziroma bi bili njeni stroški zelo veliki zaradi zahtevnejše tehnologije izvedbe. Problem se delno reši z vertikalno drenažo okoli stavbe na nivoju pete pritličnih pasovnih temeljev. Pred meteorno vodo je tako stena pod stavbo zaščitena. Še vedno pa ni zaščitena pred vlago. Na srečo je zemljina pod stavbo predvsem prod, ki se je skozi zgodovino odlagal na dno Tolminske kotline in so torej tla dobro prepustna. Posledično se vlaga v tleh ne zadržuje dolgo. V kolikor bi hoteli klet popolnoma zaščititi pred vlago, bi bilo potrebno na notranjo stran južne stene kleti nanesti hladni bitumenski premaz, na katerega bi se privaril bitumenski trak.

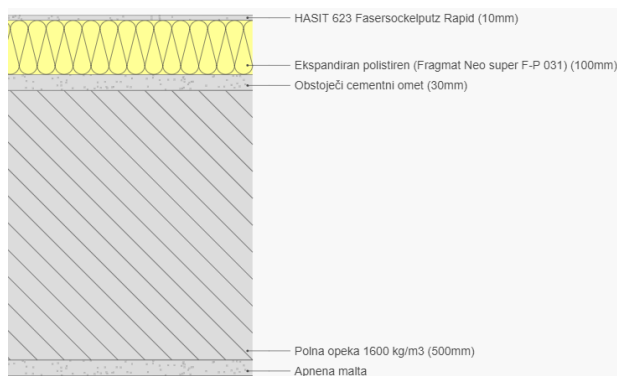
Potrebno je preprečiti še vstop vlage v klet skozi svetlobne jaške. Najlažja rešitev je, da se svetlobne jaške nadomesti z novimi prefabriciranimi svetlobnimi jaški, s katerimi je mogoča povsem vodotesna izvedba, na dnu pa imajo sifon za odvodnjavanje meteorne vode. Odvodnjavanje se spelje v bližnji sistem odvodnjavanja ulice Brunov drevored. Potrebno je paziti, da se izbere jaške, ki prenesejo obremenitev vozil, saj mimo jaškov poteka asfaltna cesta med ulico Brunov drevored in parkiriščem za stavbo. Ena izmed možnih izbir so svetlobni jaški podjetja ACO [23], ki izpolnjujejo vse zgoraj opisane zahteve.

5.3 ZUNANJA STENA NAD TERENOM

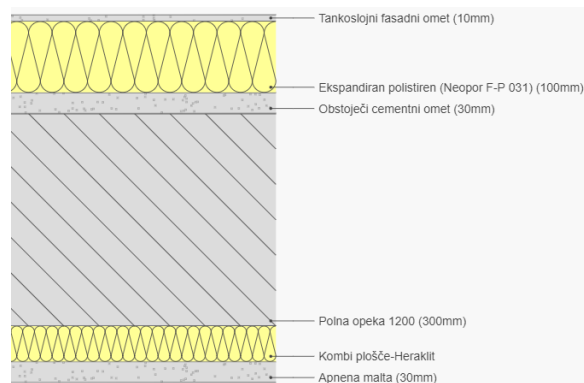
Nov fasadni ovoj se nanese enako na oba dela stene, ne glede na to, ali je del stene v obstoječem stanju toplotno izoliran ali ne. Tako bo celotna fasada v isti ravnini in ne prihaja do nepotrebnih izbočenj na fasadi zaradi različne debeline toplotne izolacije. Razlika med izoliranim in neizoliranim delom je prikazana v preglednici 31 in na slikah 39 in 40. Vsi obstoječi izbočeni elementi na fasadi (Slika 19) se lahko ohranijo ali pa odstranijo. Upošteva se želje stanovalcev.

Preglednica 31: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa zunanja stena nad terenom po prenovi

Zunanja stena nad terenom po prenovi			
Predhodno neizoliran del stene		Predhodno izoliran del stene	
Število in material sloja	Debelina [cm]	Število in material sloja	Debelina [cm]
Notranjost		Notranjost	
1. Apnena malta	3	1. Apnena malta	3
2. Polna opeka 1600	50	2. Kombi plošče heraklit	5
3. Ekspandiran polistiren (Fragmat Neo super F-P 031)	10	3. Polna opeka 1200	30
4. Armirna mrežica v fasadnem lepilu	0,7	4. Ekspandiran polistiren (Fragmat Neo super F-P 031)	10
5. Zaključni sloj	0,3	5. Armirna mrežica v fasadnem lepilu	0,7
Zunanost		4. Zaključni sloj	0,3
		Zunanost	
U_{dej} [W/(m²K)]		U_{dej} [W/(m²K)]	
0,241		0,216	
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m²K)]		Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m²K)]	
0,280		0,280	
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)		Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	
NE		NE	
Sloj kondenzacije		Sloj kondenzacije	
/		/	
Čas izsuševanja [dan]		Čas izsuševanja [dan]	
/		/	
Fazni zamik [h]		Fazni zamik [h]	
24		24	
Temperatura notranjih površin [°C]		Temperatura notranjih površin [°C]	
19,2		19,3	
Vlažnost notranjih površin [%]		Vlažnost notranjih površin [%]	
68		68	



Slika 34: Sestava konstrukcijskega sklopa predhodno neizolirane zunanje stene nad terenom. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranost (lasten vir 2019)



Slika 35: Sestava konstrukcijskega sklopa predhodno izolirane zunanje stene nad terenom. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranost (lasten vir 2019)

5.3.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Odločil sem se za namestitev toplotne izolacije na zunanjo stran stene, saj s tem ne izgubimo notranje uporabne bivalne površine, poleg tega pa lažje rešimo toplotne mostove na fasadi.

Na obstoječi fasadni cementni omet se z za to primernim lepilom lepi toplotno izolacijo, ki je kot že omenjena, Fragmatov Neo super F-P 031 [23] (Slika 41). Debelina izolacije je 10 cm, saj le-ta že zadostuje zahtevam tehnične smernice glede U faktorja zunanje stene. Lahko bi uporabili tudi debelino toplotne izolacije 9 cm, vendar si izberemo 10 cm, da smo bolj na varni strani. Nižji U faktor pripomore tudi k manjšim energijskim izgubam. Eden izmed glavnih razlogov za izbiro takšnega toplotno izolacijskega materiala je, poleg možnosti uporabe tako v suhih kot vlažnih okoljih, zelo nizka toplotna prevodnost materiala. Ta je namreč le 0,032 W/mK. To nam omogoči uporabo do 20 % tanjšega sloja toplotne izolacije kot pri klasičnih toplotnih izolacijah, kot so sta navadni polistiren in kamena volna [2]. Tanjši sloj toplotne izolacije je namreč ključen, saj je že tako debelina obstoječega konstrukcijskega sklopa precejšnja, kar pa je neugodno predvsem z vidika svetlobnega udobja v stavbah. Z večanjem debeline stavbnega ovoja se manjša količina svetlobe, ki pride skozi odprtine v notranje prostore. Vemo pa, da je predvsem kvalitetno svetlobno okolje ključnega pomena za doseganje zdravega in udobnega notranjega okolja. Edini problem pri prenovljenem stanju predstavlja dolg fazni zamik, ki znaša 24 ur. Toplotni odziv zunanje stene je torej izjemno dolg. To bi lahko bilo slabo z vidika prekrivanja najvišjih temperatur različnih dni predvsem v poletnem času in bi lahko posledično ponovno prišlo do pregrevanja notranjih prostorov, kljub dovolj velikemu sloju toplotne izolacije.



Slika 36: Neo super F-P 031 (vir: [22])

Nekaj toplotnih mostov se z izolacijo fasade reši, nekatere pa je potrebno podrobneje obravnavati. Tako je na primer rešen toplotni most na horizontalni vezi pod kapno lego, rešen je tudi problem geometrijskega toplotnega mostu na zunanjih vogalih fasade. Ta je sicer še vedno prisoten, a zelo manjši kot prej. Na vogalih je tako nujno potrebno izvesti kvalitetno preklapljanje toplotno izolacijskih plošč. Povsem pa ne rešimo problema točkovnih toplotnih mostov skozi razne nosilce. Balkonske nadstreške na sliki 28 in njihove nosilce se med obnovo odstrani in se jih po obnovi ponovno namesti. Največji problem pa predstavljajo toplotni mostovi skozi balkonske konzole. Ena izmed možnosti, vendar težko izvedljiva, bi bila popolna nadomestitev obstoječih betonskih balkonov z lesenimi. Tako bi namesto linijskih imeli

točkovne toplotne mostove, toplotne izgube pa bi bile precej manjše. Druga možnost pa bi bila, da balkone povsem oblečemo v toplotno izolacijo. Uporabi se enaka toplotna izolacija kot na tleh v pritličju, saj ima dovolj veliko tlačno trdnost, da je pohodna. Toplotno izolacijo je potrebno sidrati v nosilno konstrukcijo. Problematičen je predvsem estetski izgled takšne rešitve, saj bi bila višina balkonov po prenovi okoli 30 cm, kar je zelo veliko. Višina bi se nekoliko zmanjšala, če bi odstranili obstoječo finalno oblogo. Toplotno izolacijo je v tem primeru potrebno izvesti v naklonu stran od stanovanj, saj bi dobili stopnico iz notranjosti navzgor, ker bi bila finalna obdelava balkona višja kot finalna obdelava v stanovanju, zato moramo preprečiti nevarnost vdora vode v stanovanja. Sam menim, da je druga možnost boljša kljub pomanjkljivostim predvsem zaradi lažje izvedbe. Linijskih toplotnih mostov skozi špirovce se ne da rešiti, saj ti ostanejo kljub temu, da okoli njih namestimo toplotno izolacijo. Ostane tudi toplotni most na stiku zunanje stene z zunanjo steno sosednjega objekta. Ta toplotni most bi rešili edino tako, da bi izolirali tudi sosednji objekt. Toplotno se izolira tudi pasovne temelje in steno med njimi in koto terena, da se prekine toplotni most na križanju zunanja stena nad terenom – tla na terenu v pritličju. Ostanejo tudi toplotni mostovi na roletnih omaricah, vendar bi te lahko rešili samo z namestitvijo zunanjih senčil ali bolj izolativnih roletnih omaric.

Temperatura in vlažnost notranjih površin je sedaj skoraj enaka, kot v notranjem prostoru, kar je s toplotnega udobja zelo dobro. Do kondenzacije vodne pare znotraj konstrukcijskega sklopa ne prihaja več. Predvsem je to pomembno pri predhodno izoliranem delu stene, kjer je bilo stanje najslabše. Poleg tega pa je z vidika difuzije vodne pare položaj toplotne izolacije v plašču bolj neugoden, kot položaj toplotne izolacije zunaj. Pri zaključnem ometu je potrebno paziti, da ima ta dovolj nizko difuzijsko odpornost. V nasprotnem primeru se lahko ponovno pojavi kondenzacija znotraj konstrukcijskega sklopa predvsem v sloju toplotne izolacije na zunanji strani stene. Zato je potrebno za zaključni sloj fasade uporabljati akrilne barve, ki dobro prepuščajo vodno paro. Nevarnosti za nastanek plesni na notranjih površinah stene sedaj ni več. Z menjavo oken se znebimo konstrukcijskih mostov ob okvirjih in slabega tesnjenja, torej tudi tu ne bo več prihajalo do kondenzacije in razrasti plesni.

5.3.2 Hidroizolacija

Hidroizolacija je tudi sedaj izvedena hkrati z debelino, poleg tega pa je lepilo za lepljenje armirne mrežice vodoneprepustno in tankoslojni fasadni omet deluje tudi kot neprepustna membrana.

Potrebna je izvedba fasadnega cokla. Ob vznožju fasade se odkoplje teren do dna pasovnih temeljev. Temelje in steno do 60 cm nad koto terena se očisti in premaže s hladnim bitumenskim premazom. Nanj se privari bitumenski trak, ki služi kot hidroizolacija proti vlagi in meteorni vodi. Nad temeljen se v steno injicira vodo neprepustno suspenzijo na enak način, kot je opisano v poglavju 5.1.2. Na bitumenski trak se nato prilepi enako toplotno izolacijo kot pri fasadi. Zaključni sloj fasade mora biti v coku odporen na soli.

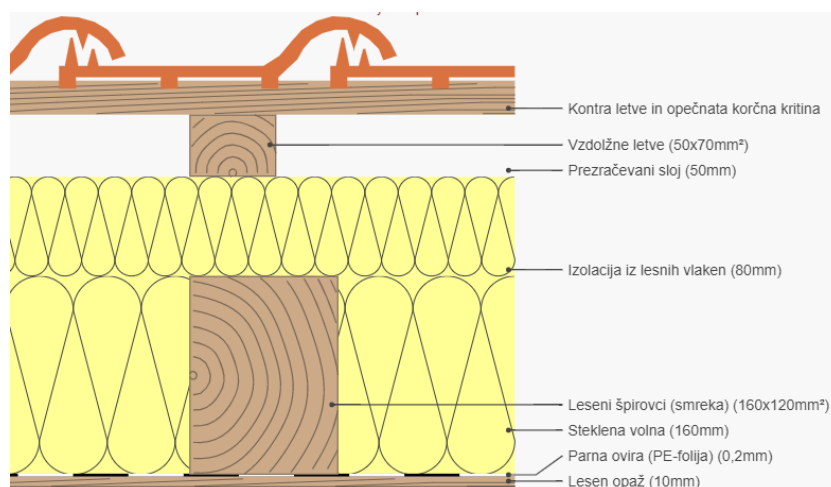
5.3.3 Zvočna izolacija

Zvočna izolirnost zunanje stene se z namestitvijo toplotne izolacije in novega ometa še poveča, in sicer za 0,2 dB, torej še vedno ustreza zahtevam tehnične smernice o zaščiti pred hrupom. Potrebno je še zamenjati vsa okna z okni, ki so z vidika zvočne izolirnosti primerna za tretjo cono zaščite pred hrupom. Pri izbiri oken se upošteva podatke proizvajalcev.

5.4 POŠEVNA STREHA

Preglednica 32: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa poševna streha po prenovi

Poševna streha	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Zunanost	
1. Korčna opečnata kritina	10
2. Lesene kontra letve	5 x 5
3. Vzдолžne letve	5 x 7
4. Toplotna izolacija iz lesnih vlaken (Obenauf Gutex Multitherm)	8
5. Steklена volna med špirovci (Ursa SF 34 160 mm)	16
6. PVC folija - mehka	0,3
7. Lesen opaž	1
Notranost	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,174
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,200
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	10
Temperatura notranjih površin [°C]	18,9
Vlažnost notranjih površin [%]	64



Slika 37: Sestava konstrukcijskega sklopa poševna streha po prenovi. Zgoraj je zunanost, spodaj pa notranost (lasten vir 2019)

Staro strešno konstrukcijo se odstrani, z izjemo lesenih špirovcev, PVC folije, ki služi kot parna ovira, ter finalne obdelave iz lesenega opaža. Hidroizolacija bo ponovno izvedena z debelino in se v poglavju ne obravnava več. Zamenja se tudi vse strešne obrobe.

5.4.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Med špirovce se namesti 16 cm steklene volne proizvajalca Ursa SF 34 160 mm [24]. To pa še ni dovolj in se nad špirovce in stekleno volno položi 8 cm debelo plast izolacije iz lesnih vlaken proizvajalca Obenauf Gutex Multitherm. Izolacija iz lesnih vlaken je odporna na vlago in lahko po podatkih proizvajalca [25] služi kot sekundarna kritina. Lahko bi se uporabila tudi izolacija debeline 6 cm, vendar smo tako bolj na varni strani. Skozi toplotno izolacijo iz lesnih

vlaknen se z distančnimi vijaki pritrdijo vzdolžne letve, na katere se pritrdi kontra letve in opečnato kritino. Izvede se torej klasično toplo prezračevano poševno streho.

Za razliko od obstoječega stanja, kjer je bila toplotna izolacija nameščena nad ravnim spuščnim stropom, kjer je bilo to seveda mogoče, pa se sedaj celotna toplotna izolacija namesti na streho. Razlog za to je predvsem ta, da se s tem izognemo vsem toplotnim mostovom, ki bi nastali na križanjih stene – streha. Poskrbeti pa je potrebno, da se namesti parna ovira povsod, kjer jo sedaj ni, oziroma je nameščena nad spuščnim stropom. Neizolirano cev za prezračevanje, ki je nameščena nad spuščnim stropom, se nadomesti s sodobno toplotno izolirano cevjo. S tem se prepreči kondenzacija vodne pare okoli cevi. Posledično se zmanjša količina vlage nad spuščnim stropom in prepreči nastanek pogojev za razrast plesni. V primeru, da je plesen v obstoječem stanju tu prisotna, se jo odstrani z zato primernimi čistilnimi sredstvi.

Potrebno je tudi toplotno izolirati frčado na jugozahodni strani stavbe. V kolikor ni možno prekiniti vseh toplotnih mostov z namestitvijo toplotne izolacije na enak način kot pri poševni strehi, se toplotna izolacija namesti na notranji strani špirovcev. V tem primeru bo sicer strop v stanovanju nekoliko nižji, vendar to ni problem, saj je na mestu frčade strop visok na najnižjem delu 2,95m, na najvišjem delu pa okoli 3,4 m. Toplotno izolacijo se namesti tudi do dimnika, okoli katerega se namestijo šamotne plošče, da zagotovimo požarno varnost strehe.

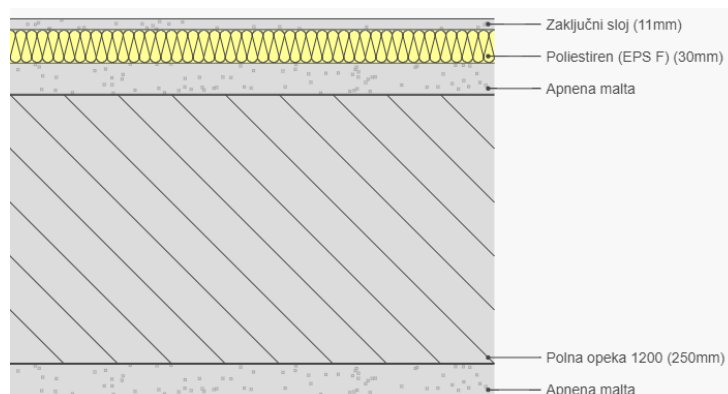
Detajl križanja poševna streha – zunanja stena nad terenom

Na stiku zunanje stene in strehe se toplotna izolacija na fasadi namesti do 8 cm nad špirovci, torej do višine izolacije iz lesnih vlaken. Tako na križanju nimamo toplotnega mostu. Kljub temu pa ostane linijski toplotni most skozi lesene špirovce.

5.5 STENE MED STANOVANJI, PROTI OGREVANI STAVBI IN PROTI NEOGREVANEMU HODNIKU

Preglednica 33: Sestava in lastnosti konstrukcijskega sklopa stena med stanovanji in proti neogrevanemu hodniku po prenovi

Stene med stanovanji in proti neogrevanemu hodniku	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Stanovanja	
1. Apnena malta	3
2. Polna opeka 1200	25
3. Apnena malta	3
4. Ekspandiran polistiren (Fragmat neo super 100)	5
5. Armirna mrežica v fasadnem lepilu	0,5
6. Apneni omet	0,5
7. Belež	0,1
Neogrevan hodnik	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,411 / 0,415
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ²)]	0,700 / 0,500
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	12
Temperatura notranjih površin [°C]	17,6
Vlažnost notranjih površin [%]	67



Slika 38: Sestava konstrukcijskega sklopa stena proti neogrevanemu hodniku po prenovi. Zgoraj je hodnik, spodaj pa stanovanje (laten vir 2019)

5.5.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

Z vidika toplotne izolativnosti je pomembna samo stena med stanovanji proti neogrevanemu hodniku. Glede na to, da se bo sedaj stena izolirala in bodo toplotne izgube in prehod skozi steno proti hodniku manjše, bom tudi tu predpostavil nižjo temperaturo v zimskem času. V zimskem času se tako predpostavi temperatura 10 °C.

Toplotno se steno izolira na strani hodnika s 3 cm polistirena. Uporabi se polistiren podjetja Fragmat EPS F [26]. Enako velja za steno med poslovnimi prostori in neogrevanim hodnikom, kjer bo U faktor še nižji. Stopnišče je dovolj široko, da tudi zoženje za 4 cm ne bo oviralo vertikalne komunikacije. Toplotno izolacijo pa se namesti le tam, kjer je to možno. To pomeni, da bo tu ostalo veliko toplotnih mostov, predvsem skozi stik stene in stopnic. Vendar pa ti toplotni mostovi zaradi manjše temperaturne razlike med prostori niso tako kritični. Steno proti ogrevani stavbi se izolira z 6 cm polistirena. Tako vsi U faktorji ustrezajo zahtevam tehnične smernice.

5.5.2 Zvočna izolacija

Zvočna izolirnost stene se z dodano toplotno izolacijo še poveča. Ta sedaj z upoštevanjem redukcije zaradi bočnega prenosa znaša 54,1 dB. Potrebno pa je nadomestiti vrata v stanovanja, ki so oslabitve v steni z vrati, ki bodo dosegale zahteve tehnične smernice o zaščiti pred hrupom.

5.6 MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA

Medetažna konstrukcija med stanovanji je izvedena v skladu z zahtevami PURES-a ter Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbi in ni potrebna prenove.

Preglednica 34: Lastnosti in sestava konstrukcijskega sklopa medetažna konstrukcija med stanovanjem in neogrevanim hodnikom po prenovi

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED STANOVANJEM IN NEOGREVANIM HODNIKOM	
Število in material sloja	Debelina [cm]
Stanovanja	
1. Finalna obdelava (parket ali keramične ploščice)	1
2. Parketno lepilo	0,1
3. Cementni tlak	6
4. PVC folija- mehka	0,3
5. Stiropor	3
6. PVC folija – mehka	0,3
7. Betonsko polnilo	8
8. Votlaki monta stropa	12
9. Izravnalni sloj iz apnene malte	1
10. Polistiren (Fragmat EPS F)	7
11. Armirna mrežica v cementnem lepilu	0,7
12. Apnen omet	0,4
Neogrevan hodnik	
U_{dej} [W/(m ² K)]	0,302
Največja dovoljena vrednost U_{max} [W/(m ² K)]	0,350/0,900
Kondenzacija vodne pare (DA/NE)	NE
Sloj kondenzacije	/
Čas izsuševanja [dan]	/
Fazni zamik [h]	12
Temperatura notranjih površin [°C]	19,8
Vlažnost notranjih površin [%]	66

5.6.1 Toplotna izolacija in difuzija vodne pare

U faktor med stanovanji se ne preverja, proti poslovnim prostorom pa ustreza zahtevam tehnične smernice. Toplotno izolacijo moramo torej namestiti samo na del stropa medetažne konstrukcije med stanovanjem in delom neogrevanega hodnika v pritličju. Na strop se tako sidra 7 cm polistirena, na katerega se namesti armirno mrežico v sloju cementnega lepila, na koncu pa se izvede apneni omet. Ustrezalo bi tudi 6 cm, vendar smo tako bolj na varni strani. Toplotni mostovi med stenami in medetažno konstrukcijo so prekinjeni, saj se toplotno izolira tudi steno med poslovnimi prostori in neogrevanim hodnikom.

5.6.2 Zvočna izolacija

Z vidika zvočne izolirnosti je potrebno rešiti le detajl stika cementnega tlaka s stenami. Tako je potrebno ob vseh stenah odrezati vsaj 2 cm cementnega tlaka do sloja polistirena. Med tlak in steno se nato položi stirotrak. To je sicer težko izvedljiv poseg, saj se izvaja znotraj stanovanj in je odvisen od posameznih lastnikov.

5.7 STAVBNO POHIŠTVO

5.7.1 Vrata

Vsa stara vrata, tako zunanja kot notranja, se zamenjajo. Namesti se takšna vrata, ki po proizvajalčevih podatkih ustrezajo toplotni izolativnosti po zahtevah tehnične smernice in zvočni izolirnosti po zahtevah tehnične smernice o zaščiti pred hrupom. Predvsem je pomembno dobro tesnjenje novih vrat, saj tako preprečimo toplotne izgube ob okvirju in širjenje zvoka skozi slabo tesen okvir. Predvsem to velja za balkonska vrata, saj s tem rešimo toplotni most ob okvirju. S tem preprečimo kondenzacijo vlage okoli okvirja in nastajanje plesni zaradi povečane vlage površine okoli okvirja. Tudi vrata v klet se zamenja, vendar ni nujno, da so toplotno dobro izolativna. Pomembno je samo, da dobro tesnijo.

Za notranja vrata iz skupnega hodnika v stanovanja je priporočljivo, da so masivna, saj se tako zelo poveča njihova zvočna izolirnost. Nadomesti se tudi zasteklitev okoli vrat med vetrolovom in skupnim hodnikom v pritličju.

5.7.2 Okna

Za že zamenjana okna se predpostavi, da niso potrebna menjave. Vsa stara okna pa se zamenja, vključno z okni v kleti. Namestijo se takšna, ki po proizvajalčevih podatkih ustrezajo toplotni izolativnosti po zahtevah tehnične smernice in zvočni izolirnosti po zahtevah tehnične smernice o zaščiti pred hrupom. Tako bodo vsa okna dobro zrakotesna in ne bo več toplotnih mostov okoli okvirjev. Posledično tudi ne bo več kondenzacije vodne pare in pojava plesni. Bo pa, kot sem že omenil, potrebnega veliko več prezračevanja, kot je bilo potrebnega do sedaj, da se bo ohranjal enak delež relativne vlažnosti v notranjosti in ne bo prihajalo do nastanka plesni.

Paziti je potrebno, da ne namestimo oken z večjim okvirjem od obstoječih, saj v tem primeru zmanjšamo osvetljenost prostorov. Glede na razmeroma majhno površino celotne zasteklitve je bolje, da se namesti za svetlobo bolj prepustna okna, tudi če imajo le-ta nekoliko večji U faktor.

Ob oknih se ohranijo polkna, saj povzročajo manjše toplotne mostove, kot roletne omarice.

Okna v kleti se nadomestijo z novimi zrakotesnimi okni. Posledično bo sedaj potrebno klet prezračevati. V ta namen se v kleti skozi zunanjo steno izvedejo zračniki. Potrebno pa je paziti, da so zračniki nameščeni dovolj visoko od zunanjih tal, da vlage ob tleh ne vračajo v notranjost.

6 ENERGIJSKA BILANCA PO OBNOVI

Ponovno se s programom KI Energija izračuna energijsko bilanco, le da se upošteva stanje stavbe po prenovi. Poskušamo doseči energijsko učinkovitost in rabo energije, ki ustrezata zahtevam PURES-a 2010. To pa bo s predpisanimi ukrepi težko doseženo, saj so zahteve dokaj stroge. Precej lažje jih je doseči z novogradnjo.

Pridobljene rezultate energijske bilance po prenovi se primerja z rezultati obstoječega stanja. V kolikor tudi po prenovi stavba ne bo dosegala zahtevane energijske učinkovitosti, se predlagajo ukrepi, ki bi energijsko učinkovitost še izboljšali.

6.2 TOPLOTNE CONE

Stavbo se razdeli na enake toplotne cone kot pri obstoječem stanju. Razlika je le v tem, da se spremenijo vhodni podatki za posamezne cone. Spremenijo se robni pogoji, saj po prenovi pričakujemo v stavbi nekoliko drugačne notranje temperature, ter vhodni podatki o konstrukcijskih sklopih. Spremembe vhodnih podatkov so prikazane v naslednjem poglavju 6.3.

6.3 VHODNI PODATKI

Vse spremembe vhodnih podatkov so prikazane v preglednicah od 35 do 42. Vhodni podatki o sistemih se tudi sedaj ne premenijo.

6.3.1 CONA STANOVANJA

Preglednica 35: Splošni podatki o coni

Namembnost	Tri in več stanovanjske stavbe	
Število etaž	2	
Svetla višina etaže [m]	2,5	
Ogrevana prostornina [m ³]	Neto : 568,75	Bruto: 700,05
Neto uporabna površina [m ²]	227,5	
Širina x dolžina [m]	8,1 x 17,8	
Št. Stanovanj	4	
Notranja temperatura [°C]	Poleti: 23	Pozimi: 20
Notranji viri [W/m ²]	Poleti: 5,2	Pozimi: 4,0
Način gradnje	Težka gradnja	
Barva fasade	Svetla	
Št. Izmenjav zraka poleti [h ⁻¹]	Dan: 0,5	Noč: 0,9
Št. Izmenjav zraka pozimi [h ⁻¹]	Dan: 0,5	Noč: 0,5

Vsi podatki v tabeli 35 so enaki kot pri obstoječem stanju z razliko notranjih temperatur in števila izmenjav zraka. Te se pozimi čez dan zmanjšajo za 0,1 h⁻¹, saj bodo nova okna in vrata veliko bolj tesna od starih, za število izmenjav s prezračevanjem pa se predpostavi, da bo enako kot je minimalno zahtevano po PURES-u 2010, se pravi 0,5 h⁻¹. Med poletjem se ponoči še vedno celo noč prezračuje z odprtimi okni.

Preglednica 36: Podatki o transparentnih delih stavbnega ovoja

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/m ² K]
Zunanja severna stena	40,9	0,241
Zunanja južna stena	37,3	0,241
Zunanja vzhodna stena	78,4	0,241
Zunanja zahodna stena	38,3	0,241
Poševna streha	154,4	0,145
Strop nad vetrolovom	4,0	0,318

Preglednica 37: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/m ² K]
Medetažna konstrukcija proti coni 2	13,6	0,322
Stena proti ogrevanemu stanovanjskemu bloku	25,0	0,388
Stena proti coni 2	23,5	0,645
Vrata proti coni 2	8,0	1,561
Medetažna konstrukcija proti poslovnim prostorom	124,3	0,768

Preglednica 38: Transparentni del stavbnega ovoja

Lokacija zasteklitve	Površina [m ²]
Severna fasada	6,3
Južna fasada	9,9
Vzhodna fasada	13,3
Zahodna fasada	12,9
Strešna okna zahod	3,7
Strešna okna vzhod	2,8

Večina toplotnih mostov se pri prenovi odpravi, tako da se v programu sedaj samo poveča toplotno prehodnost ovoja stavbe za 0,06 W/(m²K). Za nova okna se predpostavijo okna Jeloplast ideal 5000, ki so možnost za izbiro v programu KI Energija.

6.3.2 CONA SKUPNI HODNIK

Preglednica 39: Splošni podatki o coni

Namembnost	Tri- in več stanovanjske stavbe	
Število etaž	3	
Svetla višina etaže [m]	2,5	
Ogrevana prostornina [m ³]	Neto : 96,25	Bruto: 120,05
Neto uporabna površina [m ²]	38,50	
Širina x dolžina [m]	5,20 x 5,65	
Št. Stanovanj	0	
Notranja temperatura [°C]	Poleti: 26	Pozimi: 10
Notranji viri [W/m ²]	Poleti: 0,3	Pozimi: 0,3
Način gradnje	Težka gradnja	
Barva fasade	Svetla	
Št. Izmenjav zraka poleti [h ⁻¹]	Dan: 0,2	Noč: 0,2
Št. Izmenjav zraka pozimi [h ⁻¹]	Dan: 0,2	Noč: 0,2

Notranja temperatura se zmanjša za 6 °C. Zmanjšajo se še notranji viri pozimi, saj sedaj iz stanovanj prihaja manj toplote. Vsi splošni podatki ostajajo enaki.

Preglednica 40: Podatki o netransparentnih delih stavbnega ovoja

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/m ² K]
Zunanja lesena stena vetrolova	2,2	0,855
Zunanja jugozahodna stena	2,9	0,241
Tla na terenu	13,7	0,231

Preglednica 41: Podatki o notranjih konstrukcijskih sklopih

Konstrukcijski sklop	Površina [m ²]	U faktor [W/m ² K]
Stene proti stanovanjem	23,5	0,645
Stena proti ogrevanemu stanovanjskemu bloku	17,5	0,388
Stena proti poslovnim prostorom	35,9	0,482
Vrata proti coni 1	8,0	1,561

Preglednica 42: Transparentni deli stavbnega ovoja

Lokacija zasteklitve	Površina [m ²]
Zahodna vrata	2,0
Vzhodna vrata	1,8
Strešna okna	1,8

Tudi tu se večina toplotnih mostov pri prenovi odpravi, tako da se v programu sedaj samo poveča toplotno prehodnost ovoja stavbe za 0,06 W/(m²K). Zamenja se staro stavbno pohištvo.

6.4 ANALIZA REZULTATOV

Rezultati o analizi stavbe iz preglednice 26 ostanejo enaki.

Preglednica 43: Rezultati energijske bilance

	Izračunano	Dovoljeno	Ustrezno	Izboljšanje glede na obstoječe stanje [%]
Koeficient specifičnih transmisij toplinskih izgub skozi ovoj z dodatkom toplotnih mostov H_T' [W/m ² K]	0,385	0,423	DA	57,4
Letna toplota potrebna za gretje Q_{NH} [kWh]	10004	/	/	64,9
Letni hlad potreben za hlajenje Q_{NC} [kWh]	1440	/	/	/
Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje [kWh/m ²]	37,4	29,3	NE	65,1
Specifični letni potrebni hlad za hlajenje [kWh/m ²]	5,4	50	DA	/

Kot vidimo, je razlika v rabi energije prej in po prenovi velika. Kljub temu pa, pričakovano, še vedno ne izpolnujemo vseh zahtev PURES-a 2010. Transmisijske izgube skozi ovoj stavbe

so sedaj manjše od največjih dovoljenih po PURES-u 2010, kar je tudi pričakovano, saj je stavbni ovoj zasnovan po zahtevah PURES-a 2010. Specifični letni potrebni hlad za hlajenje je še vedno manjši od dovoljenega, vendar pa se je nekoliko povečal. To pa ni zaradi drugačne zasnove konstrukcijskih sklopov, temveč zaradi spremenjenih notranjih pogojev. Predpostavil sem namreč, da so v notranjosti po prenovi poleti povprečne temperature nižje kot pa v obstoječem stanju. Posledično rabimo več energije za ohlajitev na nižjo temperaturo. Specifična letna potrebna toplota za ogrevanje pa še vedno ne izpolnjuje zahtev PURES-a 2010, vendar je stanje sedaj veliko boljše in bi še nekaj dodatnih ukrepov to spremenilo.

Preglednica 44: Količina izgub in dobitkov

Izgube in dobitki	(kWh)	Izboljšanje glede na obstoječe stanje [%]
Transmisijske izgube	13783	63,1
Ventilacijske izgube	9175	14,5
Skupne izgube	22958	52,2
Notranji viri	8794	- 0,7
Solarni dobitki	5377	- 4,2
Skupni dobitki	14171	- 2

Glede na zmanjšanje koeficienta specifičnih transmisijskih izgub za 57,4 % na ustrezno vrednost je pričakovano, da se bodo tudi transmisijske izgube zmanjšale za podoben odstotek, kar se tudi uresniči. Stavbni ovoj ima namreč sedaj veliko večji toplotni upor in skozi njega prehaja veliko manj toplote kot prej.

Tudi ventilacijske izgube so precej manjše, kar je posledica bolj zrakotesnih oken in vrat. Vendar se ventilacijske izgube vseeno ne zmanjšajo za velik odstotek, ker je potrebno ob namestitvi novih tesnih oken prostore več prezračevati in je količina izmenjav zraka še vedno približno enaka.

Skupne izgube pa torej zmanjšamo za približno polovico, kar je zelo dober rezultat.

Zmanjšajo se tudi dobitki, vendar je njihovo zmanjšanje majhno, zato je pred njimi negativen predznak. Manjši solarni dobitki so posledica manjše prepustnosti za celotno sončno sevanje (g faktor) novih oken.

6.5 DODATNI UKREPI ZA DOSEG ZAHTEV PURES-A 2010

V nadaljevanju so opisani dodatni ukrepi, ki bi zmanjšali specifično toploto, potrebno za ogrevanje pod zahtevano raven.

Zmanjšanje povprečne notranje temperature in njena regulacija: Povprečno notranjo temperaturo bi predvsem pozimi zmanjšali za eno stopinjo. To seveda zahteva prilagoditev uporabnikov na nižjo temperaturo. Namestil bi se tudi avtomatski sistem nadziranja notranje temperature. Že samo ta ukrep zmanjša potrebo po specifični letni toploti za ogrevanje na 32,9 kWh/m².

Namestil bi se sistem mehanskega prezračevanja z vračanjem toplote, ki bi nadomestil naravno prezračevanje. Posledično bi imeli manj ventilacijskih izgub. V programu Klenergija sem predpostavil mehansko prezračevanje s samo 50 % vrnjene toplote. Ta ukrep je zmanjšal potrebo po specifični letni toploti za ogrevanje na 22,5 kWh/m². To pa že ustreza zahtevam PURES-a 2010.

7 ZAKLJUČEK

Analiza obstoječega stanja in energijska bilanca obstoječega stanja sta potrdili trditve, da je stanje zaščitnih konstrukcij na stavbi slabo. Predvsem to velja za toplotno izolacijski ovoj stavbe. Toplotne izolacije namreč nikjer ni dovolj, toplotne in energijske izgube pa so posledično velike. Velik problem predstavlja prevelika vlažnost tako v prostorih kot tudi znotraj konstrukcijskih sklopov. Zahteve PURES-a so torej redko kje izpolnjene. Nekoliko boljše je stanje zaščite pred vodo. Hidroizolacija je namreč v večini konstrukcijskih sklopov izvedena kvalitetno. Neizolirana je samo stena pod terenom. V najboljšem stanju pa je zvočna izolirnost stavbe, ki v vseh izračunih izpolnjuje zahteve Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah. Problem povzročajo le oslavitve v konstrukcijskih sklopih in nepravilno izvedeni detajli.

Predvsem energijska bilanca je pokazala, da je izgub skozi stavbni ovoj veliko preveč, količina toplote potrebne za ogrevanje pa je posledično velika. Vidimo, da je stavba z ekonomskega vidika nujno potrebna prenove. Še večji razlog za prenovu pa je slabo bivalno udobje v stavbi. Temperaturno udobje je namreč slabo, vlage pa je v prostorih toliko, da to slabo vpliva na zdravje uporabnikov. Poleg tega so v stavbi dobri pogoji za razrast za zdravje izjemno škodljive plesni. Z vidika udobja uporabnikov je tako tudi nujno potrebna prenova. V stavbi je sicer pomembnejše udobje in zdravje uporabnikov, kot pa ekonomska učinkovitost. To se upošteva tudi pri prenovi.

V nadaljevanju diplomskega dela se je izvedla celovita prenova vseh konstrukcijskih sklopov z vidika toplotnih, hidro in zvočnih zaščitnih konstrukcij. Vse zaščitne konstrukcije so po prenovi v skladu z zahtevami pristojnih predpisov. Ostali so samo nekateri toplotni mostovi, saj bi morali za njihovo prekinitev posegati v nosilno konstrukcijo stavbe. Ob opisu primera prenove sem tudi že predlagal specifične materiale, ki bi se uporabili v posameznih konstrukcijskih sklopih. Potrebno pa je povedati, da je to samo ena od možnih variant prenove. Možno je še veliko drugih načinov prenove z uporabo drugačnih materialov. Pri tem primeru sem pazil, da nisem izbral materialov in rešitev, ki zahtevajo zahtevne tehnologije izvedbe. Razlog za to je v obstoječem stanju stavbe, ki je nujno potrebna prenove in bi se tako predlagane rešitve prenove tudi dejansko izvedle. Ob tem pa se je potrebno zavedati, da se vsi konstrukcijski sklopi ob dejanski prenovi verjetno ne bi prenovili na prikazan način. Razlog za to je v visoki ceni nekaterih rešitev in razmeroma majhnih vplivih na energijsko učinkovitost glede na stroške izvedbe. Predvsem to velja za konstrukcijska sklopa tla na terenu v pritličju in zunanja stena pod terenom ter detajl prekinitve cementnih tlakov ob stenah.

Energijska bilanca je pokazala, da je predlagana prenova izvedena kvalitetno, saj se je koeficient transmisijskih izgub zmanjšal pod maksimalno dovoljeno mejo. Blizu zahtevani je tudi specifična letna toplota, potrebna za ogrevanje. Vendar bi morali za doseg te zahteve uvesti še dodatne ukrepe, ki pa temeljijo predvsem na stavbnih sistemih in prilagoditvah načina rabe stavbe.

V kolikor bi se prenova dejansko izvedla po predlogih, zapisanih v tej diplomski nalogi, bi stavba postala energijsko učinkovita v skladu z zahtevami sedaj aktualnega predpisa PURES 2010, udobje uporabnikov pa bi se dvignilo na veliko boljši nivo.

VIRI

- [1] TSG-1-004:2010. Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije.
http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev_objektov/TSG_01_004_2010_ure.pdf (Pridobljeno 24. 4. 2019.)
- [2] Kunič. R. 2019. Zakaj prenova stavb. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente.
https://ucilnica1819.fgg.uni-lj.si/pluginfile.php/15276/mod_resource/content/1/A%20Uvod%20Zakaj%20prenova%20Prenova%20stavb%20predavanje%202016%20%20PS%20v14.pdf (Pridobljeno 26. 6. 2019)
- [3] Direktiva (EU) 2018/844 Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o spremembi Direktive 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb in Direktive 2012/27/EU o energetske učinkovitosti. Uradni list Evropske unije, 19.6.2018
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0844&from=SL> (Pridobljeno 6. 8. 2019.)
- [4] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010 in 61/2017 – GZ.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10043> (Pridobljeno 24. 4. 2019)
- [5] Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah. Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ.
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV10622> (Pridobljeno 16. 8. 2019)
- [6] Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije, javni vpogled v nepremičnine.
<http://prostor3.gov.si/javni/javniVpogled.jsp?rand=0.9799606764389965#> (Pridobljeno 7. 5. 2019)
- [7] Geodetska uprava Tolmin, Zemljiška knjiga Tolmin. Pridobljeno v Tolminu dne: 13.5.2019
Podatke sem pridobil v pisarniških enotah zemljiške knjige in geodetske uprave v Tolminu preko osebne komunikacije. Osebna komunikacija. (13. 5. 2019)
- [8] SGP GORICA – TOZD GO TOLMIN. Izdelal: PROJEKT NOVA GORICA po.. Adaptacija objekta Brunov drevored 11 v Tolminu. PGD, PZI november 1988. Načrti so v lasti stanovalca bloka gospoda Franka Leban. Pridobljeni so bili preko osebne komunikacije. Pridobljeno v Tolminu dne 23. 2. 2019.
- [9] Krainer, A., Perdan, R., Šijanec, M. 1984. Računalniški program TEDI. Publikacija št. 8. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 56 str.
- [10] Ubakus – U-wert-rechner
<https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/?> (Pridobljeno 7. 8. 2019)
- [11] TSG-1-005:2012. Tehnična smernica TSG-1-005:2012. Zaščita pred hrupom v stavbah.
http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/graditev_objektov/tsg_005_zascita_pred_hrupom.pdf (Pridobljeno 26. 07. 2019)
- [12] Odlok o Občinskem prostorskem načrtu občine Tolmin. Uradni list RS, št. 78/2012, z dne 15.10.2012. Tabela 10: Stopnje varstva pred hrupom, ki so določene za zmanjševanje onesnaževanja okolja s hrupom za posamezne površine.

https://www.uradni-list.si/files/RS_-2012-078-03071-OB~P002-0000.PDF

(Pridobljeno 26. 8. 2019)

[13] Knauf insulation – Program KI energija 2019

<https://www.knaufinsulation.si/dokumenti-programi/program-ki-energija-2019>

(Pridobljeno

1. 8. 2019)

[14] Franko Leban 2019. Primerjava vplivov starih in novih oken na bivalno udodje. Osebna komunikacija. (23. 2. 2019)

[15] SIST EN 12354-2: 2001 Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori, 2001

[16] Goriške opekarne - predstavitev opečnih stropnih polnil SP14-50

https://www.goriske.si/file/open/93_8c2544b2441a8 (Pridobljeno 28. 7. 2019)

[17] Velux.si – klasična strešna okna

<https://www.velux.si/izdelki/stresna-okna/klasicna> (Pridobljeno 29. 7. 2019)

[18] ISO/FIDIS 10077-1:2016(E) Thermal preformance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance - 1. del: Osnovno

[19] Ferroli - la-certificazione-energetica

www.la-certificazione-energetica.net/schede%20tecniche%20per%20certificazioni%20energetiche/FERROLI-dati-tecnici-caldaie-ferroli-1999-2003.pdf (Pridobljeno 26. 7. 2019)

[20] Knauf insulation – Naturboard TPS

<https://www.knaufinsulation.si/proizvodi/naturboard-tps> (Pridobljeno 9. 8. 2019)

[21]Fragmat.si - Neo super 100

<http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/termoizolacije-eps/gradbene-eps-plosce/430-fragmat-neo-super-100> (Pridobljeno 9. 8. 2019)

[22] Fragmat.si – Neo super F-P 031

<http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/termoizolacije-eps/neo-super-fasadne-in-druge-plosce/429-fragmat-neo-super-f-p-031> (Pridobljeno 9. 8. 2019)

[23] ACO Visokogradnja – prospekt svetlobni jaški

https://www.aco.si/fileadmin/standard/aco_si/documents/Prospekt_Svetlobni_jaski.pdf

(Pridobljeno 10. 8. 2019)

[24] Mix trgovina.si - Steklена volna URSA SF 34 160 mm

<https://mix-trgovina.si/steklana-volna/steklana-volna-ursa-SF-34-160> (Pridobljeno 10. 8. 2019)

[25] Obenauf.si – Gutex - Lesne izolacijske plošče za fasade in strehe

https://www.obenauf.si/documents/obenaufnew/ceniki-2018/14_GUTEX_WEB.pdf

(Pridobljeno 10. 8. 2019)

[26] Fragmat.si – EPS F

<http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/termoizolacije-eps/fasadne-eps-plosce/419-fragmat-eps-f> (Pridobljeno 12. 8. 2019)