

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:

Mrhar, U., 2015. Energetska sanacija na primeru javne stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R., somentorica Dovjak, M.): 33 str.

Datum arhiviranja: 01-10-2015

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:

Mrhar, U., 2015. Energetska sanacija na primeru javne stavbe. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Dovjak, M.): 33 pp.

Archiving Date: 01-10-2015

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

Kandidatka:

URŠA MRHAR

**ENERGETSKA SANACIJA NA PRIMERU JAVNE
STAVBE**

Diplomska naloga št.: 199/B-GR

ENERGETIC RENOVATION OF A PUBLIC BUILDING

Graduation thesis No.: 199/B-GR

Mentor:

doc. dr. Roman Kunič

Somentorica:

doc. dr. Mateja Dovjak

Ljubljana, 17. 09. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana **URŠA MRHAR** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom:
ENERGETSKA PRENOVA NA PRIMERU JAVNE STAVBE.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 14. september 2015

Urša Mrhar

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: UDK/UDC: 620.9:725.1(497.4)(043.2)
Avtor: Urša Mrhar
Mentor: doc. dr. Roman Kunič
Somentor: doc. dr. Mateja Dovjak
Naslov: Energetska prenova na primeru javne stavbe

Tip dokumenta: Diplomaska naloga

Obseg in oprema: 33 str., 18 pregl., 12 sl.

Ključne besede: Energetska sanacija, stavba Občine Ribnica, kulturnovarstveni pogoji, toplotni ovoj, transparentni elementi, prezračevanje, poraba energije, energetska izkaznica

IZVLEČEK

V diplomskem delu je prikazana teoretična študija energetske prenove javne stavbe in vpliv nabora različnih ukrepov prenove na zmanjšanje količine potrebne energije za obratovanje stavbe. V delu je analizirana občinska stavba, na Gorenjski cesti 3, v Ribnici na Dolenjskem. Stavba je vpisana v Register kulturne dediščine, zato so v rešitvi energetske sanacije upoštevani tudi kulturnovarstveni pogoji. Analiza konstrukcijskih sklopov je bila narejena s programom TEDI. Prikazana je prenova celotnega stavbnega ovoja, zamenjava transparentnih elementov in namestitvev mehanskega prezračevanja. Poraba energije oziroma njeni prihranki so bili izračunani s programom TOST. Izdelava energetske izkaznice zakonsko ni potrebna, vendar je kljub temu izdelana s pomočjo programa za izračun energetske izkaznice Knauf Isolation. Z analizo trenutnega stanja stavbe je bilo ugotovljeno, da je energetska sanacija potrebna. S postopnim apliciranjem možnih rešitev sanacije se je energetska bilanca stavbe spreminjala, zahtevam Pravilnika o učinkoviti rabi energije - PURES 2010 pa ni bilo zadoščeno.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	UDK/UDC: 620.9:725.1(497.4)(043.2)
Author:	Urša Mrhar
Supervisor:	Assist. Prof. Roman Kunič, Ph.D
Co-supervisor:	Assist. Prof. Mateja Dovjak, Ph. D.
Title:	Energetic renovation of a public building
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	33 p., 18 tab., 12 fig.
Key words:	Energetic renovation, municipal building of Občina Ribnica, cultural heritage conditions, renovation of the entire building envelope, replacement of the transparent elements, installation of the mechanical ventilation, energy consumption , the calculation of energy certificate

ABSTRACT

The aim of the diploma paper is to present the energetic renovation of a public building. The paper contains the analysis of the municipal building of Ribnica community, which is located at 3 Gorenjska cesta, Ribnica. The building has been listed in the Register of Cultural Heritage, hence not only energetic renovation but also cultural factors should be taken into consideration. The analysis of the construction assembly has been carried out with the help of program called TEDI. The steps presented in the paper are the following: the renovation of the entire building envelope, the replacement of the transparent elements and the installation of the mechanical ventilation. The energy consumption and energy savings have been calculated with the help of TOST program and the energy performance certificate with the program for the calculation of energy certificate owned by Knauf Isolation.

ZAHVALA

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

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem doc. dr. Romanu Kuniču in somentorici doc. dr. Mateji Dovjak.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA.....	V
1 UVOD	1
2 CILJ NALOGE.....	1
3 TEORETIČNI DEL	3
3.1 Osnovni pojmi.....	3
3.2 Fizikalno ozadje.....	4
3.2.1 Mehanizmi prenosa toplote.....	4
3.2.2 Prehod vodne pare	5
3.3 Zakonodaja.....	6
3.3.1 Na področju energetske učinkovitosti stavb	6
3.3.2 Na področju varovanja stavbe kulturne dediščine	7
3.3.3 Na področju udobja bivanja v stavbah	8
3.4 Energetska sanacija	9
3.4.1 Možni ukrepi energetske sanacije.....	9
3.4.1.1 Dodatna toplotna izolacija stavbnega ovoja	9
3.4.1.2 Zamenjava transparentnih elementov stavbnega ovoja	11
3.4.1.3 Ureditev problemov z meteorno vodo v kleti in uvedbo spuščene stropa v 2. nadstropju.....	11
3.4.1.4 Namestitev mehanskega prezračevanja	12
3.5 Predstavitev uporabljenih programskih orodij	12
3.5.1 TEDI	12
3.5.2 TOST	13
3.5.3 KI ENERGIJA 2014	13
3.6 Predstavitev objekta	13
3.6.1 Splošno	13
3.6.2 Sestava in namembnost stavbe	14
4 METODA DELA.....	17
5 PRAKTIČNI DEL	18
5.1 Izhodišča analize	18
5.2 Današnje stanje.....	19

5.2.1	Energetska izkaznica	23
5.2.2	Komentar	23
5.2.3	Ukrepi	24
5.3	Ukrep 1	24
5.3.1	Rezultati analize in komentar	25
5.4	Ukrep 2	26
5.4.1	Rezultati analize in komentar	26
5.5	Ukrep 3	27
5.5.1	Rezultati analize in komentar	27
5.6	Ukrep 4	28
5.6.1	Rezultati analize in komentar	28
6	PRIMERJAVA REZULTATOV	29
7	ZAKLJUČEK	32
VIRI	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Toplotni tok skozi steno	5
Slika 2: Izolacija z uporabo Neopor-ja (vir: [20])	10
Slika 3: Primer sestave vzorca VIP (vir: [24])	11
Slika 4: Leseno okno z dvoslojno zasteklitvijo (vir: [25])	11
Slika 5: Današnja podoba obravnave stavbe (lasten vir, 2015)	14
Slika 6: Ulična fasada (vir: Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, območna enota Ljubljana)	14
Slika 7: Model stavbe	15
Slika 8: Vhod v objekt (levo) in škatlasto okno z enojno zasteklitvijo (desno) (lasten vir, 2015)	16
Slika 9: Orientacija in geodetske koordinate lokacije stavbe (vir: [32]).....	18
Slika 10: Prikaz obravnavanih konstrukcijskih sklopov	18
Slika 11: Prikaz razdelitve obravnavane stavbe na temperaturne cone.....	19
Slika 12: Prikaz namestitve izolacije (temno modra barva) na notranjo stran zunanjih sten.	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Lastnosti transparentnih površin (vir: [18]).....	16
Preglednica 2: Podatki o učinkovitosti strojnih sistemov.....	16
Preglednica 3: Sestava zunanje stene 1, današnje stanje	20
Preglednica 4: Sestava zunanje stene 2, današnje stanje	20
Preglednica 5: Sestava zunanje stene 3, današnje stanje	20
Preglednica 6: Sestava zunanje stene 4, današnje stanje	20
Preglednica 7: Sestava tal na terenu, današnje stanje.....	21
Preglednica 8: Sestava poševne strehe, današnje stanje	21
Preglednica 9: Sestava medetažne konstrukcije med ogrevanim in neogrevanim prostorom, današnje stanje.....	21
Preglednica 10: Sestava medetažne konstrukcije med različno ogrevanima prostoroma, današnje stanje.....	21
Preglednica 11: Sestava medetažne konstrukcije med enako ogrevanima prostoroma, današnje stanje.....	22
Preglednica 12: Energijske lastnosti stavbe, današnje stanje	22
Preglednica 13: Energijske izgube stavbe, današnje stanje	23
Preglednica 14: Energijski dobitki stavbe, današnje stanje	23
Preglednica 15: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 1	25
Preglednica 16: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 2	26
Preglednica 17: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 3	27
Preglednica 18: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 4	28

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Odvisnost faktorja U od TI materiala.....	26
Grafikon 2: Prikaz spreminjanja izgub in dobitkov stavbe ob uvajanju različnih ukrepov.	29
Grafikon 3: Prikaz odvisnost koeficienta specifičnih transmisijskih izgub od izbrane variante	30
Grafikon 4: Prikaz odvisnost letne potrebe toplote za ogrevanje od izbranega ukrepa	31
Grafikon 6: Prikaz odvisnost letne porabe primarne energije na enoto ogrevane prostornine	31

1 UVOD

Energetska sanacija stavbne kulturne dediščine se razlikuje od klasične energetske sanacije. Poleg zadovoljevanja vseh režimov s področja energetske učinkovitosti stavb, moramo biti pozorni še na kulturnovarstvene pogoje ohranjanje kvalitete kulturne dediščine. Zahteve glede energetske učinkovitosti stavb predstavljajo precejšnjo grožnjo stavbni kulturni dediščini. Zaradi odločitve, izpolnjevanje katerih zahtev bo postalo naša primarna naloga se znajdemo na razpotju. Pri energetske sanaciji javne stavbne dediščine moramo poiskati pravo razmerje med ukrepi energetske sanacije, ohranjanja zaščitene delov in ne nazadnje tudi počutja ljudi v spremenjenem okolju [1], [2].

Rada se sprehajam po ulici in opazujem stare zgradbe. Vedno znova sem navdušena nad dejstvom, da stojijo tam že nekaj časa in še vedno opravljajo določeno funkcijo. Le-ta se je skozi leta obratovanja najverjetneje spreminjala. Navdih za izbiro teme diplomske naloge sem našla v želji po spoznanju, kako lahko z različnimi gradbenimi ukrepi starim stavbam povrnemo njihovo "mladost" in jim "podaljšamo rok uporabnosti". Povedano z drugimi besedami, jih prenovimo tako, da ustrezajo trenutnim zakonskim predpisom, a še vedno izžarevajo duh časa, v katerem so bile zgrajene.

Stavba Občine Ribnica je javna ustanova, ki je zavarovana kot kulturna dediščina. V skladu s pravilnikom o učinkoviti rabi energije (v nadaljevanju PURES 2010) [2] mora za doseganje energetske učinkovitosti, ob morebitni energetske sanaciji, izpolnjevati strožje pogoje glede dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe. (Javne stavbe naj bodo vzgled prenov [2].) Letna potrebna toplota za ogrevanje je potreba po toplotni energiji, ki jo skozi eno leto vnašamo v objekt, da s tem dosežemo projektne notranje temperature. To je tudi eden izmed energetskih kazalnikov računske energetske izkaznice (v nadaljevanju REI) [2]. Ob upoštevanje Energetskega zakona (v nadaljevanju EZ-1) [3] pa izdelava energetske izkaznice in izkaza energetske učinkovitosti kulturno zavarovanega objekta ni potrebna.

2 CILJ NALOGE

V diplomskem delu želim analizirati obstoječe energetske stanje javne stavbe, ki je zavarovana kot stavbna kulturna dediščina in prikazati študijo možne energetske preнове prej omenjene stavbe. Z analizo študije obstoječega energetskega stanja stavbe želim ugotoviti glavni vzrok izgub in le-tega ustrezno sanirati. Z naborom sanacijskih ukrepov želim zmanjšati energetske izgube in se približati zahtevanim vrednostim glede potrebne letne toplote za ogrevanje javne stavbe, ob enem pa ohraniti zaščiteno zunanjščino obravnavane stavbe.

V sklopu diplomskega dela se želim spoznati s trenutno veljavno zakonodajo na področju energetske učinkovitosti stavb, na področju prenove kulturnozaščiteneh objektov, zakonodaje na področju ugodja bivanja v prostorih ter delovanjem programskih orodij TEDI [4], TOST [5] in KI ENERGIJA 2014 [6].

3 TEORETIČNI DEL

3.1 Osnovni pojmi

Javna stavba je nestanovanjska stavba z bruto tlorisno površino, večjo od 250 m², ki je v lasti države ali lokalne skupnosti in jo uporabljajo javni organi. Gradnja, rekonstrukcija ali izvajanje vzdrževalnih del na javnih stavbah, se, vsaj delno, financira iz javnih sredstev. Investitor je zavezan naročanju gradnje v skladu z zakonom, ki ureja javna naročila. Pri računu energetske bilance javne stavbe ne upoštevamo količine potrebne primarne energije za ogrevanje na m³ [1],[2].

Stavbno kulturno dediščino predstavljajo stavbe (enote ali grajeni sestavi) z vsem svojim okrasjem, opremo, napeljavami, zemljiščem ter izrazitim zgodovinskim, arheološkim, umetniškim, družbenim ali tehničkim pomenom. Kot kulturno dediščino namreč razumemo vse vire in dokaze človeškega ustvarjanja. Varovanje kulturne dediščine je v državnem interesu. Pri prenovi historičnih objektov moramo posebno pozornost nameniti ohranjanju zaščitnih in unikatnih delov stavbe [7], [8].

Konstruktivski sklop (v nadaljevanju KS) vpliva na gradbeno fizikalne procese znotraj stavbe. Če poznamo sestavo (material, debelina materiala, lastnosti materiala in položaj materiala znotraj sklopa) KS, potem lažje odkrijemo morebitne težave, ki se dogajajo znotraj sistema in jih odpravimo. Material razvrstimo glede na funkcijo. Poznamo toplotno izolacijske (znižajo/preprečijo prehod toplote), hidro izolacijske (znižajo/preprečijo prehod vode), zvočno izolacijske (znižajo/preprečijo prehod zvoka) materiale ter zaščitne materiale, ki največkrat predstavljajo ali zaščitne folije ali kar finalno oblogo. Uporaba gradbenih materialov se je skozi zgodovino močno spreminjala [9], [10].

Prehod toplote skozi KS opišemo s pomočjo faktorja U. Faktor U je fizikalna količina z enoto W/(m²*K). Pove nam, kakšne so toplotnoizolacijske sposobnosti KS. In sicer koliko toplote se izgubi skozi površino 1 m² pri temperaturni razliki 1K. Velikost faktorja U je odvisna od sestave KS sklopa. Materiali se med seboj razlikujejo po toplotni prehodnosti (λ). To je materialna lastnost, ki pove, kolikšen toplotni tok prehaja skozi 1 meter debel sloj pri razliki v temperaturi na mejah sloja 1 K. Materiale z velikim λ imenujejo toplotni prevodniki, z majhnim λ pa toplotni izolatorji. Vlažnost znižuje λ materiala [9], [11].

Energetska bilanca stavbe nam pove letno porabo posameznih virov energije, ki jih potrebuje stavba za obratovanje in načine zagotavljanja oskrbe z energijo. Količina potrebne

energije za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, pripravo tople vode, razsvetljavo in toplotno zaščito je odvisna od treh dejavnikov: arhitekturno gradbene zasnove objekta, vgrajenih instalacijskih sistemov in dejavnosti, ki se izvaja(jo) v stavbi. Izhodiščni podatek za izračun energetske bilance stavbe je lokacija [2], [3], [12].

Energetska izkaznica je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe. Namenjena je spodbujanju k energetskim prenovam in regulaciji cen na trgu nepremičnin (nepremičnine, ki so energetsko bolj potratne, naj bi dosegale višje cene). Sestavni del energetske izkaznice so priporočila za stroškovno učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti. Izdelava energetske izkaznice za stavbe, varovane kot stavbna kulturna dediščina, ni potrebna [3], [12].

3.2 Fizikalno ozadje

3.2.1 Mehanizmi prenosa toplote

Toplota je ena izmed oblik prehodne energije. Prenša se s pomočjo toplotnega toka iz mesta z višjo temperaturo na mesto z nižjo temperaturo. Poznamo tri osnovne mehanizme prenosa toplote; prevod (kondukcija), konvekcija in sevanje [9].

Kondukcija je prenos toplote s pomočjo trkov med mikroskopskimi gradniki snovi (atomi, molekule, prosti elektroni). Količina prenesene toplote je odvisna od agregatnega stanja in mikroskopske strukture snovi.

Idealni toplotni izolatorji so sestavljeni iz sistemov celic in vlaken, znotraj katerih se nahaja mirujoč zrak ali kakšen drug plin (malo trkov, majhen prenos toplote) [9].

Konvekcija je prenos toplote, sestavljen iz dveh pojavov: prenos energije z naključnimi trki molekul (kondukcija) in prenos energije s skupnim gibanjem velikih skupin delcev (možno le v tekočinah). Mehanizem prenosa toplote s konvekcijo se torej lahko zgodi le med trdno snovjo in tekočino ter med kapljevino in plinom. Na površini, kjer poteka prestop toplote (prenosna površina), se ustvarita hitrostna in temperaturna mejna plast. Tu se hitrost in temperatura tekočine spremenita. Tako imenovana mejna plast ima pozitiven kot tudi negativen vpliv na stavbo. Ob enem predstavlja dodatno termoizolacijo in skok temperature ter posledično vlago in plesen [9].

Sevanje je mehanizem prenosa toplote z elektromagnetnim (EM) valovanjem. Atomi in molekule v snovi mirujejo le pri temperaturi absolutne ničle, 0K. Ko snov ogrejemo nad to

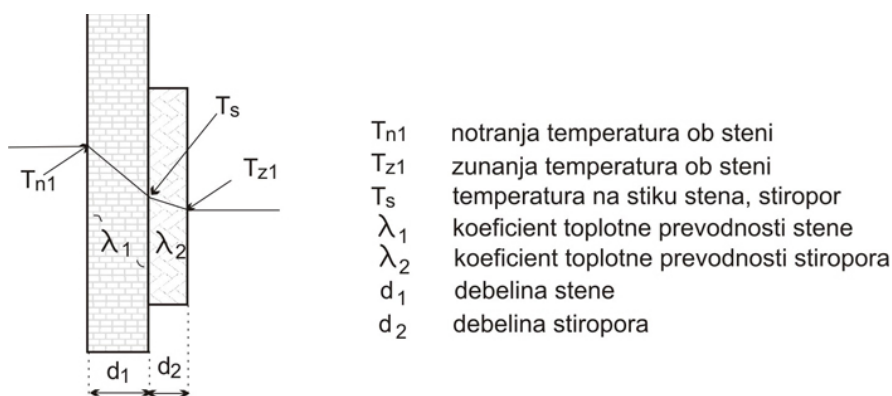
temperaturo, se delci začnejo medsebojno premikati in zaletavati. Električni naboji delcev se neprestano pospešujejo in zaustavljajo, ter s tem ustvarjajo EM polje. Značilnost EM je valovna dolžina. EM valovanje z valovnimi dolžinami od 0,1 do 100 μm imenujemo toplotno sevanje [5], [11].

Prehod toplote v gradbenih konstrukcijah poteka z vsemi tremi mehanizmi prenosa toplote. S konvekcijo in sevanjem prestopa toplota na površino konstrukcije, se prevaja v trdnih slojih gradbene konstrukcije in nato zopet s konvekcijo in sevanjem prestopa v notranji prostor. Prehod toplote skozi transparentni del stavbnega ovoja (okenske zasteklitve) poteka s sevanjem in konvekcijo [5], [11].

Pri analizi toplotne prehodnosti KS upoštevamo stacionaren prenos toplote s kondukcijo. [3] S to poenostavitvijo ostanemo na varni strani. Dejanski rezultati so boljši, ker dodatne plasti "termoizolacije", ki nastane zaradi termalnih mejnih plasti ob sami steni, ne upoštevamo. Vpliva radiacijskega prenosa toplote po trenutnih predpisih direktno ne zajemamo v izračunih [2], [13].

Izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskega sistema:

1. Določitev sestave KS: debelina (d) in toplotna prevodnost (λ)
2. Določitev parametrov okolja na obeh straneh KS: projektna temperatura (T_{notri} , T_{zunaj})
3. Izračun toplotnega upora R : $R = d/\lambda$
4. Izračun toplotne prehodnosti U : $U = 1/R$ [4]



Slika 1: Toplotni tok skozi steno

3.2.2 Prehod vodne pare

Prisotnost vode v materialu zmanjšuje njegove termoizolacijske sposobnosti, viša λ . Poleg tega prisotnost vode predstavlja nevarnost za razvoj mikroorganizmov ter pojav plesni. S tem

negativno vplivamo na ugodje bivanja v stavbi. Vlažnosti v KS si ne želimo, zato je pomembno, da oblikujemo take sisteme, znotraj katerih se voda na kondenzira in sisteme ustrezno zavarujemo pred vodo iz okolja [9].

3.3 Zakonodaja

3.3.1 Na področju energetske učinkovitosti stavb

V času, v katerem je bila stavba zgrajena, ni bilo zakonsko predpisanih nobenih mejnih vrednosti glede prenosa toplote skozi ovoj stavbe in količine potrebne energije za obratovanje objekta, ki bi jim morala ustrezati.

Evropska direktiva o energetske učinkovitosti v stavbah – EPBD-r Uradni list Evropske Unije, 315/1 [1] določa, da morajo biti stavbe javnih organov za vzgled, in sicer naj bi vsako leto vsaka izmed držav članic EU energetske sanirala vsaj 3 % vseh tlorisnih površin javnih stavb. Poleg tega v 7. členu določa način določevanja energetske učinkovitosti stavb, izdelava energetske izkaznice. Vsi zakoni morajo biti podrejeni evropski direktivi.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES 2010 Uradni list RS št. 52/2010 [2] je bil sprejet na podlagi Zakona o graditvi objektov (ZGO-1). Predpisuje, na kakšen način graditi in prenavljati objekte, da bi zadovoljili energetske učinkovitosti. Določa tehnične zahteve na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja oziroma njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave. Mejne vrednosti učinkovite rabe energije se nanašajo na:

- H_T' – koeficient specifičnih transmisijskih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe
- Q_{NH} – dovoljeno letno potrebno toploto za ogrevanja stavbe, ki je preračunana na enoto ogrevane površine oziroma prostornine stavbe
- Q_{NC} – dovoljeni letni potrebni hlad za hlajenje stavbe, ki je preračunan na enoto hlajene površine stavbe
- Q_P – letno primarno energijo za delovanje sistema v stavbi, preračunano na enoto ogrevane površine, za stavbe. Ni potrebno določevati za javne stavbe.
- U_{max} – mejne vrednosti toplotnih prehodnosti za zunanje površine stavbe in ločilnih elementov v stavbi, ki so določene v Tehnični smernici za graditev TSG-1-004 [13].

Vse dovoljene vrednosti so odvisne od lokacije objekta, mejne vrednosti toplotne prehodnosti pa so zapisane v TSG-1-004. Za javne stavbe preverjamo H_T' , Q_{NH} in U_{max} . [3]

Tehnična smernica za graditev – TSG-1-004 Učinkovita raba energije [13] nam podaja možne gradbene ukrepe in načine, s katerimi zadostimo zahtevam PURES. Uporaba TSG-1-004 je zakonsko predpisana.

Energetski zakon – EZ-1 Uradni list RS, št. 17/2014 [3] določa energetske politiko. Namen zakona je zagotoviti oskrbo z energijo ob upoštevanju načel trajnostnega razvoja. Zakon med drugim določa, da za stavbe, ki so del kulturne dediščine izdelava energetske izkaznice ni obvezna, ker to ne bi bilo smiselno oziroma taka izkaznica ne bi dosegla svojega namena.

3.3.2 Na področju varovanja stavbe kulturne dediščine

Zakon o varstvu kulturne dediščine – ZVKD-1 Uradni list RS, št. 16/2008 [8] definira korist ter način registriranja, ohranjanja in upravljanja s kulturno dediščino. Celoten obseg in način varstva dediščine sta opisana v 2. členu ZVKD-1.

Na podlagi ZVKD-1 in Sklepu o ustanovitvi Javnega zavoda RS za varstvo kulturne dediščine (Uradni list RS, št. 65/2008) je določena javna služba, ki upravlja z varstvom nepremičnin in premičnin kulturne dediščine, imenovana Zavod za varovanje kulturne dediščine Slovenije. Izvaja postopke, ki so vezani neposredno na ohranjanje dediščine, preprečevanje škodljivih vplivov na dediščino, predstavitev dediščine javnosti in razvijanje zavesti o vrednotah dediščine. Izvaja torej pravno, fizično in arhivsko varstvo dediščine. Varuje se le dediščino, ki je vpisana v register dediščin. V primeru izvajanja gradbenih posegov na nepremični dediščini, moramo pridobiti kulturnovarstveno soglasje zavoda. Soglasje se izda v skladu s predpisi, ki urejajo graditev, ob pogoju izpolnjevanja kulturnovarstvenih pogojev. Pogoji so navedeni v 29. členu zakona.

ZVKDS prilaga smernice [14] pri prenovi fasade, fasadnega okrasa, oken in vrat, balkonov in lož, litoželeznih ograj, napisov, napisnih tabel, izveskov, namestitvijo klimatskih naprav, strehe in strešnih elementov ter notranjščine.

- Fasada, kot najpomembnejši element zunanjščine, naj bi se obnavljala v celoti. Pri prenovi je zaželena uporaba tradicionalnih materialov. Fasadni okras ohranjamo in prenavljamo po restavratorskih načelih. Rekonstrukcija mora biti enaka originalu.
- Okna in vrata ohranjamo in prenavljamo v originalnih oblikah, dimenzijah, barvah, materialih ter poziciji na fasadi. Pri škatljastih oknih je dopustna zamenjava le notranjega krila, zunanje se obnovi in zatesni z notranje strani.
- Klima naprave morajo biti izvedene brez zunanje enote oziroma le-ta ne sme biti izvedena na ulično stran fasade.
- Streha se prenavlja tako, da se v naklonih, dimenzijah, materialu in barvi ujema z

originalno kritino. Strešne elemente, kot so frčade, dimniki, snegolovi, železne konice ... ohranjamo v originalni obliki, tudi če ne služijo več prvotnemu namenu.

- Notranjščina: Pri napeljavi instalacij moramo biti pozorni, da čim manj vplivamo na videz prostorov.

Pravilnik o seznamih zvrsti dediščine in varstvenih usmeritvah [15] definira zvrsti ter splošne in posebne varstvene usmeritve pri varovanju posamezne zvrsti dediščine. Kulturna dediščina se deli na nepremično, premično in živo. Med nepremično kulturno dediščino poleg arheoloških najdišč, spomenikov, parkov, naselij in kulturne krajine, sodijo tudi stavbe. Stavba je grajeni objekt, v katero lahko vstopiš in je namenjena bivanju oziroma opravljanju dejavnosti. So dokaz bivanjske kulture, načinov gradnje in umestitev v okolje (funkcionalno, likovno), odraz stopnje razvoja in jih delimo na gospodarske, javne, poslovne in stanovanjske ter sakralne. Pri stavbah moramo varovati naslednje vrednote:

- tlorisna in višinska zasnova (gabariti)
- gradivo (gradbeni material) in konstrukcijska zasnova
- oblikovanost zunanjščine (členitev objekta in fasad, oblika in naklon strešine, kritina, barva fasade in fasadni detajli)
- funkcionalna zasnova notranjščine in pripadajočega zunanjega prostora
- sestavine in pritikline
- stavbno pohištvo in notranja oprema
- komunikacijska in infrastrukturna navezanost na okolico
- pojavnost in vedute (predvsem pri prostorsko izpostavljenih stavbah)
- celovitost dediščine v prostoru
- zemeljske plasti z morebitnimi arheološkimi ostanki

Priročnik pravnih režimov, ki jih je potrebno upoštevati pri pripravi planov in posegih v območja kulturne dediščine [16] je izdalo Ministrstvo za kulturo, kot zgoščen pregled prečiščenih besedil vseh pravnih režimov na območju kulturne dediščine. V priročniku so na enem mestu zbrane vse informacije po posameznih področjih varovanja.

3.3.3 Na področju udobja bivanja v stavbah

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb Uradni list RS, št. 42/2002 [17] podaja tehnične zahteve glede prezračevanja, prezračevalne naprave v stavbah in obravnava kakovost bivanja v notranjem okolju (kakovost zraka in toplotno okolje). Vgradimo lahko le prezračevalne sisteme, za katere proizvajalec poda izjavo o skladnosti s standardi.

Zrak v prostoru mora biti svež, prijeten in ne sme ogrožati zdravja ljudi, Pravilnik določa:

- minimalno količino vtoka zunanjega zraka na osebo: 15 m³/h (kajenje ni dovoljeno)
- n_{\min} - minimalno volumsko izmenjavo zraka: 0,5 izmenjav/uro v času prisotnosti ljudi

Poleg tega moramo v prostorih zagotoviti:

- relativna vlažnost zraka pod 60 %
- temperatura zraka v času brez ogrevanja med 22 °C in 24 °C (priporočljivo 23 °C do 25 °C)
- temperatura zraka v času ogrevanja med 19 °C in 24 °C (priporočljivo 20 °C do 22 °C)

V prostorih, kjer je urna izmenjava zraka večja od 0,7 izmenjav/uro, je priporočljiva vgradnja naprave za vračanje toplote.

3.4 Energetska sanacija

Stavbe energetsko saniramo na več različnih načinov. Stanje v stavbi lahko izboljšamo z organizacijskimi ukrepi: pravilna uporaba sistemov v stavbi, ugašanje luči, regulacija temperature v prostoru ali z gradbenimi: izolacija stavbnega ovoja, zamenjava transparentnih elementov, vgradnja mehanskih prezračevalnih naprav, namestitve senčil, nočne izolacije, vgradnja energetsko varčnejših instalacijskih sistemov, sprememba namembnosti prostorov. Ukrepi se med seboj razlikujejo po svoji učinkovitosti in ceni. V nadaljevanju je predstavljen nabor možnih gradbenih ukrepov energetske sanacije, ki jih izvedemo v skladu s kulturnovarstvenimi pogoji [18].

3.4.1 Možni ukrepi energetske sanacije

3.4.1.1 Dodatna toplotna izolacija stavbnega ovoja

Izolacijo ovoja stavbe lahko izvedemo na dva načina. Toplotno izolacijski material dodajmo ali na zunanjo ali na notranjo stran zunanjih sten. Stavbe, katerih zunanjščina je zavarovana kot kulturna dediščina, običajno energetsko saniramo na notranjo stran. Izoliranje na notranji strani pomeni izgubo toplotne akumulativnosti stene ter posledično nižjo toplotno stabilnost stavbe, izgubo notranje uporabne prostornine, težave s kondenzacijo vodne pare znotraj KS ter pojavitev plesni [19].

Pravilna izvedba toplotne izolacije na notranji strani zajema:

Namestitev parne ovire (ali zapore) za notranjo oblogo. S tem preprečimo zapuščanje notranje ustvarjene vlage skozi zid in nastanek kondenzacije znotraj KS.

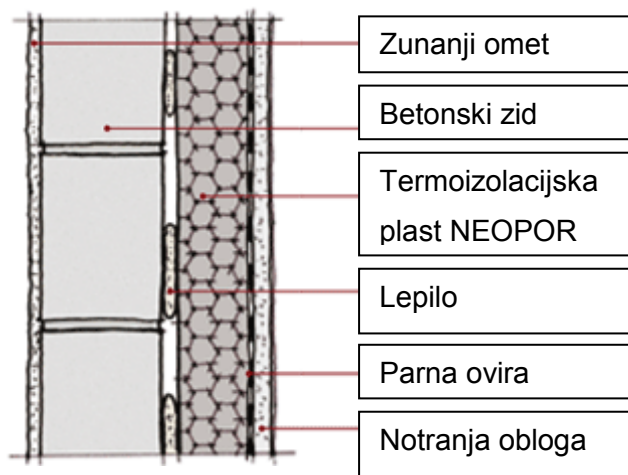
Pazljivost pri lepljenju izolacije, da ne pride do kondenzacije na stiku izolacija – konstrukcija. Lepilo nanašamo na celotno ploskev izolacije.

Upoštevanje pravila "pol metra čez" omili nastanek plesni zaradi nezmožnosti saniranja toplotnih mostov (geometrijski).

Izsuševanje vlažne zunanje stene, ki jih nameravamo izolirati. Najučinkovitejši ukrep je izkop do temeljev, osušitev zidu, namestitev hidro in termoizolacije in izvedba drenaže [19].

Potrebna debelina dodane toplotne izolacije je odvisna od lastnosti izbrane toplotne izolacije in zakonskih zahtev. V primeru, ko želimo objekt energetsko sanirati tako, da v prvi vrsti zadostimo vsem zakonskim zahtevam [2], ob enem pa s sanacijo čim manj vplivamo na kvaliteto bivanja v stavbi [17], se odločimo za toplotno izolacijski material z nizkim λ .

FRAGMAT NEO SUPER F – Neopor, $\lambda=0,32W/(m*K)$, je produkt podjetja FRAGMAT. Uporablja se za toplotno izolacijo fasad, tlakov, notranjih sten in poševnih streh [20].

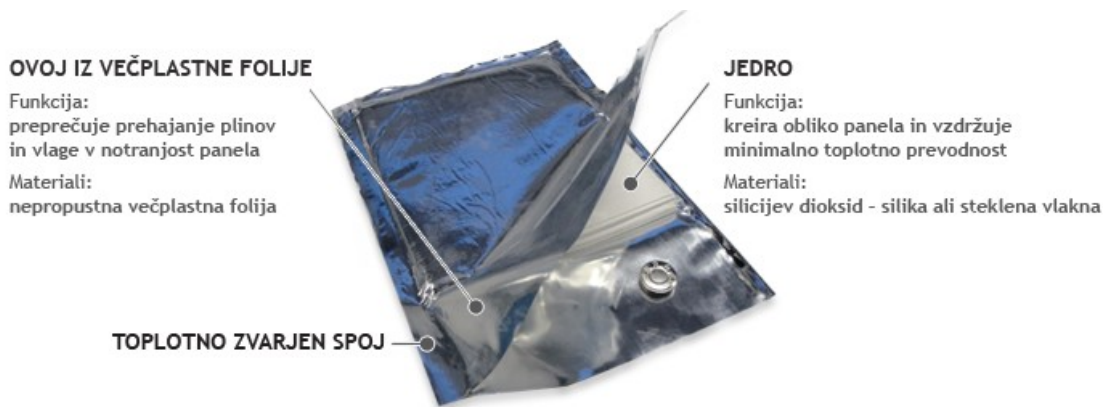


Slika 2: Izolacija z uporabo Neopor-ja (vir: [20])

FRAGMAT XPS 300 GI je produkt podjetja FRAGMAT. Uporablja se za toplotno izolacijo KS, ki so izpostavljeni zahtevnejšim zunanjim pogojem oziroma obremenitvam. [21]

Vakuumsko izolacijski paneli – VIP (angl. vacuum insulation panel) so oblika toplotne izolacije, ki se je začela v svetu gradbeništva uporabljati zelo pozno. Značilnosti plošč so

njihove izjemno dobre lastnosti toplotne prehodnosti od 0,003 do 0,004 W/(m*K), ob zelo tanki debelini. Plošče so sestavljene iz folije in prostora, iz katerega je izsesan zrak – vakuum. Le-ta je namreč najboljši toplotni izolator (glej poglavje 2.2.1.). Podjetje FRAGMAT navaja kot slabost plošč njihovo ceno, način vgradnje in zapleteno manipulacijo. Plošč namreč ne smemo rezati na kraju vgradnje, vse morajo biti že vnaprej izdelane [22], [23].



Slika 3: Primer sestave vzorca VIP (vir: [24])

3.4.1.2 Zamenjava transparentnih elementov stavbnega ovoja

Z namestitvijo stavbnega pohištva z boljšimi toplotnoizolacijskimi karakteristikami vplivamo na izgube, ki se pojavljajo zaradi prevelikega prehoda toplote skozi ovoj stavbe [5].

Leseno okno Jeloterm, $U_w = 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ in $g_g=58 \%$, je standardno okno, namenjeno novogradnjam kot tudi obnovam. Izdelava oken je možna v različnih kombinacijah in tipih lesa [25].



Slika 4: Leseno okno z dvoslojno zasteklitvijo (vir: [25])

3.4.1.3 Ureditev problemov z meteorno vodo v kleti in uvedbo spuščenega stropa v 2. nadstropju

Neizolirane zunanje stene proti terenu je potrebno ustrezno osušiti, izolirati in izvesti odvodno meteorne vode. To najlažje storimo tako, da odkopljemo teren ob stavbi, vlažne zidove saniramo, namestimo hidro ter termo izolacijo in vodo ustrezno dreniramo stran od stavbe (preprečimo zamakanje zidov) [19].

3.4.1.4 Namestitev mehanskega prezračevanja

Namestitev mehanskega prezračevanja je smiselna v primeru, ko že imamo ustrezno izoliran ovoj stavbe. S pomočjo mehanskega prezračevanja zmanjšamo ventilacijske izgube in vplivamo na kvaliteto notranjega bivalnega okolja; odvajanje onesnaženega zraka, uravnava vlage in temperature zraka v prostoru [17].

Prezračevalna naprava je srce prezračevalnega sistema. Sestavljena je iz izoliranega ohišja, EC ventilatorja, zračnega toplotnega izmenjevalca, varnostnega električnega predgrelca, avtomatskega motornega by-passa, temperaturnih tipal, filtrskega dela in avtomatike [26].

Pri sanaciji objektov običajno vgradimo lokalno prezračevanje, saj ni potrebno nameščati nobene dodatne cevne instalacije, razvodnih in zaključnih elementov po prostorih. Pogoji so zgolj ena zunanja stena, na katero pritrdimo prezračevalno napravo. Pri sanaciji stavbe, katere zunanjščina je varovana kot kulturna dediščina, namestitev lokalnega prezračevanja odpade. V primeru sanacije ovoja na notranjo stran, imamo prostor namestiti periferijo na notranjo stran zunanjih sten in lahko namestimo centralno prezračevalno napravo [26].

Stropna prezračevalna naprava KWL EC 220 D je produkt podjetja HELIOS. Učinkovitost prezračevalne naprave je 0,88 in deluje do prostornine 140 m² [27].

3.5 Predstavitev uporabljenih programskih orodij

3.5.1 TEDI

Programsko orodje TEDI, razvito na Univerzi v Ljubljani, na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, je namenjeno enodimenzionalnemu izračunu toplotne prehodnosti in difuziji vodne pare skozi določen KS. [4] Vhodne podatke predstavljajo koordinate lokacije objekta. Na podlagi koordinat dobimo podatke o projektni temperaturi, povprečnih letnih temperaturah, količini letne prejete sončne energije ter trajanju, začetku in koncu ogrevalne sezone. Nato določimo splošne podatke: definiramo vrsto KS (tu izbiramo med različnimi kategorijami, ki ustrezajo izbranemu KS), določimo vrsto stavbe (javna, stanovanjska ali nestanovanjska) in določimo ali je objekt klimatiziran ali ne (to vpliva na difuzijsko navlaževanje oziroma izsuševanje). Sledi vnos podatkov o KS. Določimo materiale, zaporedje plasti (debelina se vnaša iz notranje - toplejše proti zunanji - hladnejši plasti) in hidroizolacijo. Glede na vnesene podatke program izračuna vrednost faktorja U, določi temperature na posamezni plasti KS, določi temperaturno zakasnitev, faktor dušenja temperature in poda podatek o tem ali pride do navlaževanja. V primeru navlaževanja dobimo podatke o času, ki je potreben, da se KS osuši. Program nam rezultate poda tudi v grafični obliki, in sicer T(d), p(d) in čas

navlaževanja (izsuševanja) [4].

3.5.2 TOST

Programsko orodje TOST (Toplotni Odziv STavb), razvito na Univerzi v Ljubljani, na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, je namenjeno izračunu energetske bilance izbranega objekta po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG1-004:2010 Učinkovita raba energije [5]. Izračuna količino porabljene energije za ogrevanja in hlajenje (če stavbo aktivno hladimo), določi toplotne izgube in dobitke ter izpuste CO₂. Obravnavani objekt razdelimo na obravnavane cone glede na namembnost in ogrevanje prostora. V program vnesemo klimatske podatke in podatke o geometriji objekta. Podatke o sestavi KS lahko v program TOST uvozimo iz programa TEDI. Po izdelavni analizi program sporoči ali je stavba ustrezno energetska učinkovita [5].

3.5.3 KI ENERGIJA 2014

Programsko orodje podjetja Knauf Isolation, ENERGIJA 2014, je namenjeno celoviti obravnavi objekta (arhitekturna zasnova, sestava KS in vse možne variante strojne opreme), v skladu s PURES. Program je sestavljen iz dveh delov; gradbeni del obravnava KS, strojni del pa obravnava ogrevanje in pripravo tople vode [6].

3.6 Predstavitev objekta

3.6.1 Splošno

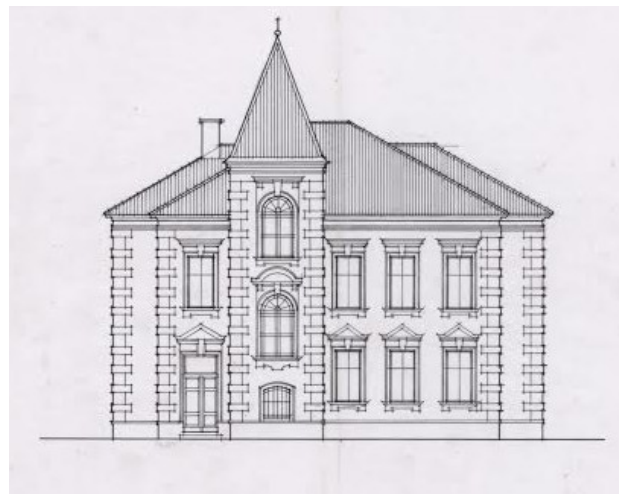
Izbrani objekt se nahaja na naslovu Gorenjska cesta 3, 1310 Ribnica. V stavbi, ki je del kulturne dediščine, ima danes sedež Občina Ribnica.

Stavba nima svoje evidenčne številke, v register kulturne dediščine je vpisan vrt ob stavbi pod EŠD 13963 Ribnica – Vrt pri hiši Gorenjska cesta 3, poleg tega pa stoji znotraj mestnega jedra EŠD 7833 Ribnica – Mestno jedro [28].

Kdaj je bila stavba zgrajena, ni točno določeno. Na podlagi hišnih števil, ki so jih stavbe dobivale glede na leto izgradnje, sklepamo, da je bila zgrajena okoli leta 1896. Tako imenovano Šifrerjevo vilo je zgradil tedanji ribniški graščak Teodor Rudež. Kot doto jo je podaril svojih hčerki, ob poroki z zdravnikom Andrejem Schiffrerjem. Ta je imel v vili tudi svojo ordinacijo. V času 1. svetovne vojne je bila stavba poškodovana, zato so jo med obema vojnoma prenovili oziroma dozidali. Leto, ko je stavba dobila današnjo podobo, je 1980 [29].



Slika 5: Današnja podoba obravnave stavbe (lasten vir, 2015)



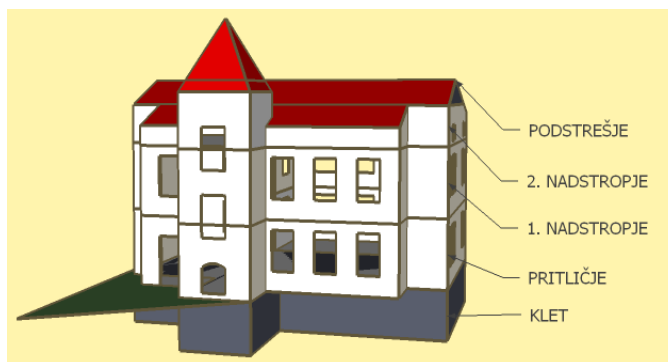
Slika 6: Ulična fasada (vir: Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, območna enota Ljubljana)

3.6.2 Sestava in namembnost stavbe

Stavba je delno podkletena; obsega pritličje, 1. nadstropje, 2. nadstropje ali mansardo in podstrešje. Vertikalno povezavo med nadstropji predstavlja stopnišče, horizontalno pa so prostori nanizani okoli centralnega hodnika.

Danes se v pritličju nahajajo pisarne, sanitarije, čajna kuhinja in hodnik. V prvem in drugem nadstropju prav tako pisarne, čajna kuhinja, sanitarije in hodnik. Klet se ogreva namensko (težave z vlago), uporablja se za skladišče in kot kotlovnica. Podstrešje je prazno in neogrevano [18].

Stavba se uporablja kot poslovni prostor javnih organov Občine Ribnica in sicer v povprečju po 9 ur na dan, 5 dni v tednu [18].



Slika 7: Model stavbe

Uporaba gradenih materialov je tradicionalna. V 19. stoletju so bili glavni gradbeni materiali naravni kamen, opeka in apno. Zidane stavbe naj bi bile čim bolj odporne (utrdbene). Kamen je bil tisti gradbeni material, ki je omogočal takšno gradnjo, obenem pa ga je bilo na pretek, njegovo pridobivanje pa lahko. Opeka se je v Slovenskem prostor pojavila že v 16. stoletju, a je začela izpodrivati kamen šele na koncu 19. stoletja. Apno se je uporabljalo kot vezivo in omet. Omet so naredili tako, da so apnu dodajali pesek različnih frakcij (večje pri dnu, manjše pri vrhu) in nekatere druge organske (slama, živalska dlaka, sladkor, olje, kri) in anorganske dodatke (marmor, gips, pucolani, opečni zdrob) s katerimi so izboljšali oziroma dosegli željene lastnosti ometa. Kvaliteta kamnitih zidov je bila odvisna od materiala in načina gradnje. Najboljši kamniti zidovi so bili zgrajeni iz homogenega materiala, na suho. To pomeni, da je zid enakomerno vsrkal vodo iz kasneje nanesenega ometa in tako poskrbel za boljšo sprijemnost. Slabost teh kamnitih zidov je njihova toplotna izolativnost [10]. Med vojnama se je za stanovanjske stavbe začel uporabljati modul blok. To je votel zidak, ki ima visoko nosilnost, dobro zvočno in toplotno izolativnost ter ugodne paraprepustne lastnosti. V obravnavani stavbi je uporabljen 29 centimetrski zidak [30]. Poševna prezračevana streha je krita z opečnato kritino in zgrajena v času med vojnama [29]. Toplotno izolacijskih materialov pred naftno krizo v 70. letih prejšnjega stoletja (v Sloveniji pa še pozneje) pri gradnji niso uporabljali [12]. Stavba (klet in fasada) danes ni izolirana. Medetažno nosilno konstrukcijo predstavlja lesen pod z nasutjem [18].

Okna so škatlasta dvokrilna z enojno zasteklitvijo. Nočna izolacija in senčila niso prisotna [18].



Slika 8: Vhod v objekt (levo) in škatlasto okno z enojno zasteklitvijo (desno) (lasten vir, 2015)

Preglednica 1: Lastnosti transparentnih površin (vir: [18])

Toplotna prehodnost U [W/(m ² *K)]		2,6		
Faktor prehoda celotnega sončnega sevanja q _{gl,w} [/]		0,4		
Faktor okvirja F _f [/]		0,6		
Površina oken [m ²]				
Orientacija oken	Zunanja stena			
	1	2	3	4
Sever	/	11,7	11,6	1,2
Jug	1,6	11,6	23,7	/
Vzhod	1,7	8,7	21,0	1,9
Zahod	1,0	9,4	9,4	4,1

Stavba se ogreva s pomočjo daljinskega ogrevanja, dovajanje toplote v objekt v obliki vodne pare, preko omrežja, ki povezuje stavbo s skupnimi kurilnicami biomase [31]. Prezračevanje je naravno. Sanitarna voda se ogreva s pomočjo električne energije, 300 dni na leto, razen v kleti, podstrešju in 2. nadstropju [18].

Preglednica 2: Podatki o učinkovitosti strojnih sistemov

	Energent	Učinkovitost sistema		
		Generacija	Distribucija	Emisija
Ogrevanje	lesna biomasa	0,9	0,95	0,78
Hlajenje	električna energija	2,5	0,95	0,78
Topla voda	električna energija	1,04	0,95	1

4 METODA DELA

Z analizo obstoječega energetskega stanja objekta in apliciranjem izboljšav na samem zunanem ovoju stavbe ter namestitvijo mehanskega prezračevanja v prostorih želim prikazati, kako posamezni ukrep vpliva na energetske bilanco stavbe.

Delo temelji na energetske analizi trenutnega stanja stavbe. Analizo bom izvedla s programoma TEDI in TOST, izdelala pa bom tudi energetske izkaz obravnavane stavbe (kljub temu, da to ni potrebno). Nato bom na današnje stanje objekta aplicirala 4 različne ukrepe sanacije. Po vpeljavi vsakega izmed njih bom analizirala novo energetske stanje objekta in komentirala razlike glede na prejšnje stanje. Vpeljani ukrepi so predstavljeni v poglavju 5.2.3.

Predpostavljam, da bom s teoretično študijo prenove stavbe težko (ali pa sploh ne) zadostila trenutno veljavni zakonodaji na področju energetske učinkovitosti objekta. Količino potrebne letne toplote za ogrevanje objekta bom zgolj zmanjšala.

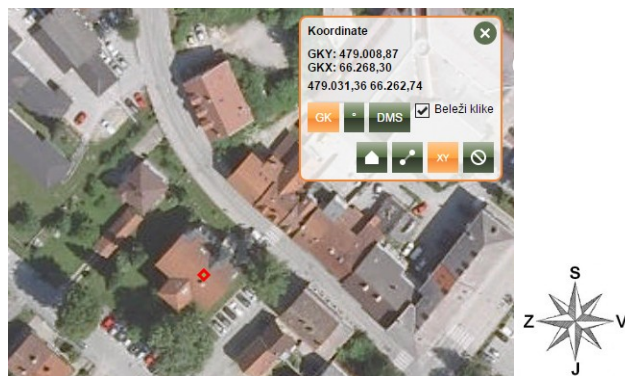
Morebitnega končnega neuspešnega rezultata si ne bom razlagala kot napako, pač pa kot potrditev, da zakonodaja na področju energetske učinkovitosti stavb drži. EZ-1 v 334. členu namreč narekuje, da so stavbe, ki so zavarovane kot kulturna dediščina, izvzete iz zahteve po izdelavi energetske izkaznice in izkaz energetske učinkovitosti objekta ni potreben [3].

Tekom cele diplomske naloge se zavedam dejstva, da je celotna študija zgolj teoretična in je v praksi nepotrebna, ker je objekt zavarovan kot kulturna dediščina [3].

5 PRAKTIČNI DEL

5.1 Izhodišča analize

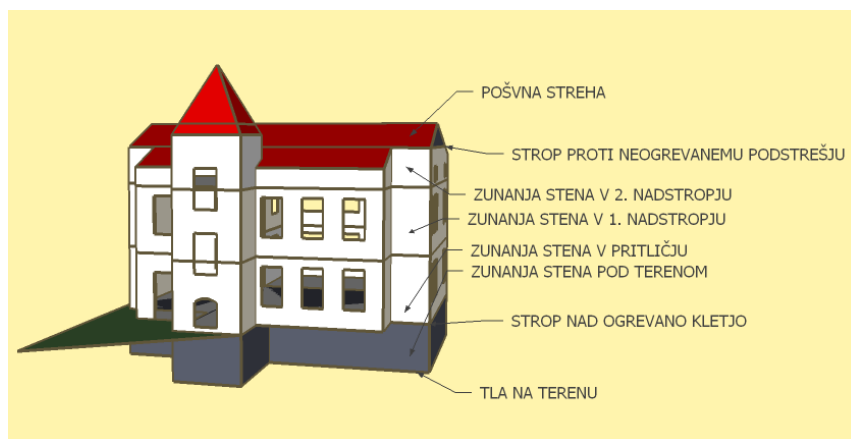
Geodetske koordinate lokacije objekta predstavljajo osnovo za analizo izračuna toplotne prehodnosti KS in energetske bilance objekta.



Slika 9: Orientacija in geodetske koordinate lokacije stavbe (vir: [32])

Analizirala sem naslednje konstrukcijske sklope:

1. Zunanja kamnita stena proti terenu (Zunanja stena 1)
2. Zunanja kamnita stena v pritličju (Zunanja stena 2)
3. Zunanja stena iz polnih opek v 1. nadstropju (Zunanja stena 3)
4. Zunanja stena iz modularnega bloka v 2. nadstropju (Zunanja stena 4)
5. Tla na terenu (Tla)
6. Poševna streha (Streha)
7. Strop proti neogrevanemu podstrešju (Strop proti podstrešju)
8. Strop med različno ogrevanima prostoroma (Strop nad kletjo)
9. Strop med isto ogrevanima prostoroma (Strop med pisarnami)



Slika 10: Prikaz obravnavanih konstrukcijskih sklopov

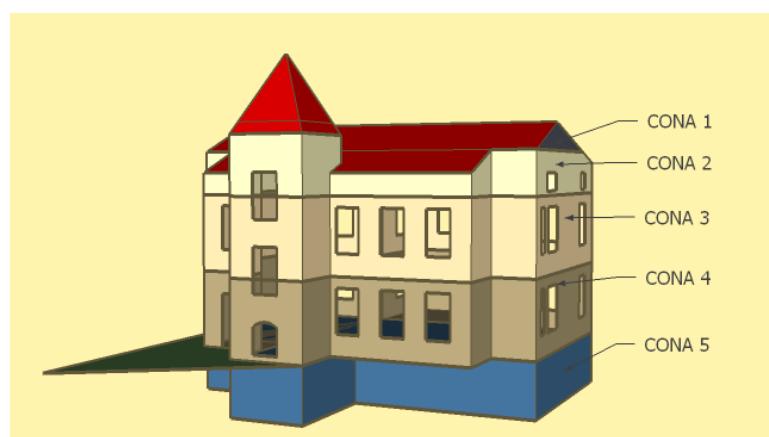
Glede na projektne temperature, namembnost in lastnosti zunanjega ovoja, sem razdelila stavbo na 5 temperaturni con:

1. CONA 1 – 1. neogrevana cona (Podstrešje),
2. CONA 2 – 1. ogrevana cona (2. nadstropje),
3. CONA 3 – 2. ogrevana cona (1. nadstropje),
4. CONA 4 – 3. ogrevana cona (Pritličje),
5. CONA 5 – ogrevana cona z ogrevano kletjo (Klet).

Za vsako cono posebej sem določila volumen, uporabno površino, moč notranjih virov, projektno temperaturo in mejne KS (glej **PRILOGA B**).

Stavba se uporablja le v določenih obdobjih, zato upoštevam računsko podobdobja (glej poglavje 2.6.2.).

Vsi dobljeni rezultati energetske bilance so preračunani na enoto ogrevane površine (javna stavba).



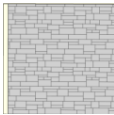
Slika 11: Prikaz razdelitve obravnavane stavbe na temperaturne cone

5.2 Današnje stanje

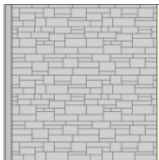
Upoštevala sem trenutne razmere glede sestave KS, obratovalnih časov, temperatur v prostoru in dejavnosti, ki se dogajajo v stavbi ter napeljanih instalacij.

V preglednicah od 3 do 11 so prikazani KS stavbe, s programom TEDI pa je izračunana toplotna prehodnost KS. Rdeče obarvane količine v preglednicah označujejo dobljene rezultate, ki ne ustrezajo vrednostim trenutno veljavne zakonodaje, količine obarvane zeleno pa ustrezajo trenutno veljavni zakonodaji [2].


Preglednica 3: Sestava zunanje stene 1, današnje stanje

Zunanja stena 1			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Apneni omet	0,03	0,81	
Kamen	0,68	1,16	
Skupna debelina [m]	0,71		
U-faktor [W/m2K]	1,289	>	


Preglednica 4: Sestava zunanje stene 2, današnje stanje

Zunanja stena 2			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Mavčni omet na trstiki	0,03	0,47	
Kamen	0,65	1,16	
Apneni omet	0,02	0,81	
Skupna debelina [m]	0,7		
U-faktor [W/m2K]	1,16	>	U-faktor max [W/m2K] 0,28

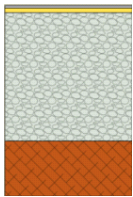
Preglednica 5: Sestava zunanje stene 3, današnje stanje

Zunanja stena 3			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Mavčni omet na trstiki	0,03	0,47	
Polna opeka	0,45	0,76	
Apneni omet	0,02	0,81	
Skupna debelina [m]	0,5		
U-faktor [W/m2K]	1,176	>	U-faktor max [W/m2K] 0,28

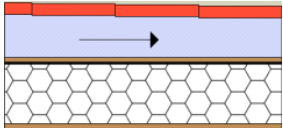
Preglednica 6: Sestava zunanje stene 4, današnje stanje

Zunanja stena 4			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Mavčni omet na trstiki	0,03	0,47	
Modularni blok	0,25	0,52	
Apneni omet	0,02	0,81	
Skupna debelina [m]	0,3		
U-faktor [W/m2K]	1,353	>	U-faktor max [W/m2K] 0,28


Preglednica 7: Sestava tal na terenu, današnje stanje

Tla			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Keramične ploščice - talne, neglazirane	0,015	1,28	
Deske iz hrastovega lesa	0,024	0,21	
Suh prodec	0,7	0,81	
Podlaga iz gostega apnenca	0,3	2,3	
Skupna debelina [m]	1,04		
U-faktor [W/m2K]	0,893	>	U-faktor max [W/m2K] 0,35

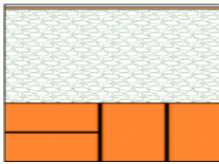
Preglednica 8: Sestava poševne strehe, današnje stanje

Streha			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Lesena obloga	0,015	0,14	
Mineralna volna	0,15	0,52	
Polietilenska folija	0,005	0,19	
Panel plošče za zunanjo oblogo	0,012	0,13	
Horizontalna zračna plast	0,1	0,034	
Strešnik	0,03	0,99	
Skupna debelina [m]	0,312		
U-faktor [W/m2K]	0,143	>	U-faktor max [W/m2K] 0,2

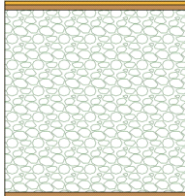
Preglednica 9: Sestava medetažne konstrukcije med ogrevanim in neogrevanim prostorom, današnje stanje

Strop proti podstrešju			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Ladijski pod	0,015	0,14	
Les - hrast	0,02	0,21	
Suh prodec	0,7	0,81	
Les - hrast	0,02	0,21	
Mavčna malta na trstiki	0,01	0,47	
Skupna debelina [m]	0,765		
U-faktor [W/m2K]	0,733	>	U-faktor max [W/m2K] 0,2

Preglednica 10: Sestava medetažne konstrukcije med različno ogrevanima prostoroma, današnje stanje

Strop nad kletjo			
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Keramične ploščice - talne, neglazirane	0,015	1,28	
Ladijski pod	0,02	0,14	
Suh prodec	0,7	0,81	
Polne opeke	0,45	0,76	
Skupna debelina [m]	1,185		
U-faktor [W/m2K]	0,577	<	U-faktor max [W/m2K] 1,35

Preglednica 11: Sestava medetažne konstrukcije med enako ogrevanima prostoroma, današnje stanje

Strop med pisarnami			
Material	Debelina [m]	λ [W/m*K]	
Keramične ploščice - talne, neglazirane	0,015	1,28	
Les - hrast	0,012	0,21	
Suh prodec	0,7	0,81	
Les - hrast	0,024	0,21	
Mavčna malta na trstiki	0,01	0,47	
Skupna debelina [m]	0,761		
U-faktor [W/m2K]	0,733	>	U-faktor max [W/m2K] 0,2

Glede vrednosti toplotne prehodnosti je zakonsko zadoščeno zgolj v primeru stropu nad ogrevano kletjo (preglednica 10) in primeru poševne strehe (preglednica 8), ki je bila v kratkem sanirana. Zahteve glede difuzije vodne pare so izpolnjene v vseh obravnavanih primerih.

Za javne stavbe moram zadostiti pogojem glede koeficienta specifičnih transmisijskih izgub, letne potrebne toplote za ogrevanje in letne porabe primarne energije na enoto ogrevane površine (Preglednica 12, sivo obarvane celice).

Preglednica 12: Energijske lastnosti stavbe, današnje stanje

	Vrednost	
	Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe H_T' max [W/(m ² *K)]	1,25	0,4
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	76.905	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	207.017	22.372
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	0	-
Letna poraba primarne energije na enoto uporabne površine Q/A_u [kWh/(m ² *a)]	345,03	-
Letna poraba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q/V_e [kWh/(m ³ *a)]	124,71	13,48

Preglednica 13: Energijske izgube stavbe, današnje stanje

Izgube [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Transmisijske izgube	83,21	88,84	86,71	0,00	71,06
Ventilacijske izgube	81,77	81,77	81,77	0,00	66,99
Skupne izgube	164,98	170,61	168,48	0,00	138,05

Preglednica 14: Energijski dobitki stavbe, današnje stanje

Dobitki [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Notranji dobitki	8,81	10,44	11,27	0,00	8,49
Solarni dobitki	1,41	9,84	6,30	0,00	5,38
Skupni dobitki	10,22	20,28	17,57	0,00	13,87

5.2.1 Energetska izkaznica

Izračunano energetska izkaznica sem izdelala s programom KI ENERGIJA 2014 [6]. Energetski izkaz je predstavljen v **PRILOGI A**. Ker stavba porabi 274 kWh/m², sodi v razred G [33].

5.2.2 Komentar

Slabi rezultati faktorja U botrujejo slabim rezultatom analize energetske bilance stavbe in jo posledično uvrščajo v najnižji energijski razred. Dobljene vrednosti (preglednica 12) presegajo maksimalne dovoljene, vzrok (izgube) pa je predstavljen v preglednici 13. Dobitki so v primerjavi z izgubami zelo majhni.

Količina potrebne toplote za ogrevanje je skoraj **10-krat večja** od največje dovoljene.

Letna poraba primarne energije na enoto ogrevane prostornine prav tako skoraj **10-krat presega** največjo dovoljeno vrednost.

Količnik specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe je več kot **3-krat večji** od največjega dovoljenega.

5.2.3 Ukrepi

Iz rezultatov o količini izgub v preglednici 13 vidim, da je možnost sanacije iskati na področju izboljšave toplotne prehodnosti ovoja stavbe in ureditvijo prezračevanja stavbe. Predlagam:

UKREP 1: Dodatna toplotna izolacija ovoja stavbe. S tem ukrepom želim zmanjšati transmisijske izgube in zadostiti zahtevi PURES [2] glede koeficienta specifičnih transmisijskih izgub. Posledično zmanjšam tudi potrebno energijo za ogrevanje.

UKREP 2: Zamenjava oken. S tem ukrepom bom še dodatno zmanjšala kazalce energetske bilance stavbe opisane pod varianto 1.

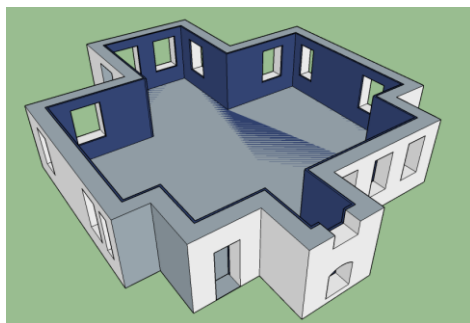
UKREP 3: Celoten ovoj stavbe bo saniran tedaj, ko bom rešila težave z odvodno meteorno vodo v kleti in izolirala strop proti neogrevanemu podstrešju (glej poglavje 2.4.1.3.). S tem ukrepom ogrevanje v kletnih prostorih ne bo več potrebno. Klet bo postala neogrevana cona, s tem bom zmanjšala ogrevano prostornino stavbe in posledično količino toplote za ogrevanje.

UKREP 4: Ker imam zatesnjen ovoj, je smiselna namestitev mehanske prezračevalne naprave. S tem ukrepom bom zmanjšala ventilacijske izgube.

V nadaljevanju podajam ukrepe energetske sanacije, s katerimi bom poskušala zmanjšati potrebno energijo za obratovanje stavbe.

5.3 Ukrep 1

Zaradi kulturnovarstvenih pogojev [13, 14, 15, 16] stavbo toplotno izoliram na notranjo stran. Ker želim pri tem izgubiti čim manj uporabne površine, uporabim material z nizkim λ . Zunanjim stenam nad terenom dodam toliko TI materiala, da zadostim PURES [2].



Slika 12: Prikaz namestitve izolacije (temno modra barva) na notranjo stran zunanjih sten.

Analizo sem naredila za dva različna materiala *FRAGMAT NEO SUPER F – Neopor* [20] in *vakuumsko izolacijski panel – VIP* [21]. Sestavo KS, toplotno prehodnost ter izgube in dobitke stavbe predstavljam v **PRILOGI C.1**.

5.3.1 Rezultati analize in komentar

Minimalnim zahtevam PURES [2] glede U, zadostim z uporabo 8 centimetrov *Neopor*-ja oziroma 2,5 centimetri *VIP*-a. S slednjim skoraj ne izgubim uporabne površine, zato v nadaljnjih izračunih upoštevam izoliran ovoj iz panelov. 2,5 centimetrom dodam še 2,5 centimetrov, stavba je izolirana s 5 centimetri (dobim nižji U). Skupno izgubim približno 15 m² v celotni stavbi.

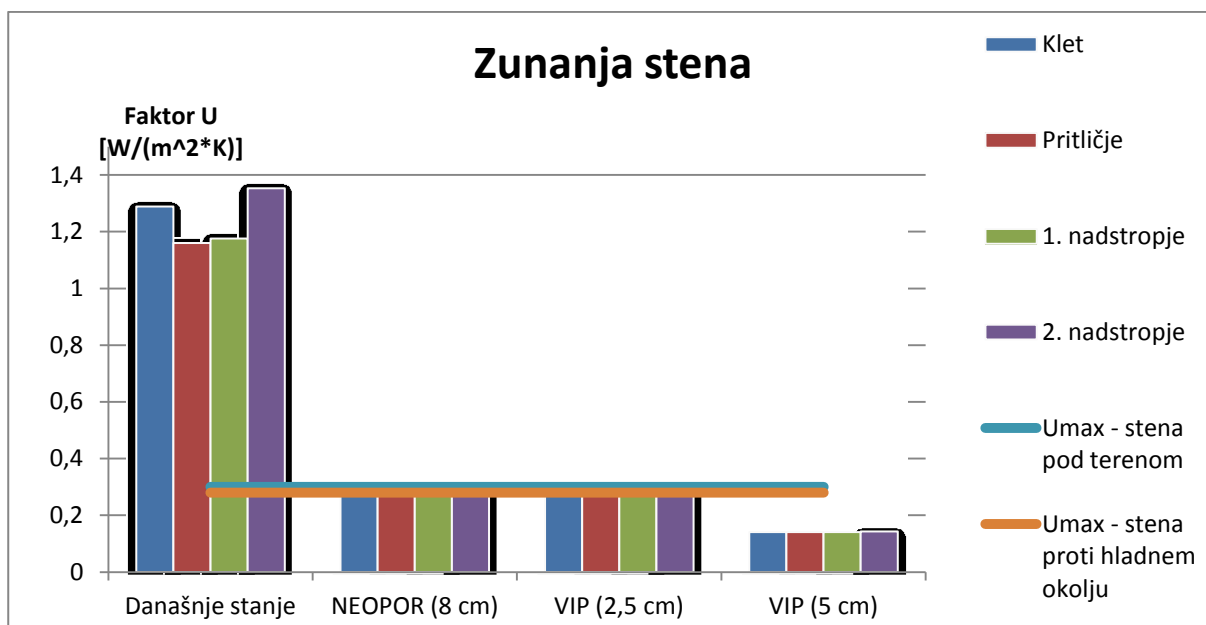
V preglednici 15 vidim, da H_T' še vedno presega maksimalno dovoljeno vrednost za **1,5-krat**, prav tako Q_{NH} in Q/V_e presegata največjo vrednost za več kot **6-krat**.

Z izolacijo stavbnega ovoja **zmanjšam transmissijske izgube za 50 %**.

Preglednica 15: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 1

	Vrednost	
	Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/(m ² *K)]	0,57	0,4
Letna raba primarne energije Q_p [kWh]	75.723	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	139.908	22.260
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	0	-
Letna poraba primarne energije na enoto uporabne površine Q/A_u [kWh/(m ² *a)]	233,18	-
Letna poraba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q/V_e [kWh/(m ³ *a)]	86,36	13,74

Z uporabo TI materialov različnih lastnosti in debelin različno vplivam na vrednost faktorja U. Dokažem trditev, da se ne niža linearno z dodajanjem materiala [9]. Rezultati so prikazani na grafikonu 1.



Grafikon 1: Odvisnost faktorja U od TI materiala.

5.4 Ukrep 2

V stavbi zamenjam vse transparentne elemente stavbnega ovoja. Uporabim okna predstavljena v poglavju 2.4.1.2.

5.4.1 Rezultati analize in komentar

Izgube in dobitke stavbe ob ukrepu 2 predstavljam v **PRILOGI C.2**.

Preglednica 16: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 2

	Vrednost	
	Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe H_T' [W/(m²*K)]	0,42	0,4
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	72.866	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	120.942	22.260
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	134	-
Letna poraba primarne energije na enoto uporabne površine Q/A_u [kWh/(m²*a)]	201,57	-
Letna poraba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q/V_e [kWh/(m³*a)]	74,66	13,74

V preglednici 16 vidim, da se H_T' približa maksimalno dovoljeni vrednosti. Presega jo

zgolj slab procent. Q_{NH} in Q/V_e pa še vedno krepko presegata največjo vrednost za več kot **5-krat**.

Z izolacijo stavbnega ovoja **zmanjšam transmissijske izgube še za 50 %**.

5.5 Ukrep 3

Ker s TI zunanjih sten in zamenjavo oken dodatno vedno ne zadostim zakonskim zahtevam, izvedem še tretji ukrep na samem ovoju stavbe.

S pravilno odvodno meteorne vode stran od objekta, osušitvijo zidu pod terenom in namestitvijo HI in TI rešim problem zamakanja in vlažnih zidov. S tem ukrepom ne bo več prihajalo do navlaževanja zidu v kleti. Klet spremenim v hladno cono.

Nato v 2. nadstropju na strop dodam TI in zmanjšam izgube toplote iz ogrevanega 2. nadstropja skozi neogrevano podstrešje v zunanost.

5.5.1 Rezultati analize in komentar

Izgube in dobitke stavbe ob ukrepu V3 predstavljam v **PRILOGI C.3**.

Preglednica 17: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 3

	Vrednost	
	Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe HT' max [W/(m ² *K)]	0,33	0,4
Letna raba primarne energije QP [kWh]	71.988	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	115.349	17.850
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	134	-
Letna poraba primarne energije na enoto uporabne površine Q/A_u [kWh/(m ² *a)]	251,08	-
Letna poraba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q/V_e [kWh/(m ³ *a)]	87,50	13,52

V preglednici 17 vidim, da je vrednost H_T' manjša od dovoljene. Q_{NH} in Q/V_e še vedno krepko presegata največjo vrednost za več kot **5-krat**.

Z ukrepom 3 popolnoma saniram zunanji ovoj stavbe. Transmissijske zgube zmanjšam na dovoljene vrednosti. Ker je stavba še vedno razdeljena na relativno velike cone, zahtevam

glede Q_{NH} in Q/V_e na zadostim.

5.6 Ukrep 4

Z ustrezno zatesnitvijo ovoja stavbe je smiselna namestitev mehanskega prezračevanja. Lastnosti uporabljene prezračevalne naprave so predstavljene v poglavju 2.4.1.4., količine dotočenega in odtečenega zraka za posamezno cono pa določim v skladu s Pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb [17].

5.6.1 Rezultati analize in komentar

Izgube in dobitke stavbe ob ukrepu 4 predstavljam v **PRILOGI C.4.**

Preglednica 18: Energetske lastnosti stavbe ob ukrepu 4

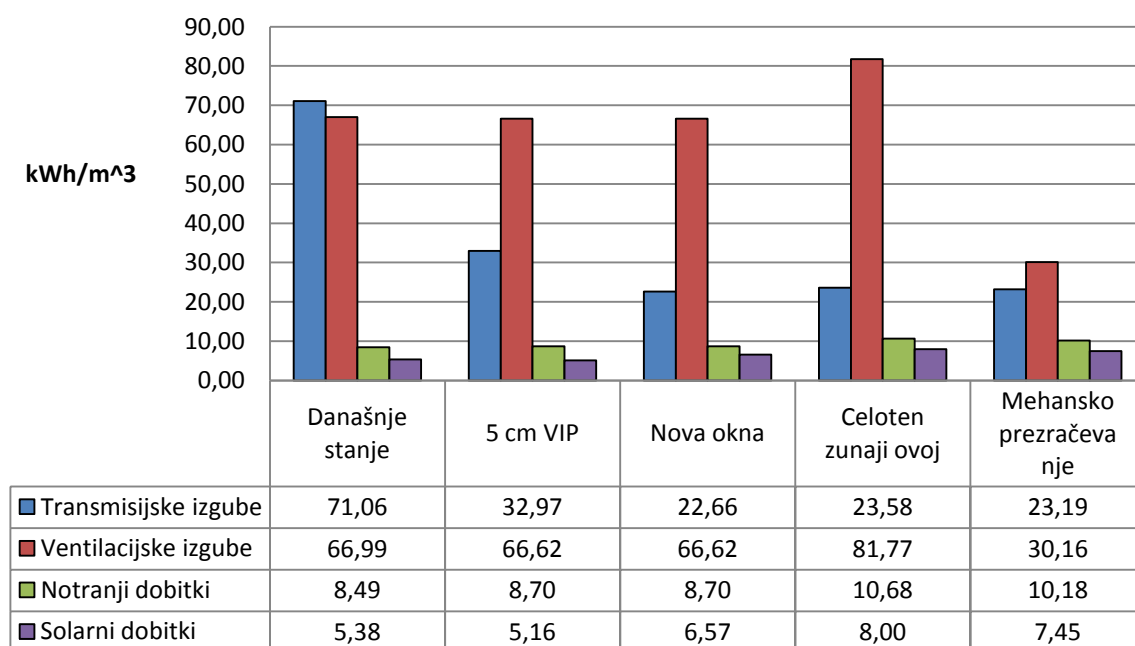
	Vrednost	
	Izračunana	Največja dovoljena
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe HT' [$W/(m^2 \cdot K)$]	0,33	0,4
Letna raba primarne energije Q_P [kWh]	63.344	-
Letna potrebna toplota za ogrevanje Q_{NH} [kWh]	48.620	17.850
Letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} [kWh]	1586	-
Letna poraba primarne energije na enoto uporabne površine Q/A_u [$kWh/(m^2 \cdot a)$]	105,70	-
Letna poraba primarne energije na enoto kondicionirane prostornine Q/V_e [$kWh/(m^3 \cdot a)$]	36.83	13,52

V prilogi C.4. vidim, da z uvedbo mehanskega prezračevanja zmanjšam ventilacijske izgube za več kot 50 %. Q_{NH} in Q/V_e še vedno presegata največjo vrednost za več kot **2-krat**.

6 PRIMERJAVA REZULTATOV

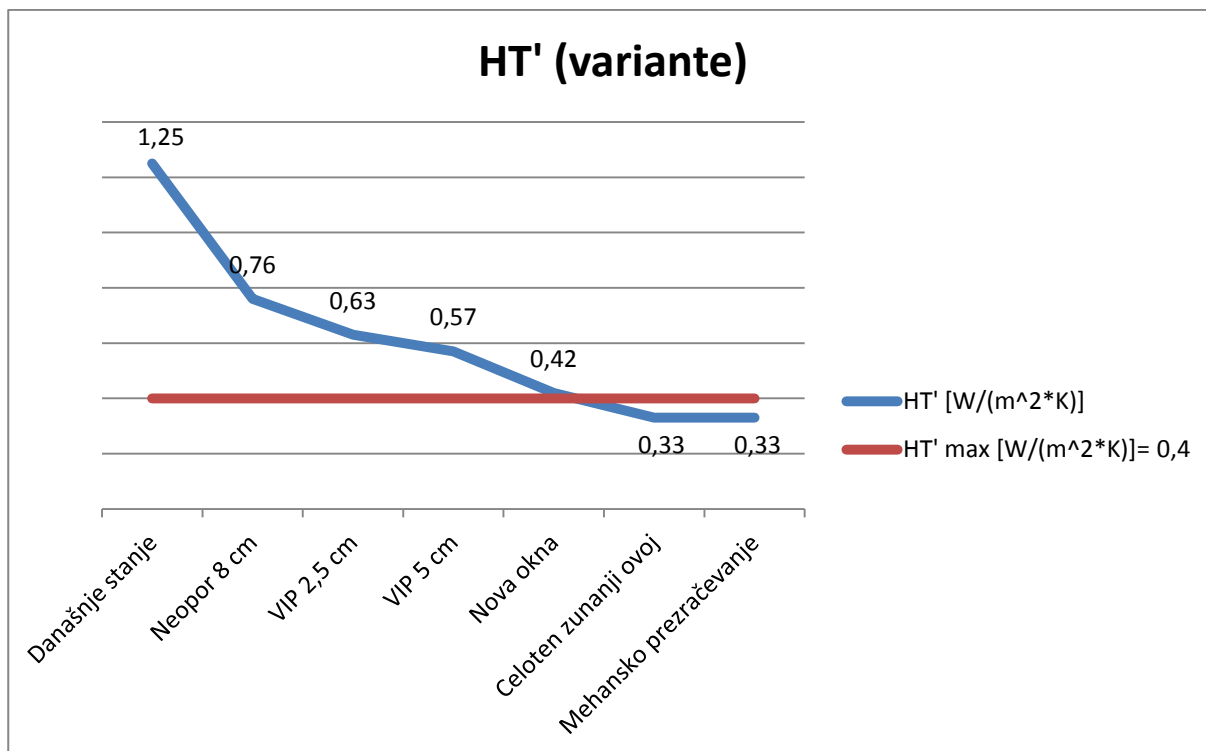
Rezultati analiz, prikazani na grafikonu 2, so skladajo z mojim predpostavkami in predvidevanji v poglavju 3.2.3. Z ukrepi 1 do 3 vplivam na zmanjšanje transmisijskih izgub stavbe. Le-te zmanjšam za več kot 300%. Z ukrepom 4 zmanjšam delež ventilacijskih izgub in sicer za več kot 200%. Pri vpeljavi ukrepa 3 opazim skok izgub zaradi prezračevanja. Ta skok pripisujem dejstvu, da ogrevano klet spremenim v neogrevano.

Primerjava izgub in dobitkov glede na ukrep



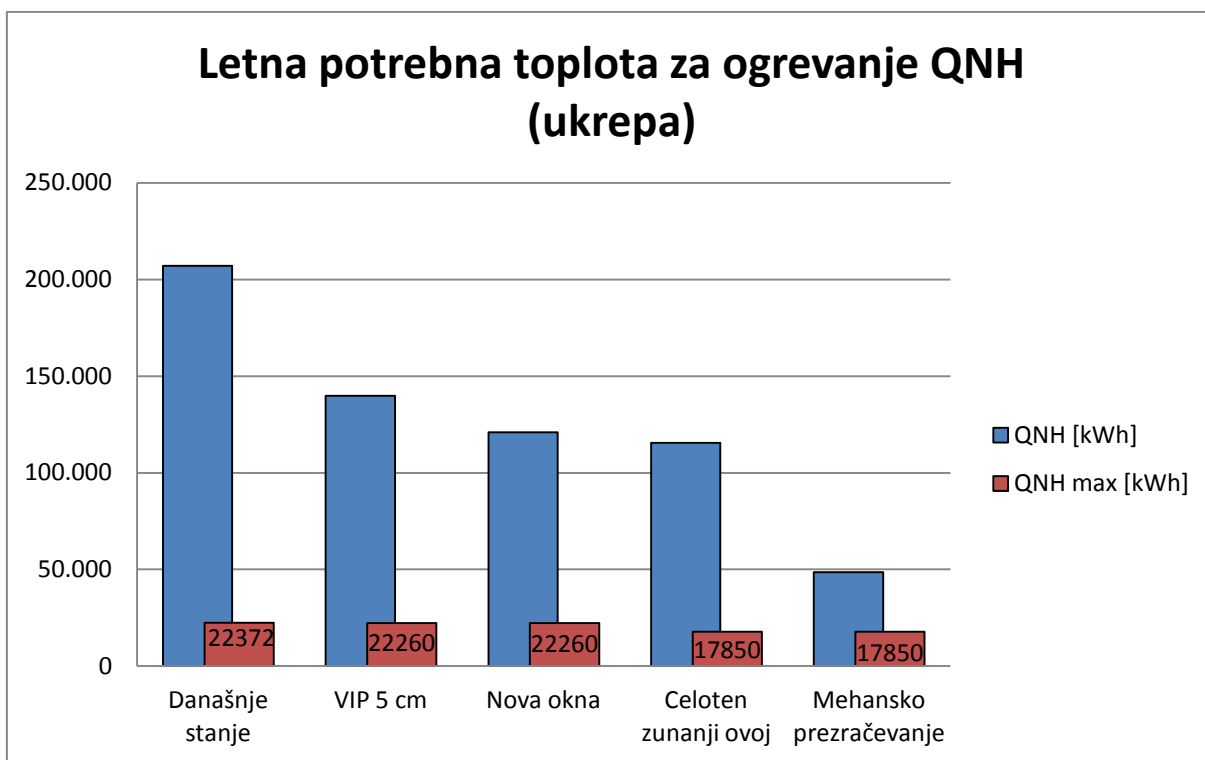
Grafikon 2: Prikaz spreminjanja izgub in dobitkov stavbe ob uvajanju različnih ukrepov.

Z izbranimi gradbenimi ukrepi energetske sanacije poskrbim, da zadostim vsem zahtevam PURES 2010 [2] glede vrednosti koeficienta H_T' . Na grafikonu 3 je predstavljen rezultat analize. Zgolj z ukrepom 1 zmanjšam vrednost specifičnih izgub za več kot 300 %. Pri tem pa izgubim dobrih 15 m² bruto tlorisne površine v celotnem objektu. Poleg vseh analiz opisanih v poglavju 3.2.3. na grafikonu 3 predstavljam še vrednosti specifičnih transmisijskih izgub, ko na stavbo apliciram 8 centimetrov Neopor-ja oziroma 2,5 centimetrov VIP. Vidim, da s slednjim bolj vplivam na znižanje vrednosti količnika H_T' . Zaradi tega rezultata sem se tudi odločila, da bom vse naslednje analize izvajala na izoliranem ovoju iz 5 centimetrov VIP.



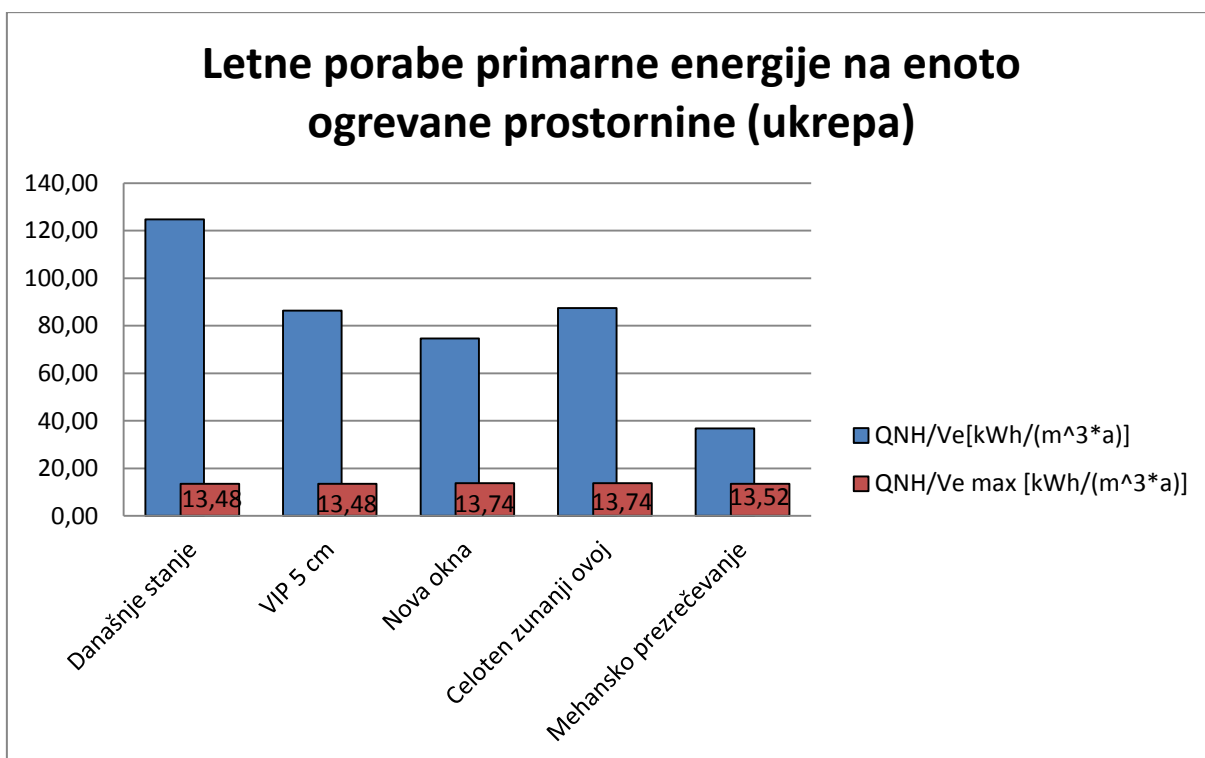
Grafikon 3: Prikaz odvisnost koeficienta specifičnih transmissijskih izgub od izbrane variante

V nadaljevanju komentiram še najpomembnejšo količino, ki po PURES vpliva na energetska učinkovitost javne stavbe; količino letno potrebne toplote za ogrevanja objekta. Po vseh izvedenih analizah ne zadostim zahtevam PURES. Količino potrebne toplote sicer uspem znižati iz vrednosti, ki presega 10-krat na vrednost, ki presega 2,7-krat. Te ugotovitve razberem iz grafikona 4. Z dodajanjem TI materiala na notranjo stran zunanjih sten in zmanjšanjem obsega ogrevanih con zmanjšujem bruto površino posamezne cone in količino letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe.



Grafikon 4: Prikaz odvisnost letne potrebe toplote za ogrevanje od izbranega ukrepa

Na grafikonu 5 primerjam še odvisnost letne porabe primarne energije na enoto ogrevane površine. Tudi temu pogoju ne zadostim z izbranimi energetskimi ukrepi.



Grafikon 5: Prikaz odvisnost letne porabe primarne energije na enoto ogrevane prostornine

7 ZAKLJUČEK

Energetska sanacija stavbe kompleksen proces. V primeru, da je obravnavana stavba starejši, kulturno varovan, objekt, je proces še kompleksnejši. Veliko, skoraj nepremostljivo, težavo izpostavljam izbiro gradbenih ukrepov energetske sanacije, ki so v skladu s prenavljanjem kulturnovarovanih objektov. Izbrani morajo biti precizno, da ne poškodujemo varovanega dela nepremičnine. Gradbeni ukrepi: nova fasada, nova okna in namestitvev mehanskega prezračevanja, predstavljajo veliko večji ekonomski strošek, predvsem če gre za sanacijo kulturnovarovanega objekta.

V svojem diplomskem delu sem obravnavala javno stavbo, ki je varovana kot stavbna kulturna dediščina. Analizo dejanskega stanja, izdelavo energetske izkaznice in nabor možnih ukrepov sanacije, sem izvedla ob zavedanju, da omenjeno, za obravnavani kulturnovarovan objekt, ni obvezno. Vse analize sem izvedla v skladu s predpisi, vključno s PURES 2010 [2].

Z izvedenimi analizami sem dokazala, da je sanacija objekta potrebna. Glede na porabljeno letno toploto za ogrevanje sodi stavba v razred G. Rezultati uvajanja sanacijskih ukrepov so naslednji.

Za izolacijo ovoja sem si izbrala VIP. Z izbiro tega materiala sem najmanj vplivala na bivalne razmere v posameznih prostorih in zadostila mejnim vednostim glede specifičnih transmisijskih izgub, ki jih narekuje PURES 2010 [2]. Izvedba take sanacije je iz ekonomskega vidika vprašljiva. Na podlagi že izvedenih študij primerjave cene VIP in obrestovanja investicije [23], ugotovim, da se stroški obnove in prihranki zaradi sanacije ne povrnejo v razumljivem času.

Glede količine potrebne letne toplote za ogrevanje in količine potrebne primerne energije na enoto ogrevane površine nisem uspela izpolniti zahtev PURES-a 2010. Količino potrebne toplote sem sicer uspela znižati za 73%.

Največji delež h zmanjšanju izgub sta prispevala ukrepa 1 in 4; dodatna TI zunanjih sten in namestitvev mehanskega prezračevanja.

Razlog za neuspešen poskus zadostitve zakonskim zahtev, vidim predvsem v tem, da imam še vedno zelo velike prostornine posameznih temperaturnih con. V nadaljnjih analizah, bi vsako cono razdelila na dodatne cone, na primer stopnišče, hodniki in toaletni prostori bi bili nova cona, ki bi imela nižjo projektno temperaturo. S tem bi še dodatno vplivala na zmanjšanje količine letne potrebne toplote za ogrevanje objekta.

Energetska prenova in izbor ukrepov za doseganje energetske varčnosti je zapleten proces,

katerega se v realnem svetu lotimo zelo premišljeno. Ukrepi so zasnovani na osnovi skupine strokovnjakov in združujejo ukrepe pasivne solarne arhitekture (PSA) ob upoštevanju bioklimatskih dejavnikov in nizkoenergijske tehnologije (Low energy design).

VIRI

- [1] Evropska direktiva o energetske učinkovitosti (EPBDr). Uradni list Evropske Unije, 315/1. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:SL:PDF>
(Pridobljeno 25. 7. 2015.)
- [2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES). Uradni list RS št. 52/2010 <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 30. 7. 2015.)
- [3] Energetski zakon (EZ-1). Uradni list RS, št. 17/2014 <https://www.uradni-list.si/1/content?id=116549> (Pridobljeno 25. 7. 2015.)
- [4] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TEDI, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [5] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [6] Knauf Isolation. 2015. Program za izračun energetske izkaznice (KI energija 2014). <http://www.knaufinsulation.si/node/233> (Pridobljeno 1. 9. 2015.)
- [7] Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije. 2015. Kaj je kulturna dediščina. <http://www.zvkds.si/sl/zvkds/varstvo-kulturne-dediscine/o-kulturni-dediscini/kaj-je-kulturna-dediscina/> (Pridobljeno 20. 7. 2015.)
- [8] Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1). Uradni list RS, št. 16/2008. <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2008-01-0485> (Pridobljeno 30. 7. 2015.)
- [9] Medved, S. 2010. Gradbena fizika. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo: 7 str.
- [10] Kikelj, V. 2004. Vpliv vrste apna, dodatkov in tehnik izdelave na karakteristike apnenih fasad. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, smer operativno gradbeništvo: 12 str.
- [11] Peternelj, J., Jagličić Z. 2014. Osnove Gradbene Fizike. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [12] Košir, M. Toplotna zaščita in učinkovita raba energije v stavbah. Predstavitev pri predmetu Bioklimatsko načrtovanje 2014/15. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezija, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 9 str. <http://kske.fgg.uni-lj.si/> (Pridobljeno 30. 7. 2015)
- [13] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.

- http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (Pridobljeno 30. 7. 2015.)
- [14] Zavod za varovanje kulturne dediščine Slovenije. 2015. Smernice za posege v stavbno dediščino. <http://www.zvkds.si/sl/zvkds/nasveti-za-lastnike/obnova-stavbne-dediscine/> (Pridobljeno 30. 7. 2015.)
- [15] Pravilnik o seznamih zvrsti dediščine in varstvenih usmeritvah. Uradni list RS, št. 102/10) <http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2010102&stevilka=5232> (Pridobljeno 30. 7. 2015.)
- [16] Priročnik pravnih režimov, ki jih je potrebno upoštevati pri pripravi planov in posegih v območja kulturne dediščine. 2011. Ministrstvo za kulturo. http://giskd2s.situla.org/evrdd/P_09_04_03.htm#z (Pridobljeno 30. 7. 2015.)
- [17] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002. <https://www.uradni-list.si/1/content?id=36371> (Pridobljeno 1. 8. 2015.)
- [18] Končno poročilo energetskega pregleda občinske stavbe Občine Ribnica.
- [19] Žnidaršič, B. 2014. Notranja toplotna izolacija. http://nep.vitra.si/datoteke/clanki/Notranja_Toplotna_Izolacija_Oktober_2014.pdf (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [20] Neopor. 2015. Fragmat. <http://www.fragmat.si/slo/0202b.htm> (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [21] Fragmat XPS. 2015. Fragmat. <http://www.fragmat.si/slo/04b.htm> (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [22] Kunič, R. 2011. Vakuumsko izolacijski panel. <http://www.fragmat.si/download/clanki/Vakuumsko%20izolacijski%20paneli.pdf> (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [23] Kunšič, Š. 2014. Možnost uporabe vakuumske toplotne izolacije v stavbah. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente: 11, str
- [24] Vakuumsko izolacijski panel. 2015. Turna. <http://www.turna.si/Programi/VakuumskoizolacijskipaneliTURVAC.aspx> (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [25] Lesena okna Jeloterm. 2015. Jelovica. <http://www.jelovica-okna.si/lesena-okna-jelovica.html> (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [26] Helios prezračevalni sistemi. 2015. Helios. <http://www.agregat.si/prezracevalni->

- [sistemi/centralni-rekuperatorji/stropna-izvedba/kwl-ec-220-d](#) (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [27] Stropna prezračevalna naprava. 2015. Prezračevanje agregat. <http://www.agregat.si/prezracevalni-sistemi/centralni-rekuperatorji/stropna-izvedba/kwl-ec-220-d> (Pridobljeno 12. 8. 2015.)
- [28] Ministrstvo RS za kulturo. Register nepremične kulturne dediščine. 2015. <http://giskd6s.situla.org/giskd/> (Pridobljeno 15. 8. 2015.)
- [29] Pavlin, V. 2010. Gospodarstvo in življenje v Ribnici med 1. in 2. svetovno vojno. Diplomaska naloga. Univerza v Ljubljani. Filozofska fakulteta. Oddelek za etnologijo in kulturno antropologijo: 10 str.
- [30] Modul blok. <http://www.wienerberger.si/zidni-sistemi/katalog-proizvodov/basic/modul-blok.html?lpi=1380520191891> (Uporabljeno 5. 8. 2015.)
- [31] Daljinsko ogrevanje v Občini Ribnica. <http://www.petrol.si/za-dom/energija/daljinsko-ogrevanje/sistemi-daljinskega-ogrevanja/daljinsko-ogrevanje-v-ribnici> (Uporabljeno 5. 8. 2015.)
- [32] Atlas okolja. http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Uporabljeno 5. 8. 2015.)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: ENERGETSKA IZKAZNICA

PRILOGA B: PODATKI O TEMPERATURNIH CONAH

PRILOGA C: REZULTATI ANALIZE ENERGETSKE BILANCE STAVBE

PRILOGA A: ENERGETSKA IZKAZNICA

ENERGETSKA IZKAZNICA STAVBE

Podatki o stavbi

Št. izkaznice: Velja do:

Identifikacijska oznaka stavbe,
posameznega dela ali delov stavbe: 3r

Klasifikacija stavbe: 12201 Stavbe javne uprave

Leto izgradnje: 2015

Naslov stavbe: Gorenjska cesta 3 Ribnica

Kondicionirana površina stavbe A_u (m²): 620

Parcelna številka: 129/2

Katastrska občina: RIBNICA

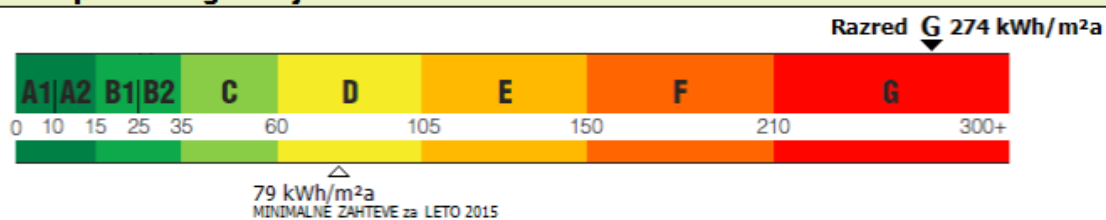
Vrsta izkaznice: računska

Vrsta stavbe: nestanovanjska

Naziv stavbe: Energetska izkaznica stavbe Občine
Ribnica

Fotografija stavbe (obvezno vstaviti)

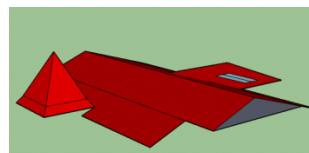
Potrebna toplota za ogrevanje



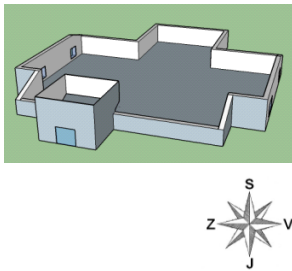
PRILOGA B: PODATKI O TEMPERATURNIH CONAH

Priloga B.1: CONA 1

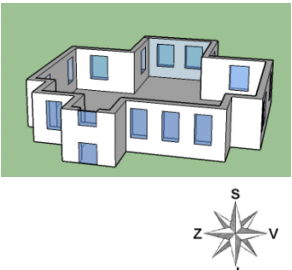
Opis cone	Neogrevano podstrešje			
Ogrevana prostornina cone V_g [m ³]	-			
Uporabna površina cone - notranja A_u [m ²]	50			
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	ekso			
Projektna notranja T , pozimi [°C]	-			
Projektna notranja T , poleti [°C]	-			
Povprečna moč notranjih virov [W]	-			
Vrsta prezračevanja	naravno			
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem [h ⁻¹]	4			
Minimalna izmenjava zraka [h ⁻¹]	0,5			
Sestava KS				
Zunanja stena 4				
Površina, netransparentni del A [m ²]	9,76			
U [W/(m ² *K)]	1,353			
Poševna streha				
Površina A [m ²]	149,04			
U [W/(m ² *K)]	0,143			
Strop proti podstrešju				
Površina A [m ²]	127,18			
U [W/(m ² *K)]	0,733			
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe				
Dvokrilna škatlasta, enojna zasteklitev				
	S	J	V	Z
Površina odprtine A_w [m ²]	/	/	/	2,22



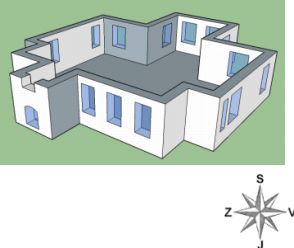
Priloga B.2: CONA 2

Opis cone	2. nadstropje			
Ogrevana prostornina cone Vg [m ³]	320			
Uporabna površina cone - notranja Au [m ²]	110			
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	ekso			
Projektna notranja T, pozimi [°C]	23			
Projektna notranja T, poleti [°C]	23			
Povprečna moč notranjih virov [W]	550			
Vrsta prezračevanja	naravno			
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem [h ⁻¹]	4			
Minimalna izmenjava zraka [h ⁻¹]	0,5			
Sestava KS				
Zunanja stena 4				
Površina, netransparentni del A [m ²]	121,33			
U [W/(m ² *K)]	1,353			
Strop med pisarnami				
Površina A [m ²]	203,06			
U [W/(m ² *K)]	0,733			
Strop proti podstrešju				
Površina A [m ²]	127,18			
U [W/(m ² *K)]	0,733			
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe	Dvokrilna škatlasta, enojna zasteklitev			
	S	J	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	1,22	/	1,92	1,92

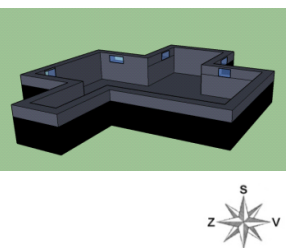
Priloga B.3: CONA 3

Opis cone	1. nadstropje			
Ogrevana prostornina cone Vg [m ³]	540			
Uporabna površina cone - notranja Au [m ²]	180			
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	ekso			
Projektna notranja T, pozimi [°C]	23			
Projektna notranja T, poleti [°C]	23			
Povprečna moč notranjih virov [W]	1100			
Vrsta prezračevanja	naravno			
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem [h ⁻¹]	4			
Minimalna izmenjava zraka [h ⁻¹]	0,5			
Sestava KS				
Zunanja stena 3				
Površina, netransparentni del A [m ²]	209,62			
U [W/(m ² *K)]	1,176			
Strop med pisarnami				
Površina A [m ²]	203,06			
U [W/(m ² *K)]	0,733			
Strop med pisarnami				
Površina A [m ²]	196,1			
U [W/(m ² *K)]	0,733			
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe	Dvokrilna škatlasta, enojna zasteklitev			
	S	J	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	11,59	23,65	20,99	9,4

Priloga B.4: CONA 4

Opis cone	Pritličje			
Ogrevana prostornina cone Vg [m ³]	500			
Uporabna površina cone - notranja Au [m ²]	170			
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	ekso			
Projektna notranja T, pozimi [°C]	23			
Projektna notranja T, poleti [°C]	23			
Povprečna moč notranjih virov [W]	1100			
Vrsta prezračevanja	naravno			
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem [h ⁻¹]	4			
Minimalna izmenjava zraka [h ⁻¹]	0,5			
Sestava KS				
Zunanja stena 2				
Površina, netransparentni del A [m ²]	210,3			
U [W/(m ² *K)]	1,16			
Strop med pisarnami				
Površina A [m ²]	196,1			
U [W/(m ² *K)]	0,733			
Strop nad kletjo				
Površina A [m ²]	183,04			
U [W/(m ² *K)]	0,577			
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe	Dvokrilna škatlasta, enojna zasteklitev			
	S	J	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	11,69	11,95	8,65	9,4

Priloga B.5: CONA 5

Opis cone	Klet			
Ogrevana prostornina cone Vg [m ³]	300			
Uporabna površina cone - notranja Au [m ²]	140			
Vrsta konstrukcije glede na toplotno kapaciteto	ekso			
Projektna notranja T, pozimi [°C]	18			
Projektna notranja T, poleti [°C]	18			
Povprečna moč notranjih virov [W]	98			
Vrsta prezračevanja	naravno			
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem [h ⁻¹]	4			
Minimalna izmenjava zraka [h ⁻¹]	0,5			
Sestava KS				
Zunanja stena 1				
Površina, netransparentni del A [m ²]	50,36			
U [W/(m ² *K)]	1,289			
Strop nad kletjo				
Površina A [m ²]	183,04			
U [W/(m ² *K)]	0,577			
Tla				
Površina tal A [m ²]	183,04			
Izpostavljen obseg tal P [m]	63,5			
Debelina zunanje stene nad nivojem terena dw [m]	0,71			
U [W/(m ² *K)]	0,893			
R [W/(m ² *K)]	1,120			
Odprtine v zunanjem ovoju stavbe	Dvokrilna škatlasta, enojna zasteklitev			
	S	J	V	Z
Površina odprtine Aw [m ²]	/	1,64	1,73	0,99

PRILOGA C: REZULTATI ANALIZE ENERGETSKE BILANCE STAVBE

Priloga C.1: Sestava konstrukcijskih sklopov stavbe ob uporabi vakuumske izolacijskih panelov, izračunana toplotna prevodnost ter izgube in dobitki.

Zunanja stena 1		
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]
Lahka mavčna malta	0,02	0,47
MKP	0,015	0,21
Polietilenska folija	0,0001	0,19
Vakumsko izolacijski panel (VIP)	0,05	0,008
Kamen	0,68	1,16
Skupna debelina [m]	0,7651	
U-faktor [W/m ² K]	0,141	

Zunanja stena 2		
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]
Lahka mavčna malta	0,01	0,47
MKP	0,01	0,21
Polietilenska folija	0,0001	0,19
Vakumsko izolacijski panel (VIP)	0,05	0,008
Kamen	0,65	1,16
Apneni omet	0,03	0,81
Skupna debelina [m]	0,7501	
U-faktor [W/m ² K]	0,141	

Zunanja stena 3		
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]
Lahka mavčna malta	0,01	0,47
MKP	0,01	0,21
Polietilenska folija	0,0001	0,19
Vakumsko izolacijski panel (VIP)	0,05	0,008
Polna opeka	0,45	0,76
Apneni omet	0,03	0,81
Skupna debelina [m]	0,5501	
U-faktor [W/m ² K]	0,141	

Zunanja stena 4		
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]
Lahka mavčna malta	0,01	0,47
MKP	0,01	0,21
Polietilenska folija	0,0001	0,19
Vakumsko izolacijski panel (VIP)	0,05	0,008
Modularni blok	0,25	0,52
Apneni omet	0,03	0,81
Skupna debelina [m]	0,3501	
U-faktor [W/m ² K]	0,143	

Izgube [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Transmisijske izgube	36,60	44,63	39,54	0,00	32,97
Ventilacijske izgube	81,77	81,77	81,77	0,00	66,62
Skupne izgube	118,37	126,40	121,31	0,00	99,59

Dobitki [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Notranji dobitki	9,39	10,63	11,50	0,00	8,70
Solarni dobitki	1,50	9,32	6,06	0,00	5,16
Skupni dobitki	10,89	19,95	17,56	0,00	13,86

Priloga C.2: Energetske izgube in dobitki ob ukrepu V2

Izgube [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Transmisijske izgube	31,87	26,26	27,01	0,00	22,66
Ventilacijske izgube	81,77	81,77	81,77	0,00	66,62
Skupne izgube	113,64	108,03	108,78	0,00	89,28

Dobitki [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Notranji dobitki	9,39	10,63	11,50	0,00	8,70
Solarni dobitki	2,17	11,70	7,73	0,00	6,57
Skupni dobitki	11,56	22,33	19,23	0,00	15,27

Priloga C.3: Sestava konstrukcijskih sklopov stavbe ob uporabi FRAGMAT XPS 300 GI in vakuumsko izolacijskih panelov, izračunana toplotna prevodnost ter izgube in dobitki.

Tla		
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]
Keramične ploščice - talne, neglazirane	0,015	1,28
Cementni estrih	0,05	1,4
Mineralna in steklena volna	0,02	0,041
FRAGMAT XPS 300 GI	1	0,036
Podlaga iz gostega apnenca	0,3	2,3
Skupna debelina [m]	1,39	
U-faktor [W/m ² K]	0,29	

Strop proti podstrešju		
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]
Ladijski pod	0,015	0,14
Les - hrast	0,02	0,21
Suh prodec	0,7	0,81
Les - hrast	0,02	0,21
Vakuumsko izolacijski panel (VIP)	0,05	0,008
Toplotno izolacijska malta	0,01	0,19
Skupna debelina [m]	0,815	
U-faktor [W/m ² K]	0,131	

Strop nad kletjo		
Sloj od znotraj navzven	Debelina [m]	λ [W/m*K]
Keramične ploščice - talne, neglazirane	0,015	1,28
Ladijski pod	0,02	0,21
Suh prodec	0,7	0,81
Polne opeke	0,45	0,76
Vakuumsko izolacijski panel (VIP)	0,05	0,008
Toplotno izolacijska malta	0,01	0,19
Skupna debelina [m]	1,245	
U-faktor [W/m ² K]	0,123	

Izgube [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Transmisijske izgube	20,88	26,26	22,32	3,37	23,58
Ventilacijske izgube	81,77	81,77	81,77	0,00	81,77
Skupne izgube	102,65	108,03	104,09	3,37	105,35

Dobitki [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Notranji dobitki	9,39	10,63	11,50	0,00	10,68
Solarni dobitki	1,88	10,70	7,73	4,98	8,00
Skupni dobitki	11,27	22,33	19,23	4,98	18,68

Priloga C.4: Energetske izgube in dobitki ob ukrepu V4

Izgube [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Transmisijske izgube	20,52	25,49	22,32	1,84	23,19
Ventilacijske izgube	40,52	25,06	29,34	0,00	30,16
Skupne izgube	61,04	50,55	51,66	1,84	53,35

Dobitki [kWh/m ³]	Temperaturna cona				Stavba
	1	2	3	4	
Notranji dobitki	9,39	9,41	11,50	0,00	10,18
Solarni dobitki	1,88	10,31	7,73	3,16	7,45
Skupni dobitki	11,27	19,72	19,23	3,16	17,63