

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Polak, G., 2014. Gradbeno-fizikalna in sanitarno-tehnična analiza izbranega objekta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentorica Dovjak, M.): 32 str.

Datum arhiviranja: 13-10-2014

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Polak, G., 2014. Gradbeno-fizikalna in sanitarno-tehnična analiza izbranega objekta. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Dovjak, M.): 32 pp.

Archiving Date: 13-10-2014

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

GAŠPER POLAK

**GRADBENO-FIZIKALNA IN SANITARNO-TEHNIČNA
ANALIZA IZBRANEGA OBJEKTA**

Diplomska naloga št.: 126/B-GR

**BUILDING-PHYSICAL AND SANITARY-TEHNICAL
ANALYSIS OF THE SELECTED OBJECT**

Graduation thesis No.: 126/B-GR

Mentor:

doc. dr. Roman Kunič

Predsednik komisije:

doc. dr. Peter Lipar

Somentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 16. 09. 2014

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani GAŠPER POLAK izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:

»Gradbeno - fizikalna in sanitarno - tehnična analiza izbranega objekta«

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitorju.

Ljubljana, 16. 9. 2014

Gašper Polak

BIBLOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	699.8(043.2)
Avtor:	Gašper Polak
Mentor:	doc. dr. Roman Kunič
Somentor:	doc. dr. Mateja Dovjak
Naslov:	Gradbeno – fizikalna in sanitarno – tehnična analiza izbranega objekta
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	32 str., 29 pregl., 5 sl.
Ključne besede:	Gradbena fizika, zaščita pred hrupom, raba energije, večstanovanjski objekt

Izvleček:

Namen diplomskega dela je izvesti gradbeno – fizikalno in sanitarno – tehnično oceno večstanovanjskega objekta. Na podlagi pridobljenih podatkov izbranega objekta so obravnavani izbrani kazalci, ki so pomembni za reševanje energetskega problema ter skrb za zdravje in udobje ljudi v notranjem bivalnem in delovnem okolju: parametri gradbene fizike, rabe energije in zaščite pred hrupom. V diplomskem delu je podrobneje predstavljen zakonodajni okvir posameznih področij. Izračuni so opravljeni v skladu z metodologijo opredeljeno v področnih zakonskih aktih. Vhodni podatki za izračun posameznih parametrov so pridobljeni iz projektne dokumentacije izbranega objekta. Narejena je primerjava z vrednostmi, ki so navedene v projektni dokumentaciji. Ugotovljene so pomanjkljivosti objekta predvsem na področju prenosa hrupa po konstrukciji med prostori različnih namembnosti, pomanjkljivosti na področju rabe energije in nekaterih parametrov gradbene fizike. Na osnovi ugotovljenih pomanjkljivosti so izdelana priporočila z gradbeno – fizikalnega in sanitarno – tehničnega vidika.

BIBLOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	699.8(043.2)
Author:	Gašper Polak
Supervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph. D.
Co-advisor:	Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph. D.
Title:	Building – physical and sanitary – technical analysis of the selected object
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	32 p., 29 tab., 5 fig.
Keywords:	Building physics, Sound insulation, Energy consumption, Multifamily apartment building

Abstract

The purpose of the graduation thesis is to carry out building – physical and sanitary – technical assessment of the selected building. Indicators that are important for solving energy problems and concern for the health and comfort of people in the living and working environment are calculated and presented in the graduation thesis. In the graduation thesis is detail presented the legislation of individual areas. Calculations are done in accordance with the methodology set out in the legal acts. Data for the calculation of individual parameters are obtained from the project documentation for the selected object. Calculated results are compared with the values specified in the project documentation. Imperfections of the building are determined and made recommendations to the building - physical and sanitary - technical perspective. Object imperfections mainly occur in the field of noise transmission through construction and certain parameters of building physics.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomskega dela, se zahvaljujem mentorju doc.dr. Romanu Kuniču in somentorici doc.dr. Mateji Dovjak.

Posebna zahvala gre tudi domačim in Silviju Jerebu za pridobljeno projektno dokumentacijo.

IZJAVA O AVTORSTVU	I
BIBLOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	II
BIBLOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	III
ZAHVALA	IV
KAZALO VSEBINE	
1 UVOD	1
2 HIPOTEZE IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA	2
3 ZAKONODAJNI OKVIR	3
3.1 Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote	4
3.1.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES:2010	4
3.1.2 Tehnična smernica TSG-1-004:2010	4
3.2 Zaščita pred hrupom	6
3.2.1 Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur.l.RS, št. 10/2012 z dne 10. 2. 2012)	6
3.2.2 Tehnična smernica TSG-1-005:2012	6
3.2.2.1 Mejne ravni zunanega in notranjega hrupa ter izolativnost	7
3.2.2.2 Udarni hrup in zvok v zraku	7
3.2.2.3 Zaščita stavb pred zunanjim hrupom	8
3.2.2.4 Izolacija notranjih ločilnih elementov pred hrupom v zraku	9
3.2.2.5 Izolacija konstrukcij pred udarnim hrupom	10
3.2.2.6 Izolacija pred hrupom obratovalne opreme	11
3.2.2.7 Obvladovanje odmevnega hrupa	11
4 OBJEKT VILA TREVEN	12
4.1 Opis objekta	12
4.2 Konstrukcijski sklopi	15
5 METODA DELA	18
5.1 Energetska analiza objekta	18
5.1.1 Metodologija izračuna energetske bilance	18
5.1.2 Program za izračun energetske bilance TOST	19
5.1.3 Vhodni podatki za izdelavo računske energetske bilance	19
5.1.3.1 Klimatski podatki	19
5.1.3.2 Razdelitev na cone in geometrijski podatki	19
5.1.3.3 Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo sanitarne vode	20
5.1.3.4 Notranji toplotni viri	20
5.1.3.5 Gradbeno - fizikalne lastnosti transparentnega ovoja stavbe	21
5.1.3.6 Gradbeno fizikalne lastnosti netransparentnega ovoja stavbe	22
5.1.3.7 Toplotni mostovi in toplotna kapaciteta izbranega objekta	24
5.1.3.8 Prezračevanje	24
5.1.3.9 Priprava tople vode in razsvetljava	24
5.2 Zvočna analiza objekta	25
5.2.1 Metodologija izračuna zvočne zaščite objekta pred hrupom	25

5.2.2	Program za izračun zaščite pred hrupom URSA 1.01	25
5.2.3	Vhodni podatki za izračun zaščite pred hrupom s programom URSA 1.01	25
6	REZULTATI ANALIZE	26
6.1	Energetska analiza	26
6.1.1	Rezultati računske energetske bilance izbranega objekta	26
6.1.2	Komentar in ugotovitve rezultatov računske energetske bilance izbranega objekta	27
6.2	Zvočna analiza	28
6.2.1	Rezultati zvočne analize	28
6.2.1.1	Izračun zvočne izolativnosti dela fasade	29
6.2.1.2	Izračun odmevnega hrupa:	29
6.2.2	Komentar in ugotovitve rezultatov zvočne analize	30
7	POMANJKLJIVOSTI IN PRIPOROČILA Z GRADBENO – FIZIKALNEGA IN SANITARNO – TEHNIČNEGA VIDIKA	31
8	ZAKLJUČEK	32
	VIRI	33

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Največja dovoljena toplotna prehodnost elementov	5
Preglednica 2: Okoljske ravni zunanjega hrupa	7
Preglednica 3: Mejne ekvivalentne ravni hrupa	7
Preglednica 4: Zvočna izolativnost ločilnih elementov.	7
Preglednica 5: Konstrukcijski sklop tla v kleti.....	15
Preglednica 6: Predloga konstrukcijskega sklopa tla v kleti	15
Preglednica 7: Konstrukcijski sklop medetažna konstrukcija	16
Preglednica 8: Konstrukcijski sklop medetažna konstrukcija	16
Preglednica 9: Konstrukcijski sklop zunanja stena	17
Preglednica 10: Konstrukcijski sklop poševna streha	17
Preglednica 11: Geometrijski podatki izbranega objekta.....	19
Preglednica 12: Podatki geometrije in lokacije objekta	20
Preglednica 13: Koeficienti za izračun učinkovitosti sistemov nameščenih v objektu	20
Preglednica 14: Prispevek notranjih virov zaradi ljudi, naprav, procesov in razsvetljave v stavbi	20
Preglednica 15: Izračunane toplotne prehodnosti elementov ovoja stavbe.....	21
Preglednica 16: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov.....	22
Preglednica 17: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri zunanji steni	22
Preglednica 18: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri medetažni konstrukciji	22
Preglednica 19: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri medetažni konstrukciji nad kletjo	23
Preglednica 20: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri tleh na terenu.....	23
Preglednica 21: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri predlogi tla na terenu	23
Preglednica 22: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri poševni strehi	24
Preglednica 23: Koeficienti za mehansko in naravno prezračevanje	24
Preglednica 24: Rez. in primerjava en. analize s programom TOST ter podatki iz PD.....	26
Preglednica 25: Izračunani dobitki in izgube energije	27
Preglednica 26: Izračunani energetski kazalniki	27
Preglednica 27: Rezultati zvočne zaščite ločilnih elementov v objektu.....	28
Preglednica 28: Absorpcijska površina prostora	29
Preglednica 29: Pomanjkljivosti in priporočila.....	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Širjenje zvoka v prostoru z ovirami	9
Slika 2: Širjenje hrupa po zraku in udarnega hrupa po konstrukciji.....	10
Slika 3: Objekt Vila Treven, JZ del fasade.....	12
Slika 4: Objekt Vila Treven, SV del fasade.....	13
Slika 5: Objekt Vila Treven, V del fasade.....	14

SIMBOLI

U_{max}	[W/m ² K]	Največja dovoljena toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa
U_g	[W/m ² K]	Toplotna prehodnost celotnega okna
U_w	[W/m ² K]	Toplotna prehodnost zasteklitve
λ	[W/mK]	Toplotna prevodnost materiala
Q_{NH}	[kWh]	Letna potrebna toplota za ogrevanje
Q_{NC}	[kWh]	Letna potrebna toplota za hlajenje
Q_p	[kWh]	Letna raba primarne energije
A_u	[m ²]	Uporabna površina
$H't$	[W/m ² K]	Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub
g	[/]	Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja
C	[MJ/K]	Toplotna kapaciteta stavbe
L_{notri}	[dB]	Raven hrupa v varovanem prostoru
$L_{zunaj,2m}$	[dB]	Raven hrupa 2m od fasade na zunanji strani
$R'_{w,f}$	[dB]	Zvočna izolativnost dela fasade
$C_{tr,f}$	[dB]	Korekcija
$\Delta L_{,fs}$	[dB]	Korekcija
L	[dB]	Jakost zvoka v sprejemnem oziroma oddajnem prostoru
τ'	[/]	Razm. zvočne moči - izsevane v sprejemni pr. in vpadle na ločilni el.
S	[m ²]	Skupna površina KS med prostoroma
A	[m ²]	Ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora
L_{dan}	[dB]	Okoljske mejne ravni hrupa
L_{aeq}	[dB]	Ekvivalentna stalna raven hrupa v danem časovnem intervalu
R'_w	[dB]	Ovrednotena gradbena zvočna izolativnost
L'_{nw}	[dB]	Ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka

1 UVOD

Poraba energije v industriji, prometu in stavbah se je v letih od 2000 do 2009 povečala za dobrih 22%. Med večjimi deleži, kar 27% svetovne porabe energije predstavlja sektor stavb [1]. Zaradi globalnih podnebnih sprememb in vse večjega izpusta toplogrednih plinov, so se države začele zavedati dolgoročnih problemov in začele pripravljati ukrepe za izboljšanje stanja na področju grajenega okolja.

Objekti morajo biti zgrajeni tako, da so energetske varčni, obenem pa zagotavljajo varne in udobne razmere za uporabnika (toplotno udobje, svetlobno udobje, zvočno udobje, kvaliteta zraka in ergonomija). Kljub temu, da se je stanje na področju reševanja energetskih problemov izboljšalo, se elementom, ki ogrožajo zdravje in udobje ljudi še vedno posveča premalo pozornosti [2]. V fazi načrtovanja projektanti stremijo k dosegu čim večje energijske učinkovitosti, ne oziraje se na druge zahteve, kar posledično privede do številnih napak in pomanjkljivosti predvsem na področju kakovosti notranjega okolja. Uporabniki se soočajo z nezadovoljstvom, slabo kvaliteto notranjega okolja in celo s sindromom bolnih stavb (*ang.* Sick building syndrome, SBS) ter boleznimi povezanih s stavbo (*ang.* *Building related illness*, BRI) [2].

Nezadostno toplotno izoliran stavbni ovoj privede do nizkih površinskih temperatur v zimskem času ter posledičnega pojava toplotnega neudobja in rasti plesni [2],[3]. Poleg omenjenega se danes pogosto zanemari vidike zvočne zaščite stavb. To je še posebej pomembno pri stavbah različnih namembnosti, kjer je pravilna izvedba zvočne zaščite predelnih elementov med deli stavbe različnih namembnosti izrednega pomena. Neupoštevanje vidika zvočne zaščite stavb pa ima lahko za posledico negativen vpliv na zdravje [4].

2 HIPOTEZE IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Z namenom diplomske naloge sem si zastavil naslednje cilje:

- 1) Izračunati parametre gradbene fizike, rabo energije za ogrevanje in hlajenje ter zaščito stavbe pred hrupom.
- 2) Primerjati izračunane vrednosti z zakonskimi zahtevami.
- 3) Primerjati izračunane vrednosti z navedenimi v projektni dokumentaciji izbranega objekta.
- 4) Ugotoviti pomanjkljivosti, izdelati priporočila z gradbeno – fizikalnega in sanitarno – tehničnega vidika.

Glede na to, da je objekt projektiran s strani izkušenih projektantov in ker gre za novogradnjo, pričakujem, da izračunane vrednosti izpolnjujejo predpisane zahteve za

- parametre gradbene fizike
- zaščito pred hrupom
- rabo energije.

3 ZAKONODAJNI OKVIR

Slovenija mora kot članica Evropske unije upoštevati predpise, ki so določeni v zakonodaji Evropske unije. Glavni namen Evropske unije je povezovanje evropskih držav in vzpostavitev notranjega trga. Tudi na področju grajenega okolja in gradbenih proizvodov veljajo v celoti zavezujoči pravni predpisi za vse države članice.

Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega parlamenta in Sveta iz leta 2011 je temeljni zakonodajni dokument evropske skupnosti na področju grajenega okolja. Namenjena je državam članicam. Uredba nalaga, da so gradbeni objekti, držav članic zgrajeni tako, da ne ogrožajo varnosti ljudi, domačih živali ali imetja in ne škodujejo okolju [5]. Zajema sedem bistvenih zahtev. Proizvodi morajo biti primerni za gradbene objekte, ki so v celoti ali v posameznih delih, ob upoštevanju ekonomičnosti primerni za predvideno uporabo in tako izpolnjujejo spodaj navedene bistvene zahteve. Te zahteve se morajo ob primernem vzdrževanju izpolnjevati ves čas ekonomsko sprejemljive življenjske dobe objekta. Bistvene zahteve se glasijo [5]:

- 1) Mehanska odpornost in stabilnost
- 2) Varnost pred požarom
- 3) Higijenska, zdravstvena in okoljevarstvena zaščita
- 4) Varnost pri uporabi
- 5) Zaščita pred hrupom
- 6) Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote
- 7) Trajnostna raba naravnih virov

Bistvene zahteve so v slovenski zakonodaji prenesene v Zakonu o graditvi objektov (ZGO, Uradni list RS, št. 102/04, 15/05, 92/05, 111/05, 93/05, 126/07, 108/09). ZGO ureja pogoje za graditev vseh vrst objektov, določa bistvene zahteve in njihovo izpolnjevanje glede lastnosti objektov, predpisuje način in pogoje za opravljanje dejavnosti, ki so v zvezi z graditvijo objektov [6].

V diplomskem delu se bom osredotočil na bistveno zahtevo številko pet o Zaščiti pred hrupom in zahtevo številko šest Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote [5]. Posredno se bom obrnil pa tudi na zahtevo številko tri Higijenska, zdravstvena in okoljevarstvena zaščita [5]. V nadaljevanju bom podrobneje predstavil področne podzakonske akte, pravilnike in tehnične smernice, na katerih temeljijo moji izračuni in dokazi o energetske, zvočni ter gradbeno – fizikalni učinkovitosti objekta.

3.1 Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote

3.1.1 Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES:2010

Na podlagi 10. člena ZGO, ministrstvo izdaja Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES:2010). Ta pravilnik je pravzaprav prenos zahtev in priporočil evropske zakonodaje na uporabno raven v lokalnem pravnem sistemu. PURES:2010 se naslanja na [7]:

- Direktivo o gradbenih proizvodih Uredba (EU) št. 305/2011
- Direktivo o energetske učinkovitosti stavb EPBD-R 2010/31/EU
- Direktivo o uporabi energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES

Gradbeni predpis, ki za stavbe podrobneje opredeljuje bistveno zahtevo »varčevanje z energijo in ohranjanje toplote«, je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES:2010). V tem pravilniku so določene zahteve za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, klimatizacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja deleža obnovljivih virov energije stavbe ter način izračuna energetskih lastnosti stavbe [7].

3.1.2 Tehnična smernica TSG-1-004:2010

PURES:2010 definira obvezno rabo tehnične smernice za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije, ki določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg minimalnih zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna [8].

Izhodišča za sistemsko reševanje računa potrebne energije za gretje in hlajenje ter celotnega energetskega odziva stavbe, najdemo v standardu SIST EN ISO 13790:2008, kar je tudi temeljno vodilo tehnične smernice TSG-1-004:2010 [8].

Doseganje učinkovite rabe energije v stavbah oziroma izpolnjevanje zahtev iz pravilnika TSG-1-04:2010, se dokazuje v elaboratu gradbene fizike, ki mora vsebovati vhodne podatke, uporabljene metode, izračune, porabo letne energije in kazalnike CO₂ [8].

Pri zasnovi stavbe mora odgovorni projektant arhitekture upoštevati vse dejavnike, ki zagotavljajo, da bo stavba energijsko učinkovita. Potrebno je upoštevati zlasti orientacijo stavbe, razmerje med ovojem stavbe in njeno prostornino, sončnemu sevanju izpostavljene površine,... Pri snovanju stavbe je potrebno upoštevati in izkoristiti vpliv gradbenih materialov glede toplotne zaščite, nosilne konstrukcije, požarne varnosti in drugih zahtev [8].

S toplotno zaščito stavbe dosežemo zmanjšanje prehoda energije skozi ovoj stavbe, zmanjšamo negativne učinke difuzijskega prehoda vodne pare in nadzorovano zrakotesnost stavbe. Velik

poudarek velja tudi pri toplotnih mostovih. Pravilna zasnova in izvedba konstrukcijskih sklopov ustrezno pripomore k zmanjšanju toplotnih mostov [8].

Toplotna prehodnost elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe ne sme presegati vrednosti v preglednici 1.

Preglednica 1: Največja dovoljena toplotna prehodnost elementov [8], str 16.

	Deli stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	U_{\max} [W/m²K]
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0,280
2	Stene ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,600
3	Stene med stanovanji in proti stopniščem	0,700
4	Zunanja stena ogrevanih prostorov	0,350
5	Tla na terenu	0,350
6	Tla nad zunanjim zrakom	0,350

3.2 Zaščita pred hrupom

3.2.1 Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur.l.RS, št. 10/2012 z dne 10. 2. 2012)

Na podlagi 10. člena ZGO-1 je pristojno ministrstvo leta 2012 izdalo pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah. Ta pravilnik določa zahteve, s katerimi se v stavbah in njihovih delih omeji raven hrupa, s čemer se prepreči ogrožanje zdravja ljudi in ustvari ustrezne razmere za njihovo delo in počitek [9].

Gradbeni predpis, ki za stavbe opredeljuje bistveno zahtevo »zaščita pred hrupom« je Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah. V tem pravilniku so določene zahteve za zaščito stavb in njihovih prostorov ter delov pred [9]:

- Zunanjim hrupom
- Hrupom ki prihaja po zraku iz drugih prostorov
- Udarnim hrupom, ki se iz drugih prostorov prenaša prek konstrukcije
- Hrupom obratovalne naprave
- Odmevnim hrupom

3.2.2 Tehnična smernica TSG-1-005:2012

Ministrstvo pristojno za gradbene zadeve je izdalo tehnično smernico za graditev TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, ki določa priporočene gradbene ukrepe za doseg stanja navedenega v tem pravilniku. 8. Člen pravilnika govori, da je mogoče namesto TSG-1-005:2012 uporabiti tudi rešitve iz zadnjega stanja gradbene tehnike za doseg ciljev o zaščiti pred hrupom [10].

Elaborat zaščite pred hrupom mora vsebovati [10]:

- navedbo ali je elaborat izdelan na podlagi tehnične smernice ali na podlagi 8. člena pravilnika
- opis rabe stavbe v skladu s predpisom o enotni klasifikaciji vrst objektov
- podatke o ocenjeni ali dejanski ravni zunanjega hrupa
- navedbo projektnih vrednosti zvočne izolacije ali ravni hrupa v stavbi

Za vsak sklop zunanjih in notranjih ločilnih elementov se opravi izračun, pri čemer se izbere tiste značilne prostore in konstrukcije, kjer je pričakovati največji prenos zvoka. Izkaz zaščite pred hrupom v stavbah je obvezna priloga dokazila o zanesljivosti objekta, kakor je ta določen v ZGO-1[10].

Varovani prostori so tisti prostori v stavbah, v katerih se ljudje zadržujejo pogosto in daljši čas (stanovanja, prenočitvene enote, ambulante, ordinacije, bolniške sobe,...). Poslovni prostori so prostori, kjer poteka lastno poslovanje in poslovanje s strankami [10].

3.2.2.1 Mejne ravni zunanjega in notranjega hrupa ter izolativnost

Če podatki o hrupu na mestu, kjer stoji stavba niso na voljo, je treba pri izračunu zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov stavbe upoštevati splošne okoljske mejne ravni zunanjega hrupa, ki so določeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Okoljske ravni zunanjega hrupa [10], str10.

Območje varstva pred hrupom	L_{dan} dB(A)
IV. območje	75
III. območje	60
II. območje	55
I. območje	50

Zvočna izolacija zunanjih in notranjih ločilnih elementov mora biti dovolj velika, da hrup v varovanih in poslovnih prostorih stavbe v posameznih obdobjih dneva ne bo presegal mejnih ekvivalentnih ravni hrupa. Za izbrani objekt veljajo mejne vrednosti v preglednici 3.

Preglednica 3: Mejne ekvivalentne ravni hrupa [10], str. 10.

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{aeq} dB(A)		
	dan	večer	noč
Prostori v stanovanjih	35	33	30

3.2.2.2 Udarni hrup in zvok v zraku

Izolativnost pred zvokom v zraku in maksimalne ravni zvočnega tlaka udarnega hrupa za posamezne notranje ločilne elemente glede na namembnost prostorov, ki jih te konstrukcije ločijo, smejo dosežati manjše ali enake vrednosti iz preglednice 4.

Preglednica 4: Zvočna izolativnost ločilnih elementov [10], str. 11.

Zap.št	Notranji ločilni element	Izolacija (dB)	
4.1	Stena med stanovanjema	$R'w$	52
4.3	Stena brez vrat med stanovanjem in skupnim stopniščem	$R'w$	55
4.12	Stena v katero so vgrajena vhodna vrata v stanovanje	$R'w$	52
4.14	Vhodna vrata iz skupnega stopnišča neposredno v bivalni del stanovanja	$R'w$	37
4.15	Medetažna konstrukcija med stanovanjema	$R'w$	52

		L'nw	55
4.16	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in prostori, ki niso varovani ali poslovnimi prostori pod stanovanjem	R'w	52
		L'nw	58

3.2.2.3 Zaščita stavb pred zunanjim hrupom

Da izpolnimo zahteve pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah, mejne vrednosti iz preglednice 3 ne smejo presegati vrednosti iz preglednice 4.

Skupna zvočna izolativnost zunanje ločilne konstrukcije, ki pripada obravnavanemu prostoru, je odvisna od zvočne izolativnosti posameznih zunanjih ločilnih elementov, ter od deleža, ki ga površine teh elementov predstavljajo v skupni površini zunanje ločilne konstrukcije (zunanje stene, okna, vrata, roletne omarice, prezračevalniki, streha,...). Zvočna izolacija ločilne konstrukcije je sposobnost, da v določeni meri omeji prehod zvoka iz okolja v varovani prostor [10].

Raven hrupa, ki nastaja v obravnavanem prostoru zaradi zunanjega hrupa se določi z enačbo :

$$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - (R'_{w,f} + C_{tr,f}) + 10 \log\left(\frac{S_f}{A}\right) - \Delta L_{fs} \quad (1)$$

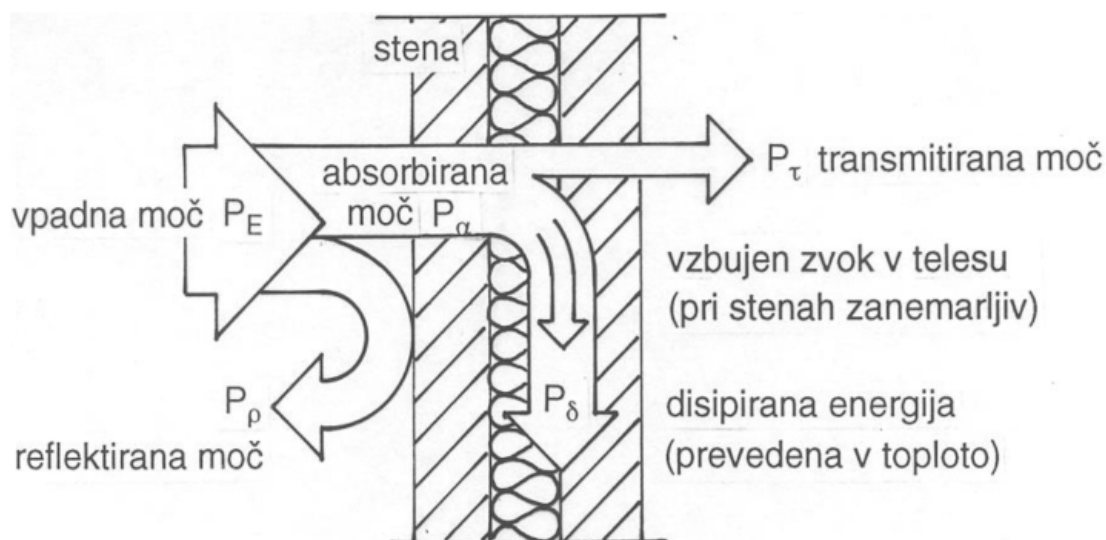
L_{notri}	[dB]	Raven hrupa v varovanem prostoru
$L_{zunaj,2m}$	[dB]	Raven hrupa 2m od fasade na zunanji strani
$R'_{w,f}$	[dB]	Zvočna izolativnost dela fasade
$C_{tr,f}$	[dB]	Korekcija
S_f	[m ²]	Površina deleža fasade
A	[m ²]	Absorpcijska površina varovanega prostora
ΔL_{fs}	[dB]	Korekcija

Zvočna izolativnost ($R'_{w,f} + C_{tr,f}$), mora v največji meri zagotavljati, da raven hrupa v varovanem prostoru L_{notri} ne presega predpisanih mejnih ravni za dnevni čas iz preglednice 3. Za izhodišče računa skupne zvočne izolativnosti fasade vzamemo vrednosti L_{zunaj} , kjer ni upoštevan odboj zvoka in smo tako na varni strani. Zvočna izolativnost masivnih fasadnih sten z zunanjo toplotnoizolacijsko oblogo je v večini primerov takšna, da na zvočno izolativnost vpliva le prehod zraka preko drugih elementov (oken, prezračevalnikov, roletnih omaric,...) [10].

3.2.2.4 Izolacija notranjih ločilnih elementov pred hrupom v zraku

Pri prehodu zvoka skozi sredstvo, se del njegove energije odbije, del se je absorbira, preostanek pa prodre skozi. V ta namen dodajamo ustrezne elemente med prenosne poti zvoka, ki zvok bodisi delno odbijajo, delno pa ga prepuščajo in absorbirajo [10].

Slika 1: Širjenje zvoka v prostoru z ovirami [11]



Za zagotovitev zadostne zvočne izolativnosti je treba upoštevati predvsem naslednje [10]:

- velike površinske mase ločilnih elementov na splošno zagotavljajo večjo zvočno izolativnost
- izolativnost se na splošno povečuje s frekvenco
- uporaba večslojnih elementov omogoča boljšo zvočno izolativnost
- vrata in okna morajo biti akustično obdelana
- izogibati se je potrebno odprtinam

Izolativnost ločilnega elementa pred zvokom v zraku se določi z enačbo:

$$R' = 10 \log \left(\frac{1}{\tau'} \right) \quad (2)$$

oziroma

$$R' = 10 \log \left(\frac{W_i}{W_t} \right) = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (3)$$

W [dB] Moč zvoka v sprejemnem oziroma oddajnem prostoru

L [dB] Jakost zvoka v sprejemnem oziroma oddajnem prostoru

τ' [/] Razmerje celotne zvočne moči - izsevane v sprejemni prostor in vpadle na ločilni element

S [m²] Skupna površina KS med prostoroma

A [m²] Ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora

3.2.2.5 Izolacija konstrukcij pred udarnim hrupom

Podlaga za oceno izolacije pred udarnim zvokom predstavljata [10]:

- $L'_{n,d}$ [dB] Normirana raven zvočnega udarnega zvoka
- $L'_{n,T}$ [dB] Standardna raven zvočnega tlaka udarnega zvoka

Skupna raven udarnega zvočnega tlaka pri podnih konstrukcijah določimo z enačbo

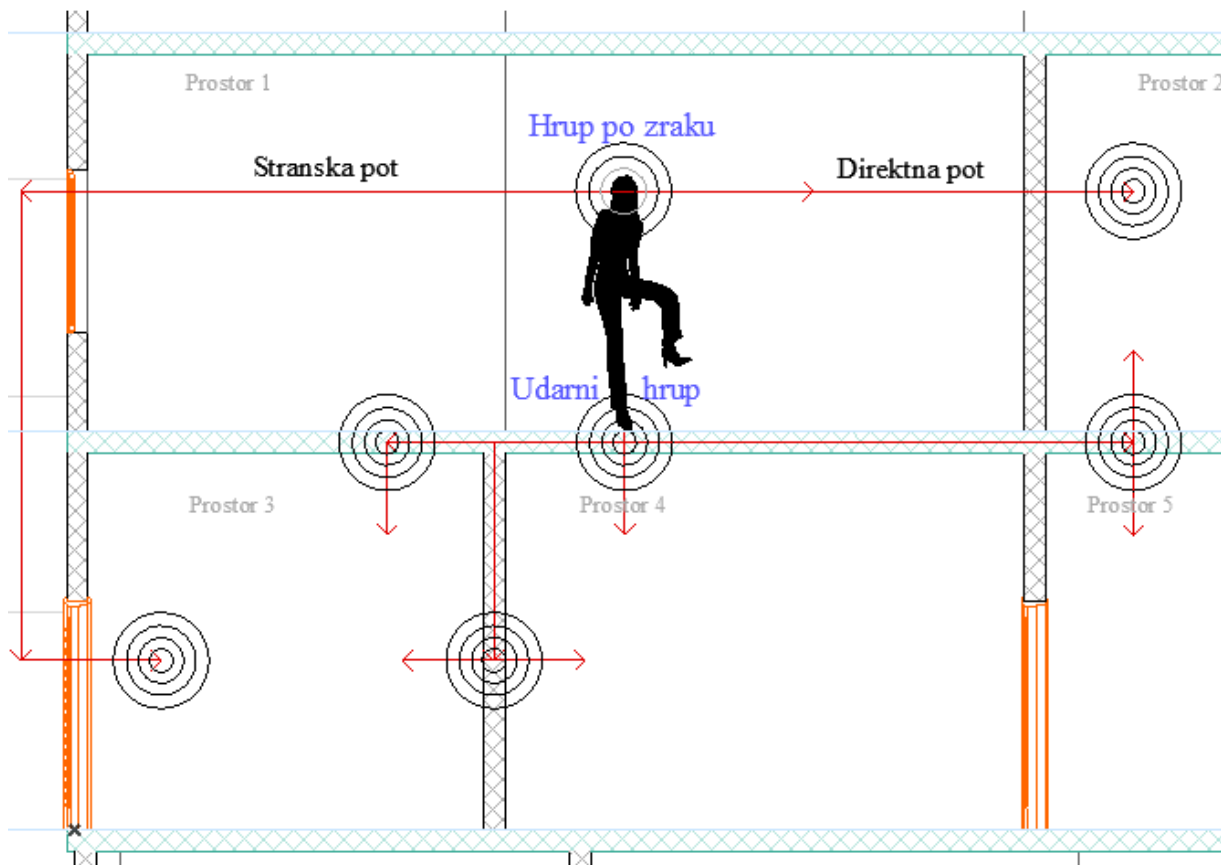
$$L'_n = 10 \log(10^{0.1L_{n,d}} + \sum_{j=1}^n 10^{0.1L_{n,ij}}) \quad (4)$$

$L_{n,d}$ [dB] Normirana raven zvočnega tlaka zaradi direktnega prenosa

$L_{n,ij}$ [dB] Normirana raven zvočnega zaradi stranskega prenosa

N [/] Število stranskih elementov

Slika 2: Širjenje hrupa po zraku in udarnega hrupa po konstrukciji (Lasten vir, 2014)



3.2.2.6 Izolacija pred hrupom obratovalne opreme

Hrup v objektu povzroča tudi stalno nameščena oprema za delovanje potreb objekta. To so naprave za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo.

3.2.2.7 Obvladovanje odmevnega hrupa

Znižanje odmevnega hrupa dosežemo s povečanjem absorptivnosti površin na stropu in stenah. Potrebno je upoštevati frekvenčne značilnosti hrupnih virov in geometrije prostora. Če v prostoru nenadoma izključimo hrupni vir, akustični odboji še naprej potujejo po prostoru in počasi pojenjajo. Bolj kot je prostor odmeven, počasneje ta energija dissipira. Odmevni čas v stanovanjih običajno znaša vsaj 0,5 s oziroma čas, v katerem se po izključitvi emisije jakost zvoka zmanjša za 60 dB. TSG-1-005:2012 za izračun odmevnega časa uporablja dve metodi. To sta izračun po Sabinovi formuli, ki ustreza pri manjši absorpciji zvoka v prostoru in Eyringova formula za večje prostore, kjer moramo upoštevati tudi absorpcijo zvoka v zraku [10].

$$T_s = (0,163V) / (A) \text{ Sabinova formula} \quad (5)$$

V [m³] Volumen prostora

A [m²] Ekvivalentna absorpcijska površina $A = \sum A_i \cdot \alpha_i$

$$T_{Ey} = (0,163V) / (-S \ln(1 - \bar{\alpha}) + 4mV) \text{ Eyringova formula} \quad (6)$$

S Seštevek vseh površin v prostoru

$\bar{\alpha}$ Srednji koeficient absorpcije zvoka vseh površin v prostoru

4mV Absorpcija zvoka v zraku

Ker gre v našem objektu za stanovanjske prostore manjših dimenzij, absorpcija zvoka v zraku ne pride do izraza, zato se člen $4mV$ zanemari.

4 OBJEKT VILA TREVEN

4.1 Opis objekta

Obravnavan objekt Vila Treven, se nahaja v središču starega mestnega jedra v Idriji na nadmorski višini 330m in na geografskih koordinatah po Gauss-Krügerjevi projekciji:

- GKX: 95 655
- GKY: 424685

Po zunanjem videzu se prilagaja tipologiji obstoječih stavb v mestnem središču. Zunanji videz je za ta del mesta pomembnega vidika, zato se tudi po višini prilagaja sosednjim objektom. Po višini obsega klet, pritličje, dve nadstropji in mansardo. V objektu se prepletata poslovna in stanovanjska raba. Prostori v pritličju so namenjeni poslovnim dejavnostim, ostala nadstropja pa stanovanjski rabi.

Slika 3: Objekt Vila Treven, JZ del fasade (Lasten vir, 2014)



Objekt je pravokotne oblike, bruto tlorisnih dimenzij 15,7 m in 13,6 m, s fasadnimi zamiki kateri se prilagajajo obliki gradbene parcele. Kota pritličja $\pm 0,00$ m je na nadmorski višini +328,5 m. Stavba je v celoti zasnovana kot armiranobetonska (v nadaljevanju AB) konstrukcija. Zaradi geomehanskih lastnosti terena je bilo potrebno izvesti temeljenje na AB plošči debeline 40 cm. Medetažna konstrukcija je AB plošča debeline 20 cm. Obodne nosilne stene so AB debeline 20 cm, na vogalih pa AB proti potresne vezi. Stopnice in jašek dvigala so AB.

Fasadna opna objekta je v celoti izvedena kot tankoslojna toplotno izolacijska fasada z izolacijo kamene volne debeline 14 cm. Zaključni sloj je zglajeni hidroizolacijski zunanji omet barvan v svetlih tonih. V podzemeljskem delu je vertikalna izolacija izvedena z bitumenskim trakom in ekspanziranim polistirenom. Med stanovanji in stenami proti stopnišču je armirano betonska stena debeline 15 cm z dodano 3 cm debelo zvočno izolacijo ekstrudirani polistiren (XPS). Fasada sledi vzorcem sosednjih obstoječih objektov, da je ohranjen meščanski videz v starem mestnem jedru.

Streha je izvedena kot simetrična dvokapnica v naklonu 32° in se prilagaja sosednjima obstoječima objektoma. Del strehe je izveden kot dva med seboj povezana strešna pomola z naklonom strešine 7° . Ostrešje je klasična lesena konstrukcija iz smrekovega lesa. Kritina je opočnati zareznik, na pomolih pa titan - cink pločevina. Na strehi objekta so kot sekundarna kritina vgrajene Agepan plošče. Na delu pločevinaste strešine je kot sekundarna kritina nameščena paroprepustna (Delta-Vent) folija.

Slika 4: Objekt Vila Treven, SV del fasade (Lasten vir, 2014)



Okna in vrata so v stanovanjskem delu pokončnih pravokotnih oblik deljene na več polj. Odpiranje oken je okrog vertikalnih in horizontalnih osi. Zasteklitev je na večini objekta izvedena s troslojnim steklom s toplotno prehodnostjo $U_g=0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za zaščito pred soncem so na vseh steklenih površinah nameščene električno vodene žaluzije. Vhodna vrata v stanovanjske prostore so lesena s 30 minutno protipožarno zaščito.

Ogrevanje prostorov in priprava sanitarne vode za stanovanjske enote poteka individualno preko plinskega kotla za vsako stanovanje posebej. V mansardnem stanovanju ogrevanje poteka v kombinaciji plinski kotel in toplotna črpalka.

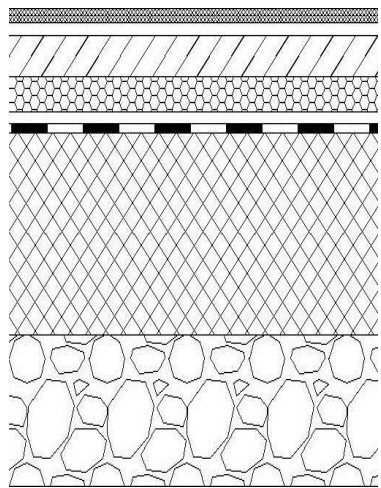
Vsaka stanovanjska enota je opremljena s stenskim plinskim kondenzacijskim kotlom. V poletnem času se za ohlajevanje prostorov uporablja split inverterne toplotne črpalke zrak - zrak. Temperaturo zraka v prostoru uporabnik regulira s pomočjo brezžičnih stenskih termostатов v posameznih prostorih. Priprava tople vode poteka iz plinskih kondenzacijskih kotlov in toplotne črpalke. Izvedeno je talno ogrevanje objekta. Na toplotno in zvočno izolacijske plošče je položena čvrsta polistirenska folija, ki ima funkcijo nosilne konstrukcije za razvod toplotnih cevi. Obenem folija nudi tudi vlogo hidroizolacije, vendar samo kot zaščita pred mokrim vgrajevanjem cementnega estriha. Na to folijo so položene cevi talnega ogrevanja. Cevi so položene z ustreznimi radiji, ovite v cevasto izolacijo in zalite z estrihom. V kopalniških prostorih so nameščeni dodatni letveni električni radiatorji. V projektni dokumentaciji je navedeno, da je prezračevanje vsakega stanovanja nizko energetska, kar bi bilo potrebno ustrezno preveriti. Nameščena je centralna prezračevalna naprava z vgrajenim rekuperatorjem. Pozimi se ohranja toplota v stavbi in poleti hlad v stavbi. Hlajenje prostorov z možnostjo ogrevanja v prehodnem obdobju poteka s klima split napravami. Objekt je priključen na električno omrežje, vodovod, kanalizacijo, plin, telefon in CATV. Meteorna voda s strešin in talnih površin se odvaja v obstoječo cestno kanalizacijo. Predviden je tudi večji lovilec olj, ki bo zgrajen skupaj s sosednjim objektom po podrobnem prostorskem načrtu Soča [12].

Slika 5: Objekt Vila Treven, V del fasade (Lasten vir, 2014)



4.2 Konstrukcijski sklopi

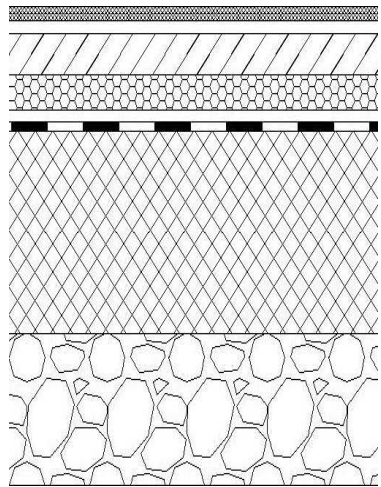
Preglednica 5: Konstrukcijski sklop tla v kleti [12]

Tla – klet			
Material	Debelina sloja d [mm]	Toplotna prevodnost materiala λ [W/mK]	
Keramika na lepilu	15	1,28	
2x HI bitumen premaz	2	0,17	
Armiran estrih	45	0,93	
TI EPS	30	0,034	
PE folija	1	0,19	
HI-bitumenski trak	5	0,19	
AB plošča	400	2,04	
Tamponsko nasutje	400	2,30	

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa:

$$U=0,594 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Preglednica 6: Predloga konstrukcijskega sklopa tla v kleti

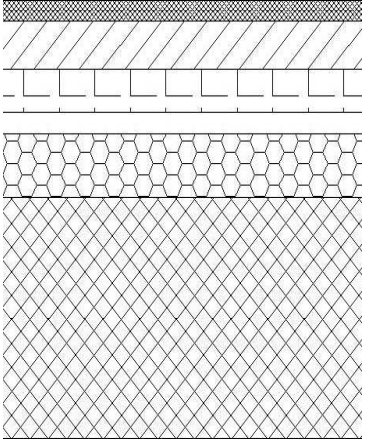
Tla – klet			
Material	Debelina sloja d [mm]	Toplotna prevodnost materiala λ [W/mK]	
Keramika na lepilu	15	1,28	
2x HI bitumen premaz	2	0,17	
Armiran estrih	45	0,93	
TI EPS	100	0,036	
PE folija	1	0,19	
HI-bitumenski trak	5	0,19	
AB plošča	400	2,04	
Tamponsko nasutje	400	2,30	

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa:

$$U=0,298 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Preglednica 7: Konstrukcijski sklop medetažna konstrukcija [12]

Medetažna – med stanovanji		
Material	Debelina sloja d [mm]	Toplotna prevodnost materiala λ [W/mK]
Parket	20	0,21
Armiran estrih	65	0,93
Upnor plošča ND11 (HI) + PE cevi	35	/
Termosilent folija	5	0,041
TI EPS	55	0,035
AB plošča	200	2,04

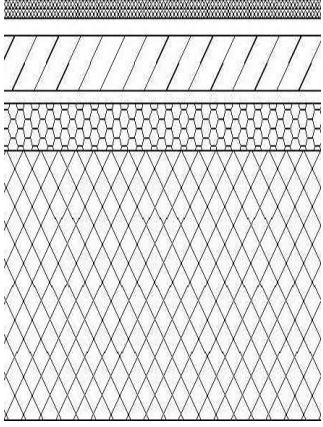


Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa:

$$U=0,462 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Preglednica 8: Konstrukcijski sklop medetažna konstrukcija [12]

Medetažna – nad kletjo		
Material	Debelina sloja d [mm]	Toplotna prevodnost materiala λ [W/mK]
Keramične ploščice na lepilu	15	1,28
Armiran estrih	70	0,93
Termosilent folija	5	0,19
TI EPS	100	0,035
AB plošča	200	2,04

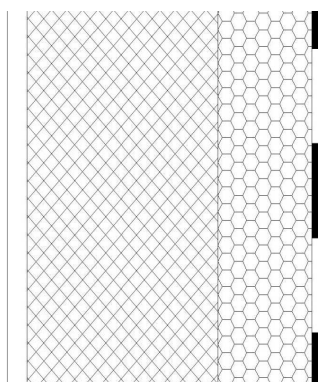


Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa:

$$U=0,309 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Preglednica 9: Konstrukcijski sklop zunanja stena [12]

Zunanja stena		
Material	Debelina sloja d [mm]	Toplotna prevodnost materiala λ [W/mK]
Notranji omet	3	0,81
AB stena	200	2,04
TI Tervol-kamena volna	140	0,037
Zunanji omet	10	0,70

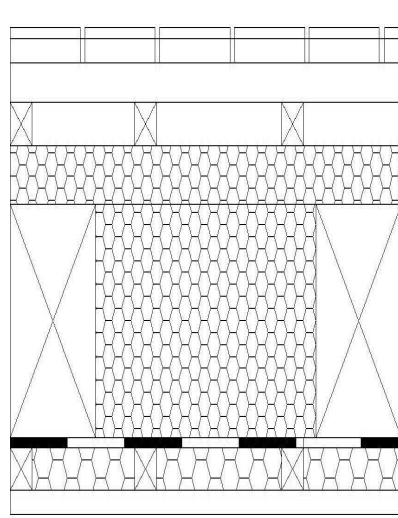


Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa:

$$U=0,246 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

Preglednica 10: Konstrukcijski sklop poševna streha [12]

Streha v naklonu 32°		
Material	Debelina sloja d [mm]	Toplotna prevodnost materiala λ [W/mK]
Creaton strešnik	25	0,99
Vzdolžne letve	30	/
Prečne letve	30	/
AGEPAN plošče	60	0,034
TI Tervol med špirovci 18/12	180	0,037
Parna zapora – PE folija	1	0,19
TI Tervol med alu profili	50	0,037
2 x mavčno-kartonska plošča	25	0,21



Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa:

$$U=0,120 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

5 METODA DELA

5.1 Energetska analiza objekta

5.1.1 Metodologija izračuna energetske bilance

Gradbeni objekti ter njihove naprave za ogrevanje, hlajenje, razsvetljava in prezračevanje morajo biti načrtovani in grajeni tako, da je ob upoštevanju oseb v objektu in lokalnih podnebnih razmer poraba energije pri uporabi objekta in naprav majhna. Gradbeni objekti morajo biti tudi energetske učinkoviti ter med gradnjo in rušenjem porabiti čim manj energije [7]. Izračun porabe energije v stavbi dobimo z integriranim obravnavanjem:

- arhitekturno gradbenega dela
- instalacijskega dela
- dejavnosti v stavbah [8].

Direktiva EPBD-R/2010/31/EU [13] zahteva od držav članic uvedbo integriranega pristopa k ocenjevanju porabe energije v stavbah. To pomeni, da se mora pri izračunu energetske bilance stavbe upoštevati energijo za:

- ogrevanje
- hlajenje
- prezračevanje
- pripravo tople sanitarne vode
- razsvetljava [13].

V pravilniku PURES:2010 je zahtevano, da sledeči parametri ne presegajo vrednosti, ki so predstavljene v pravilniku [7]:

1. Q_{NH}/Au [kWh/m²a] specifična poraba energije za ogrevanje in specifična poraba energije za hlajenje Q_{NC}/Au [kWh/m²a]
2. $H \cdot t$ koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub
3. U_{max} [W/m²K] največja dovoljena toplotna prehodnost posameznega elementa stavbnega ovoja

5.1.2 Program za izračun energetske bilance TOST

Analizo energetske bilance sem izvedel s pomočjo računalniškega programa TOST po PURES 2010 upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010. Avtorja programa sta prof. dr. Aleš Krainer in Rudi Perdan. Program je izdelan v okolju Microsoft Excel [14].

5.1.3 Vhodni podatki za izdelavo računske energetske bilance

5.1.3.1 Klimatski podatki

Klimatski pogoji so vezani na geografsko lokacijo in so zelo pomembni za končni izračun potrebne energije za ogrevanje ter hlajenje in solarne pribitke. Obravnavana stavba se nahaja v Idriji na geografskih koordinatah GKX: 95655 in GKY: 424685 [12]. Program se samodejno poveže z bazo klimatskih podatkov Ministrstva za okolje in prostor Republike Slovenije. Podatki, ki so potrebni za izračun energetske analize so povprečna temperatura, sončno sevanje, število dni ogrevanja in letna sončna energija.

5.1.3.2 Razdelitev na cone in geometrijski podatki

Za vsako cono sem podal zahtevane geometrijske podatke, projektne temperature in vrsto konstrukcije glede na toplotno kapaciteto. Objekt sem razdelil na tri ogrevane cone:

- frizerski salon
- bivalni del
- mansardno stanovanje,

tri neogrevane cone:

- garaža
- podstrešje
- stopnišče

in eno neogrevano cono pod nivojem terena:

- klet

Preglednica 11: Geometrijski podatki izbranega objekta

Ime cone	Neto površina [m ²]	Neto prostornina [m ³]
Bivalni del	288	820
Mansarda	133	350
Frizerski salon	113	320
Stopnišče	18	233
Garaža	22	65
Podstrešje	80	140
Klet	140	336

Preglednica 12: Podatki geometrije in lokacije objekta

Neto uporabna površina stavbe [m ²]	A _u	533,8
Kondicionirana prostornina stavbe [m ³]	V _e	1490,0
Površina toplotnega ovoja [m ²]	A	1010,7
Oblikovni faktor [m ⁻¹]	f ₀ =A/V _e	0,68
Temperaturni primankljaj [Kdni]	DD	3500,0
Povprečna letna temperatura zunanjega zraka [°C]	T _L	9,8

5.1.3.3 Učinkovitost sistemov za ogrevanje, hlajenje in pripravo sanitarne vode

Učinkovitost posameznih sistemov sem določil na podlagi priporočenih vrednosti, ki jih podaja priročnik za uporabnike programa TOST [14].

Preglednica 13: Koeficienti za izračun učinkovitosti sistemov nameščenih v objektu

Sistem	Generacija	Distribucija	Emisija
Ogrevanje	1,10	0,95	0,90
Hlajenje	3,50	0,95	0,92
Priprava tople vode	1,00	0,95	1,00

5.1.3.4 Notranji toplotni viri

Povprečno moč dobitkov notranjih virov v posamezni coni sem določil na osnovi standarda SIST EN ISO 13790:2008.

Preglednica 14: Prispevek notranjih virov zaradi ljudi, naprav, procesov in razsvetljave v stavbi [15]

	Površina [m ²]	Moč na enoto površine [W/m ²]	Moč dobitkov na cono [W]
Frizerski salon	112,0	7,4	829
Bivalni del	288,3	5,4	1557
Mansardno stanovanje	133,0	5,4	718
Klet	140,0	1,0	140
Garaža	22,0	1,0	22
Stopnišče	18,0	1,0	18

Notranje vire sem določil na podlagi standarda SIST EN ISO 13790:2008. Cona je sestavljena iz različnih prostorov, za katere veljajo različni dobitki. Za dnevni prostor s kuhinjo velja dobitek 9 W/m^2 , za prostore kot so kabinet, spalnica, kopalnica in hodnik sem vzel vrednost 3 W/m^2 . Moč dobitkov na cono sem določil iz povprečne vrednosti moči na enoto površine posamezne cone.

Ovoj stavbe sem predstavil kot transparentni in ne transparentni del. Za vsak del posebej sem določil površino in toplotno prehodnost. Zelo pomembni so predelni elementi med posameznimi conami. Cone je potrebno izbrati smiselno glede na razporeditev in notranje temperature v objektu. Predelnim elementom sem določil dimenzije in toplotno prehodnost.

5.1.3.5 Gradbeno - fizikalne lastnosti transparentnega ovoja stavbe

V naslednji preglednici so prikazane geometrijske in fizikalne lastnosti transparentnega dela stavbe. V večini gre za novejša troslojna okna s toplotno prehodnostjo $0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$ ter vrata toplotne prehodnosti $1,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar so relativno dobre karakteristike [12].

Preglednica 15: Izračunane toplotne prehodnosti elementov ovoja stavbe

Toplotne prehodnosti elementov ovoja stavbe				
Prozorni elementi				
Ime cone	Orientacija	Površina [m^2]	U_{elementa} [$\text{W/m}^2\text{K}$]	Faktor prehoda sončnega sevanja; g [12]
Bivalni del	J	33,30	0,94	0,60
	S	13,20	0,94	0,60
	V	14,00	0,94	0,60
	Z	12,60	0,94	0,60
Mansarda	J	19,10	0,94	0,60
	S	3,00	1,10	0,75
	V	7,70	0,94	0,60
	Z	5,50	0,94	0,60
Frizerski salon	J	20,20	1,24	0,80
	S	5,00	1,24	0,80
	V	6,50	1,24	0,80
Stopnišče	S	9,80	0,94	0,60
Garaža	S	7,00	1,30	0,80
Podstrešje	V	0,50	0,94	0,60
	Z	0,50	0,94	0,60

5.1.3.6 Gradbeno fizikalne lastnosti netransparentnega ovoja stavbe

Preglednica 16: Toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov [8]

TOPLOTNA PREHODNOST KS	Uizračunani [W/m ² K]	Udovoljeni [W/m ² K]
Tla v kleti	0,594	0,350
Predloga tla v kleti	0,298	0,350
Medetažna konstrukcija nad kletjo	0,309	0,350
Medetažna konstrukcija med stanovanjema	0,462	0,900
Poševna streha	0,120	0,200
Zunanja stena	0,246	0,280

Legenda barv:

Dovoljene vrednosti

Ustrezno glede na zahteve PURES:2010 in TSG-1-004:2010 [7],[8]

Presežene vrednosti

Neustrezno glede na zahteve PURES:2010 in TSG-1-004:2010 [7],[8]

Preglednica 17: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri zunanji steni (U=0,246 W/m²K)

Temperature na stikih plasti			Difuzija vodne pare		Topotna stabilnost	
Št.plasti	Temp.notri [°C]	Temp.zunaj [°C]	Kondenz nastaja v plasti	Čas potreben za izsušitev [dni]	Temp. dušenje	Temp. zakasnitev [ura]
1	19,2	19,2	/	/	193,9	10,3
2	19,2	18,6				
3	18,6	-4,7				
4	-4,7	-4,8				

Preglednica 18: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri medetažni konstrukciji (U=0,462 W/m²K)

Temperature na stikih plasti			Difuzija vodne pare		Topotna stabilnost	
Št.plasti	Temp.notri [°C]	Temp.zunaj [°C]	Kondenz nastaja v plasti	Čas potreben za izsušitev [dni]	Temp. dušenje	Temp. zakasnitev [ura]
1	20,0	20,0	/	/	146,2	9,31
2	20,0	20,0				
3	20,0	20,0				
4	20,0	20,0				
5	20,0	20,0				

Preglednica 19: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri medetažni konstrukciji nad kletjo (U=0,309 W/m²K)

Temperature na stikih plasti			Difuzija vodne pare		Topotna stabilnost	
Št.plasti	Temp.notri [°C]	Temp.zunaj [°C]	Kondenz nastaja v plasti	Čas potreben za izsušitev [dni]	Temp. dušenje	Temp. zakasnitev [ura]
1	19,8	19,7	/	/	211,2	10,4
2	19,7	19,6				
3	19,6	19,4				
4	19,4	14,2				
5	14,2	14,1				

Preglednica 20: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri tleh na terenu (U=0,594 W/m²K)

Temperature na stikih plasti			Difuzija vodne pare		Topotna stabilnost	
Št.plasti	Temp.notri [°C]	Temp.zunaj [°C]	Kondenz nastaja v plasti	Čas potreben za izsušitev [dni]	Temp. dušenje	Temp. zakasnitev [ura]
1	14,6	14,6	/	/	2667,6	21,9
2	14,6	14,6				
3	14,6	14,4				
4	14,4	11,1				
5	11,1	11,1				
6	11,1	11,1				
7	11,0	10,5				
8	10,5	10,0				

Preglednica 21: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri predlogi tla na terenu (U=0,298 W/m²K)

Temperature na stikih plasti			Difuzija vodne pare		Topotna stabilnost	
Št.plasti	Temp.notri [°C]	Temp.zunaj [°C]	Kondenz nastaja v plasti	Čas potreben za izsušitev [dni]	Temp. dušenje	Temp. zakasnitev [ura]
1	14,8	14,8	/	/	6572,9	23,6
2	14,8	14,8				
3	14,8	14,7				
4	14,7	10,6				
5	10,6	10,6				
6	10,6	10,5				
7	10,5	10,3				
8	10,3	10,0				

Preglednica 22: Toplotna prehodnost in difuzija vodne pare pri poševni strehi ($U=0,120 \text{ W/m}^2\text{K}$)

Temperature na stikih plasti			Difuzija vodne pare		Topotna stabilnost	
Št.plasti	Temp.notri [°C]	Temp.zunaj [°C]	Kondenz nastaja v plasti	Čas potreben za izsušitev [dni]	Temp. dušenje	Temp. zakasnitev [ura]
1	19,6	19,4	/	/	219,2	9,8
2	19,4	19,2				
3	19,2	15,2				
4	15,2	15,2				
5	15,2	0,5				
6	0,5	-4,8				
7	-4,8	-4,9				

5.1.3.7 Toplotni mostovi in toplotna kapaciteta izbranega objekta

Izračun dopušča možnost, da izberemo upoštevanje toplotnih mostov na poenostavljen način, ki je zajet v standardu SIST EN ISO 14683. To dovoljuje tudi TSG-1-004:2010

Glede na to, da je nosilna konstrukcija v celoti grajena iz AB stebrov, AB sten in AB plošč ter da odstotek zasteklitve ni tako velik, sem jo glede na toplotno kapaciteto uvrstil med »težke stavbe«.

5.1.3.8 Prezračevanje

V objektu se izvaja tako naravno, kot tudi mehansko prezračevanje. Količine izmenjanega zraka in ostale koeficiente sem izpisal iz standarda SIST-EN-ISO 13790:2008.

Preglednica 23: Koeficienti za mehansko in naravno prezračevanje [15]

Urna izmenjava zraka z zunanjim [h^{-1}]	0,70
Minimalna izmenjava zraka [h^{-1}]	0,65
Količina odtoka zraka [m^3/s]	0,04
Količina dotoka zraka [m^3/s]	0,03
Del obdobja, ko ventilatorji delujejo	0,75
Učinkovitost rekuperacijskega sistema	0,90
Urna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50Pa	4,00
Koeficient izpostavljenosti vetru	15,00

5.1.3.9 Priprava tople vode in razsvetljava

Priprava tople vode se zagotavlja s plinskimi kondenzacijskimi kotli v kombinaciji s toplotno črpalko. Porabo energije za ogrevanje tople vode sem določil glede na vrsto stavbe, število dni zagotavljanja tople vode in referenčno površino stavbe. Porabo energije za razsvetljava sem določil glede na vrsto stavbe in gostoto moči svetil. Največja dovoljena povprečna moč svetil ne sme presegati 8 W/m^2 [8].

5.2 Zvočna analiza objekta

5.2.1 Metodologija izračuna zvočne zaščite objekta pred hrupom

Osnovna zahteva se glasi, da morajo biti zgradbe načrtovane in grajene tako, da je hrup ki so mu izpostavljeni uporabniki ali ljudje, ki se nahajajo v bližini, vzdrževan na ravni, ki ne bo ogrožala njihovega zdravja in jim bo omogočila spati, počivati in delati v zadovoljivih pogojih [9].

Tehnična smernica TSG-1-005:2012 je opredeljena kot dokument, s katerim se za določeno vrsto objekta uredi natančnejša opredelitev bistvenih zahtev z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta ves čas njegove življenjske dobe. Zvočna izolacija zunanjih in notranjih ločilnih elementov mora biti dovolj velika, da hrup v stavbi ne presega mejnih vrednosti ravni hrupa, navedenih v preglednici 3.

5.2.2 Program za izračun zaščite pred hrupom URSA 1.01

Program *URSA Akustika 1.01* temelji na teoretičnih postopkih izračuna zvočne izolacije, ki so podani v tehnični smernici TSG-1-005:2012. Izračun zajema tako izolacijo pred hrupom, ki se širi po zraku in udarnim hrupom pri medetažnih konstrukcijah. Dobljene vrednosti parametrov zvočne izolacije predstavljajo ocenjeno vrednost. Dejanske izmerjene vrednosti so v velike meri odvisne od umestitve in izvedbe konstrukcije na samem objektu in so praviloma nižje od izračunanih vrednosti [16].

5.2.3 Vhodni podatki za izračun zaščite pred hrupom s programom URSA 1.01

V programu sem pripravil nov projekt. Zvočno izolativnost sem preveril za tri elemente konstrukcije v objektu. Izbral sem jih glede na največji pričakovan prehod zvoka in vpliv na počutje uporabnikov stavbe. Analizirani elementi konstrukcije:

- stena med stanovanjema
- medetažna konstrukcija med stanovanjem in poslovnim prostorom pod njim
- medetažna konstrukcija med stanovanjema
- medetažna konstrukcija med stanovanjem in hrupnim prostorom pod njim

Območje objekta sem opredelil kot III. območje varstva pred hrupom.

Za vsak tip konstrukcije sem definiral sestavo konstrukcijskega sklopa, materiale in debelino. Vsaka konstrukcija je sestavljena iz več slojev, vsak sloj pa lahko še iz več pod slojev. Za preveritev ustrezne zvočne izolativnosti je potrebno določiti kategorijo objekta. Izbran objekt je definiran kot stanovanjsko – poslovna stavba. Obravnavanemu tipu konstrukcije določimo še namen pregrade. To določimo tako, da preverimo na katere prostore pregrada meji in kakšno namembnost imajo ti prostori. Program nam rezultate predstavi v grafični in tabelarični obliki. Izbiramo lahko prikaz rezultatov za hrup ki se širi po zraku in udarni hrup.

6 REZULTATI ANALIZE

6.1 Energetska analiza

6.1.1 Rezultati računske energetske bilance izbranega objekta

Predstavljena preglednica 22 prikazuje izračunane parametre porabe energije s pomočjo programskega orodja TOST in rezultate, ki so navedeni v projektni dokumentaciji.

Preglednica 24: Rezultati in primerjava energetske analize s programom TOST ter podatki iz projektne dokumentacije

	Izračunane vrednosti v projektni dokumentaciji [12]	Izračunane vrednosti s programom TOST	Največje dovoljene vrednosti iz programa TOST	Odstopanja izračunanih vrednosti s prog.TOST od vrednosti iz PD
Koef. spec. transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/m^2K]	0,34	0,31	0,41	8,8 %
Letna raba primarne energije Q_p [kWh]	91.286	54.423	139.831	40,0 %
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	10.920	15.866	28.188	31,1 %
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	13.545	8.299	37.366	38,7 %
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine in kondicionirane prostornine	Izračunana	Izračunana	Največja dovoljena	
Q_{NH}/A_u [kWh/m^2a]	14,86	29,72	52,60	50,0 %
Q_{NH}/V_e [kWh/m^3a]	5,93	10,60	/	44,0 %
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine stavbe Q_p/A_u [kWh/m^2a]	124,24	101,90	/	18,2 %
Letni izpust CO_2 [kg]	19.352	10.706	/	44,0 %
Letni izpust CO_2 na enoto uporabne površine stavbe [kg/m^2a]	26,34	20,06	/	23,0 %

Z zeleno obarvane vrednosti pomenijo ugodnejše odstopanje, z rdečo pa pomenijo manj ugodno odstopanje v primerjavi s podatki iz projektne dokumentacije.

Preglednica 25: Izračunani dobitki in izgube energije

	Ogrevanje [kWh/m ²]	Hlajenje [kWh/m ²]
Transmisijske izgube	54,8	27,8
Ventilacijske izgube	40,4	19,3
Skupne izgube	95,3	47,1
Notranji dobitki	25,3	22,3
Solarni dobitki	45,5	35,6
Skupni dobitki	70,9	57,9

Preglednica 26: Izračunani energetske kazalniki

	Ogrevanje [kWh/m ²]	Hlajenje [kWh/m ²]	Topla voda [kWh/m ²]	Razsvetljava [kWh/m ²]	Skupaj [kWh/m ²]
Potrebna energija	29,7	15,6	10,0	10,2	75,3
Končna energija	31,2	5,1	10,5	10,2	67,1
Primarna energija	34,3	13,1	11,6	25,4	101,9

6.1.2 Komentar in ugotovitve rezultatov računске energetske bilance izbranega objekta

Objekt vila Treven izpolnjuje vse tehnične zahteve, ki morajo biti dosežene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, prezračevanja, priprave tople vode in razsvetljavo. V preglednici 22 so podrobne prikazane vrednosti sledečih parametrov:

- koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe
- dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe preračunana na enoto kondicionirane površine
- dovoljeni letni potreben hlad za hlajenje stavbe preračunan na enoto površine stavbe
- letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi preračunana na enoto ogrevane površine stavbe

Velja, da je dosežena energetska učinkovitost, saj so izračunane vrednosti manjše od tistih, ki jih narekuje PURES:2010 (preglednica 22).

Eden izmed razlogov zakaj pride do odstopanj med rezultati podanimi v projektni dokumentaciji in mojimi izračuni je uporaba različne programske opreme. Avtor energetskega izračuna je uporabil program Fibran ArchiMAID. Manjša odstopanja pridejo že pri geometrijskih podatkih samega objekta. Lahko da je avtor celoten objekt obravnaval kot eno cono, kar pa ne morem trditi, saj iz dokumentacije energetskega izkaza ni razvidno.

V objektu je neizkoriščen potencial ostal pri obnovljivih energijskih virih. Delež energije bi lahko zmanjšali z uporabo sončnih kolektorjev, saj je objekt orientiran na južno stran neba.

6.2 Zvočna analiza

6.2.1 Rezultati zvočne analize

Preglednica 27: Rezultati zvočne zaščite ločilnih elementov v objektu [10]

ZAŠČITA PRED HRUPOM V STAVBI	Zvok ki se širi po zraku		Udarni zvok	
	Izračunana vrednost R^w_{izrac} [dB]	Potrebna ovrednotena zvočna izolirnost R^w [dB]	Izračunana vrednost L^w_{izrac} [dB]	Največja dovoljena vrednost ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka L^w_{nw} [dB]
Stena med stanovanjema	54	52	/	/
Medetažna konstrukcija med stanovanjem in poslovnim prostorom pod njim	61	52	54	58
Medetažna konstrukcija med stanovanjem in hrupno restavracijo pod njim	61	62	54	58
Medetažna konstrukcija med stanovanjema	61	52	53	55

Legenda barv:

Dovoljene vrednosti Ustrežno glede na zahteve Pravilnika o zvočni zaščiti pred hrupom v stavbah in TSG-1-005:2012 [9],[10]

Presežene vrednosti Neustrezno glede na zahteve Pravilnika o zvočni zaščiti pred hrupom v stavbah in TSG-1-005:2012 [9],[10]

6.2.1.1 Izračun zvočne izolativnosti dela fasade

Za izračun zvočne izolativnosti dela fasade se bom omejil le na prostor v stanovanju, ki se nahaja v drugem nadstropju, namenjen pa je počitku in druženju stanovalcev.

$$S_f = 65 \text{ m}^2 \text{ (površina fasade izpostavljene zunanemu okolju)}$$

$$A_{\text{neto}} = 55 \text{ m}^2 \text{ (površina prostora)}$$

$$V = A_{\text{neto}} * h_{\text{prostora}} = 55 * 2,84 = 156,2 \text{ m}^3 \text{ (volumen prostora)}$$

$$A = \frac{0,163 * V}{T_0} = \frac{0,163 * 156,2}{0,5} = 50,9 \text{ m}^2$$

$$(R'_{w,f} + C_{tr,f}) = L_{zunan,2m} - L_{notri} + 10 \log\left(\frac{S_f}{A}\right) - \Delta L_{fs} = 60 - 30 + 10 \log\left(\frac{65}{50,9}\right) - 1,5 = 29,6 \text{ dB}$$

Izračun pokaže, da bo fasadni pas ustrezen, če bo skupna izolativnost vseh elementov ovoja posameznega prostora dosegla najmanj 30 dB izolacije pred hrupom v zraku.

6.2.1.2 Izračun odmevnega hrupa:

Odmevni hrup izračunamo po Sabinovi formuli.

Preglednica 28: Absorpcijska površina prostora

	A [m ²]	Material	Absorptivnost	A _S =A*Absorptivnost
Strop	55,0	Omet	0,10	5,50
Tla	55,0	Parket	0,03	1,65
Stena1	42,0	Omet	0,10	4,20
Stena2	42,0	Omet	0,10	4,20
Stena3	11,4	Omet	0,10	1,14
Stena4	11,4	Omet	0,10	1,14
Zasteklitev	21,4	Ok. steklo	0,20	4,28
Vrata	4,0	Vezane plošče	0,10	0,40
Omara	8,0	Les	0,10	0,80
Sedežna	7,0	Tapeciran sedež	0,60	4,20
Miza+5 stolov	12,0	Lesena klop	0,03	0,36
			Vsota:	27,80

Odmevni čas izračunan po Sabinovi formuli znaša:

$$T_s = (0,163V) / (A) = 0,163 * 156,2 / 27,8 = 0,92 \text{ s}$$

6.2.2 Komentar in ugotovitve rezultatov zvočne analize

Novogradnja se nahaja v središču precej hrupnega mestnega jedra. Namenjena je bivanju ljudi in poslovni dejavnosti. S projektom in izvedbo so bile zagotovljene vrednosti zvočne izolativnosti v dovoljenih mejah, kot jih predpisuje Pravilnik o zvočni zaščiti pred hrupom. Čeprav je v projektu izvedbenih del napisano, da je potrebna zvočna izolativnost dosežena deloma samo iz izkušenj projektantov, sem z izračunom to dokazal in potrdil. Kritična je bila predvsem pregrada, ki ločuje stanovanje in poslovni prostor. Izkazalo se je, da je medetažna konstrukcija ustreznega sestava in hrup, ki se širi iz frizerskega salona ne ogroža zdravja ljudi v stanovanju nad njim. V primeru, da se bo kdaj spremenila namembnost poslovnih prostorov sem naredil še primer za hrupno restavracijo pod stanovanjem. Tu se pojavi težava, saj bi zvok, ki se širi po zraku lahko negativno vplival na počutje in udobje stanovalcev, zgornjega stanovanja.

Izračun parametrov prostorske akustike ni zajet v pravilniku o zvočni zaščiti in ni potreben za pridobitev posameznih dokumentacij. Menim, da bi bilo potrebno izračunati parametre prostorske akustike tudi v stanovanjskih prostorih, kjer se zadržujejo ljudje, saj bi ugodnejši parametri bistveno boljše vplivali na počutje in zdravje uporabnikov. Odmevni čas sem izračunal za dnevni prostor v kombinaciji s kuhinjo. Rezultat $T_s=0,92$ s ne kaže pomanjkljivosti v prostoru. Dodatno bi odmevni čas znižali tako, da bi v prostor dali razne pohištvene elemente in tako povečali absorptivnost.

7 POMANJKLJIVOSTI IN PRIPOROČILA Z GRADBENO – FIZIKALNEGA IN SANITARNO – TEHNIČNEGA VIDIKA

Preglednica 29: Pomanjkljivosti in priporočila

PODROČJE	POMANJKLJIVOST	PRIPOROČILO
Gradbena fizika	Toplotna prehodnost pri KS tla v kleti: $U_{dejanski} < U_{predpisani}$	Iz gradbeno – fizikalnega vidika je potrebno toplotno izolacijo tal na terenu povečati minimalno na 100 mm.
Zaščita pred hrupom	Zvočna zaščita pri medetažni konstrukciji nad poslovnim prostorom ne dosega zahtevanih vrednosti v primeru bolj hrupnih dejavnosti v poslovnem prostoru. Izračunana vrednost $R'_{w_{izrač}}$ ne ustreza pravilniku	-Vgradnja spuščene stropa v poslovnem prostoru višine 20 cm. Izvedba z mavčno-kartonskimi ploščami ali obešeno lahko stropno konstrukcijo.
Raba energije	Neizkoriščenost naravnih virov.	Stavbo zasnovati na principu bioklimatskih načel in vgraditi mehanske sisteme: - fotovoltaične celice - sončne sprejemne enote za pripravo tople vode

8 ZAKLJUČEK

Objekt je zasnovan in zgrajen tako, da je iz energijskega vidika orientiran na ugodnejšo južno stran. Ta stran ima tudi največji delež zasteklitve. Na severni strani zasteklitve praktično ni, oziroma so le manjša okna, ki nudijo naravno svetlobo stopnišču. Objekt ima zelo malo nepravilnih oblik zamikov fasade, tako da je precej manjša verjetnost, da je pri izvedbi izolacijskega ovoja prišlo do dodatnih nepotrebnih toplotnih mostov. Samo razmerje med površino toplotnega ovoja in kondicionirano prostornino stavbe je ugodno. Porazdelitev prostorov po objektu je optimalna glede na kombinacijo namembnosti s poslovnimi in stanovanjskimi prostori. Z zadostno debelino toplotnega ovoja stavbe in relativno dobrimi karakteristikami steklenih površin je ustrezno zmanjšan prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe. Prezračevanje z rekuperatorjem odličnega izkoristka, dobro pripomore k ohranjanju toplote oziroma hlada v objektu. Tako se pri prezračevanju potrebna energija za ogrevanje praktično ne poveča. Izračun energetske bilance je pokazal, da je objekt energijsko učinkovit. Glede na to, da je letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine manjša od 30 kWh/m^2 lahko objekt uvrstimo med nizkoenergijske.

Zvočna zaščita pred hrupom je dovolj kakovostna, da ustreza mejam, ki so podane v pravilniku. V primeru, da se bo v poslovnih prostorih izvajala druga, bolj hrupna dejavnost, vrednosti zvočne izolativnosti R_w ne bi dosegle potrebne zvočne izolativnosti. To pa ima lahko posledično negativen vpliv na stanovalce. V preglednici 25 je prikazano, da je zvočna zaščita neustrezna pri bolj hrupni uporabi prostorov.

Objekt je bil projektiran s strani izkušenih arhitektov, kar se je pokazalo pri samih rezultatih. Če je bila gradnja izvajalca kakovostna in natančna predvsem pri izdelavi toplotnega ovoja in raznih križanjih, lahko zaključim, da je objekt z vidika obravnavanih gradbenih in sanitarno tehničnih elementov ustrezno načrtovan in zgrajen. Da bi omenjeno lahko trdili v celoti, bi morali preveriti tudi ostale vidike, na primer osvetljenost z dnevno svetlobo, kakovost zraka, toplotno udobje in ergonomija.

VIRI

- [1] Europe`s buildings under the microscope. 2011.
http://www.europeanclimate.org/documents/LR_%20CbC_study.pdf (Pridobljeno 10. 7. 2014.)
- [2] Pajek, L., Dovjak, M., Kristl, Ž. 2013. Vpliv gliv v grajenem okolju na zdravje ljudi = Impact of fungal growth on human health in built environment. *Gradbeni vestnik* 62, str: 176-187. (Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [3] Simone, A., Kolarik, J., Iwamatsu, T., Asada, H., Dovjak, M., Schellen, L., Shukuya, M., Olesen, B. W. 2011. A relation between calculated human body exergy consumption rate and subjectively assessed thermal sensation. *Energy and buildings* 43, str: 1-9. (Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [4] WHO. 2014. Noise. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise> (Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [5] Uredba (EU) št. 305/2011 Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS.
- [6] Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 102/04, 15/05, 92/05, 111/05, 93/05, 126/07, 108/09.
- [7] PURES:2010. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS št. 52/2010 z dne 30. 6. 2010.
- [8] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije.
- [9] Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah. Uradni list RS št. 10/2012 z dne 10. 2. 2012.
- [10] Tehnična smernica TSG-1-005:2012. Zaščita pred hrupom v stavbah.
- [11] Košir M. 2014. Zvok 6.0; Zvok in zvočna zaščita v stavbah. Predavanje. (4. 5. 2014.)
- [12] Poslovno stanovanjska stavba. 2011. Projektna dokumentacija. Kolektor Koling. Idrija.

- [13] Direktiva 2010/31/EU Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb.

- [14] Dr. Krainer A., Perdan R. Računalniški program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010.

- [15] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb - Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.

- [16] Računalniški program URSA 1.01 Akustika. Fakulteta za elektrotehniko Beograd. Laboratorij za akustiko. Beograd.

- [17] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS št. 42/2002.

- [18] Direktiva 2009/28/ES Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 23. Aprila 2009 o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, spremembi in poznejši razveljavitvi direktiv 2001/77/ES in 2003/30/ES.

- [19] Dr. Krainer A., Perdan R. Računalniški program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002.