

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:

Anžič, A., 2016. Energetska sanacija Vile Bled. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M.): 73 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5859/>

Datum arhiviranja: 5-10-2016

University
of Ljubljana
Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Anžič, A., 2016. Energetska sanacija Vile Bled. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M.): 73 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5859/>

Archiving Date: 5-10-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
KONSTRUKCIJSKA SMER**

Kandidatka:

ANA ANŽIČ

ENERGETSKA SANACIJA VILE BLED

Diplomska naloga št.: 3514/KS

ENERGY RENOVATION OF VILA BLED

Graduation thesis No.: 3514/KS

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Ljubljana, 16. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

Spodaj podpisana študentka Ana Anžič, vpisna številka 26108030, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Energetska sanacija Vile Bled

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označila;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V: Ljubljani

Datum: 30.8.2016

Podpis študentke:

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	620.9:699.8(497.4)(043.2)
Avtorica:	Ana Anžič
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir u.d.i.a.
Naslov:	Energetska sanacija Vile Bled
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – Univerzitetni študij
Obseg in oprema:	73 str., 28 pregl., 38 sl., 6 en.
Ključne besede:	Energetska učinkovitost, Vila Bled, toplotna prehodnost, zasteklitev, analiza osončenosti, energetska bilanca

Izvleček:

V diplomskem delu je obravnavan objekt Vila Bled, ki trenutno deluje kot hotel s štirimi zvezdicami. Objekt obratuje le v času toplejših mesecev, ker je energetska neučinkovit in ogrevanje predstavlja visok strošek. Poleg tega je stavba kulturnovarstveno zaščiten, kar predstavlja omejitve pri energetske sanaciji objekta. V diplomskem delu je predstavljena zakonodaja s področja energetike, omejitve, ki veljajo za obravnavan objekt zaradi kulturnovarstvene zaščitenosti in predlogi, ki so bili podani na podlagi že izdelanih študij na objektu. Analizirano je trenutno stanje objekta, njegova energetska bilanca, izračun osončenosti in ustreznost konstrukcijskih sklopov ter ocenjeno, da trenutno stanje za 5-krat presega potrebno letno energijo za ogrevanje, če vzamemo v obzir kriterije iz Pravilnika o učinkoviti rabi energije. Na podlagi omejitev z vidika varstva kulturne dediščine so podani predlogi, ki bi bili izvedljivi. Obravnavani predlogi so zamenjava stavbnega pohištva, dodatna izolacija strehe in zamenjava energenta za ogrevanje s kotlom na lesne sekance ali toplotno črpalko voda voda. Ti predlogi so upoštevani v oceni energetske bilance objekta in primerjani med seboj. Na koncu diplomskega dela je podan predlog kateri od obravnavanih predlogov za energetska sanacija bi bil najbolj učinkovit. Predlagana je bila sočasna zamenjava oken z izbiro ustrezne zasteklitve, dodatna izolacija strehe in zamenjava energenta za ogrevanje z lesno biomaso. Ocenjeno je, da potrebna letna energija za ogrevanje še vedno ne zadošča kriterijem Pravilnika o učinkoviti rabi energije, vendar pa bi se trenutno stanje izboljšalo za 22 %.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	620.9:699.8(497.4)(043.2)
Author:	Ana Anžič
Supervisor:	assist. prof. Mitja Košir, Ph. D
Title:	Energy renovation of Vila Bled
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Notes:	73 p., 28 tab., 38 fig., 6 eq.
Key words:	Energetic efficiency, Vila Bled, thermal conductivity, glazing, calculation of insolation, energy balance

Abstract:

The thesis discusses Vila Bled which currently operates as a four-star hotel. The facility only operates during warmer months due to its high heating costs as a result of its energetic inefficiency. In addition, the building is protected due to having cultural heritage and therefore, some limitations about renovation measures must be considered. Relevant legislation in the energy sector is presented, the restrictions that apply due to its cultural heritage protection, and the proposals based on pre-made studies of the building. The current state is also analysed, its energy balance, calculation of insolation and adequacy of building's envelope. It was assessed that the current situation exceeds the criteria given in Rules on efficient use of energy in buildings five times over. Based on the limitations of cultural heritage, protection proposals are given that would be feasible. The present proposals are: replacing windows, additional roof insulation, and replacement of energy source for heating with a wood chip furnace or heat pump water. These suggestions are taken into account in the assessment of the energy balance of the building and compared with each other. At the end of the thesis, it is suggested which of the pending proposals would be most effective, namely the simultaneous replacement of windows by selecting the appropriate glazing, additional roof insulation, and replacing energy source for heating with biomass. It is estimated that the annual energy required for heating is still not sufficient by the criteria given in Rules on efficient use of energy in buildings, but it would improve the current situation by 22 %.

ZAHVALA

Najprej se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju za strokovno pomoč, čas in usmeritve med pisanjem diplomske naloge. Hvala JGZ Brdo za sodelovanje pri pisanju diplomskega dela in dovoljenje pri vpogledu dostopnih dokumentov.

Zahvaljujem se staršem in družini za moralno in finančno podporo tekom študija. Zahvaljujem se prijateljem, ki so me spodbujali tekom študija in stali ob strani. Nenazadnje gre zahvala tudi nekaj izbranim sošolkam, brez katerih ta diploma ne bi bila to kar je. Njim gre tudi zahvala, da mi bo dolgoletni študij ostal v izredno lepem spominu.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	ENERGETSKA UČINKOVITOST STAVB	2
2.1	Razlaga pojmov	3
3	ZAKONODAJA	8
3.1	Omejitve s področja varstva kulturne dediščine	8
3.2	Predpisi Prostorskega načrta Občine Bled.....	8
3.3	Izdani kulturnovarstveni pogoji iz leta 2012	10
3.4	Zakonodaja o učinkoviti rabi energije	10
3.5	Tehnična smernica za graditev TSG4.....	11
4	VILA BLED	13
4.1	Kratka zgodovina Vile Bled	13
4.2	Trenutno stanje objekta	14
4.2.1	Splošni opis	14
4.2.2	Ustreznost konstrukcijskih sklopov	15
4.2.3	Energetska bilanca trenutnega stanja objekta	17
4.3	Predlogi iz že izdelanih elaboratov in študij.....	22
5	IZHODIŠČA ZA PRENOVO	24
5.1	Menjava stavbnega pohištva.....	24
5.1.1	Modeliranje zasteklitev in oken s programom Window	25
5.1.2	Primerjava polnjenja z različnimi plini in razlike med dvojno in trojno zasteklitvijo,..	29
5.1.3	Zamenjava zasteklitve v zunanjem krilu z zasteklitvijo z nizko vsebnostjo železovih oksidov	35
5.1.4	Primerjava med različnimi nanosi	36
5.1.5	Izboljšave sistemov zasteklitev.....	43
5.1.6	Izbor zasteklitev za nadaljnje analize	52
5.2	Izračun osončenosti stavbnega ovoja	53
5.3	Energetska bilanca objekta s predlogi za sanacijo.....	56
5.3.1	Zamenjava stavbnega pohištva	56
5.3.2	Toplotna izolacija strehe.....	59
5.3.3	Zamenjava energenta.....	60
5.3.4	Kombinacija ukrepov	63

5.3.5	Primerjava med rezultati	64
6	ZAKLJUČEK.....	69
7	VIRI.....	71

KAZALO SLIK

Slika 1: Skupen prehod sončne energije skozi izolacijsko steklo.....	5
Slika 2: Primer sestave izolacijskega stekla.	6
Slika 3: Prikaz toplotno tehničnega delovanja v MSP (levo) in prikaz U_g vrednosti v odvisnosti od debeline MSP in vrste plina.....	7
Slika 4: Tlorisni prikaz Vile Bled in varovanega območja v njeni neposredni okolici Grobišče v Mlinem (označeno z modro barvo).	8
Slika 5: Sprednji pogled na Vilo Bled (zgoraj), pogled z jezera (spodaj levo) in notranjost konferenčne dvorane (spodaj desno).....	14
Slika 6: Princip delovanja termoizolacijskih nanosov (levo), princip delovanja sončno zaščitnih nanosov (sredina) in princip delovanja kombiniranih nanosov (desno).	25
Slika 7: Sestava dvojne (levo) in trojne (desno) s priporočenimi pozicijami termoizolacijskega nanosa.	26
Slika 8: Sestava dvojne (levo) in trojne zasteklitve (desno) s priporočenimi pozicijami sončno zaščitnega in termoizolacijskega nanosa.	27
Slika 9: Princip delovanja visokoselektivnega premaza.....	27
Slika 10: Fotografija okna, ki se največkrat pojavlja na ovoju stavbe (levo) in skica modela z dimenzijami, za vnašanje v program Window (desno).	28
Slika 11: Prerez zasteklitve in njenih dimenzij z dvojnimi notranjim krilom (levo) in s trojnim notranjim krilom (desno).....	29
Slika 12: Graf primerjave U_g med različnimi plini v MSP notranjega krila ter med dvojno in trojno zasteklitvijo.....	33
Slika 13: Graf primerjave g med različnimi plini v MSP notranjega krila ter med dvojno in trojno zasteklitvijo.....	34
Slika 14: Graf primerjave g med različnimi plini v MSP notranjega krila ter med dvojno in trojno zasteklitvijo.....	34
Slika 15: Graf primerjave g faktorja med navadnim prozornim steklom in steklom z nizko vsebnostjo železovih oksidov.	35
Slika 16: Graf primerjave LT faktorja med navadnim prozornim steklom in steklom z nizko vsebnostjo železovih oksidov.	36
Slika 17: Graf razlik U_g med tremi različnimi linijami ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.....	40
Slika 18: Graf razlik $U_{w,s}$ med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.....	40
Slika 19: Graf razlik $U_{w,h}$ med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.....	41
Slika 20: Graf razlik g faktorja med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.....	41
Slika 21: Graf razlik LT faktorja med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.....	42

Slika 22: Graf razlik ΔT med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.	43
Slika 23: U_g vrednosti za posamezne kombinacije.....	49
Slika 24: g vrednosti za posamezne kombinacije.....	50
Slika 25: LT vrednosti za posamezne kombinacije.....	50
Slika 26: ΔT za posamezne kombinacije.....	51
Slika 27: $U_{w,s}$ za posamezne kombinacije.....	52
Slika 28: $U_{w,h}$ za posamezne kombinacije.....	52
Slika 29: Prikaz modela brez okolice z južne in zahodne strani (levo) in istega modela z okolico (desno).....	54
Slika 30: Prikaz modela brez okolice s severne in vzhodne strani (levo) in istega modela z okolico (desno).....	54
Slika 31: Prikaz južnih stranic in nameščenih mrež za model z okolico na dan 21.12.2015.	54
Slika 32: Prikaz mreže s pripadajočimi vrednostmi za model z okolico na dan 21.12.2015.	55
Slika 33: Prikaz delovanja peči na lesene sekance.....	61
Slika 34: Prikaz delovanja toplotne črpalke.....	62
Slika 35: Graf primerjave koeficienta specifičnih toplotnih izgub med predlogi za sanacijo.....	65
Slika 36: Graf primerjave letne potrebne toplote za ogrevanje med predlogi za sanacijo.....	66
Slika 37: Graf izgub in dobitkov med predlogi za sanacijo.....	67
Slika 38: Graf letne rabe primarne energije med predlogi za sanacijo.....	68

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prikaz in opis konstrukcijskih sklopov ter ustreznost njihovih U faktorjev.	16
Preglednica 2: Koeficienti učinkovitosti za ogrevanje in toplo vodo.	18
Preglednica 3: Prikaz modeliranja con in osnovni podatki o velikosti.	19
Preglednica 4: Prikaz sestave trenutnega škatlastega okna, vhodnih podatkov in rezultatov v programu Window.	20
Preglednica 5: Rezultati za trenutno stanje objekta pridobljeni s programom TOST.	22
Preglednica 6: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije z zrakom v MSP notranjega krila.	30
Preglednica 7: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije z argonom v MSP notranjega krila.	30
Preglednica 8: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije s kriptonom v MSP notranjega krila.	31
Preglednica 9: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije s ksenonom v MSP notranjega krila.	31
Preglednica 10: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije z vakuumom v MSP notranjega krila.	32
Preglednica 11: Lastnosti kombinacij zasteklitev 3a in 4a.	37
Preglednica 12: Lastnosti kombinacij zasteklitev 10a in 11a.	38
Preglednica 13: Lastnosti kombinacij zasteklitev 12a in 13a.	39
Preglednica 14: Lastnosti kombinacij 3b in 4b.	44
Preglednica 15: Lastnosti kombinacij zasteklitev 10b, 11b in 11c.	45
Preglednica 16: Lastnosti kombinacij zasteklitev 12b, 13b in 13c.	47
Preglednica 17: Lastnosti izbranih kombinacij zasteklitev za nadaljnje analize.	53
Preglednica 18: Tabela s faktorji osenčenja $F_{sh,ob}$	55
Preglednica 19: Povprečne vrednosti $F_{sh,ob}$, globalno sončno sevanje in površine zasteklitev za posamezne strani fasadnega ovoja.	57
Preglednica 20: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta s kombinacijo zasteklitev 3a pridobljeni s programom TOST.	58
Preglednica 21: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta s kombinacijo zasteklitev 13b pridobljeni s programom TOST.	58
Preglednica 22: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta s kombinacijo zasteklitev 3a in 13b pridobljeni s programom TOST.	59
Preglednica 23: Prikaz in opis konstrukcijskega stropa strehe ter ustreznost U faktorja.	59
Preglednica 24: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z dodatno izolacijo strehe pridobljeni s programom TOST.	60
Preglednica 25: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z vgraditvijo kotla na lesene sekance pridobljeni s programom TOST.	63
Preglednica 26: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z vgraditvijo toplotne črpalke voda voda pridobljeni s programom TOST.	63

Preglednica 27: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z varianto predlogov 1 pridobljeni s programom TOST.	64
Preglednica 28: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z varianto predlogov 2 pridobljeni s programom TOST.	64

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ELKO	Ekstra lahko kurilno olje
EU	Evropska unija
g	Skupni prehod sončne energije
H_T	Koeficient transmisijskih toplotnih izgub
H_T'	Koeficient specifičnih transmisijskih izgub
JGZ Brdo	Javni gospodarski zavod Brdo pri Kranju
LT	Koeficient prepustnosti svetlobe
MSP	Medstekelni prostor
NCNK	Nekondicionirana cona z nekondicionirano kletjo
OVE	Obnovljivi viri energije
PURES 2010	Pravilnik o učinkoviti rabi energije, ki je v veljavo stopil leta 2010
Q_{NC}	Letni potrebni hlad za hlajenje stavbe
Q_{NH}	Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe
Q_P	Letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi
TSG4	Tehnične smernice za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije
U	Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa toplotnega ovoja
U_g	Koeficienta toplotnega prehoda zasteklitve
ZVKD	Zavod za varstvo kulturne dediščine Republike Slovenije
1KC	Prva kondicionirana cona
ε	Emisivnost stekla

1 UVOD

Vedno bolj se zavedamo okoljskih sprememb, ki vplivajo na naš vsakdan, hkrati pa se vedno bolj veča ozaveščenost, da je ravno človek s svojim ravnanjem vzrok za podnebne spremembe. Toplogredni plini, izpusti pri izgorevanju fosilnih goriv ipd. globalno vplivajo na naše okolje in imajo močne neposredne in posredne posledice, ki jih bodo občutile tudi generacije za nami. Zaradi energetske neučinkovitosti v stavbah porabimo preveč energije in uprabljamo preveč energentov, ki imajo negativen vpliv na okolje (npr. kurilno olje). Gre za kompleksen problem, ki se ga rešuje na državnih ravneh s predpisi in zakoni, ki morajo biti upoštevani pri novogradnjah in sanacijah objektov. Predpisi postavljajo omejitve glede rabe energije, toplotne prehodnosti in uporabljenih obnovljivih virov energije ali krajše OVE. Povečini so stroški delovanja energetskega objekta nižji in se začetna investicija tekom nekaj let povrne.

Današnja stavba Vile Bled je bila zgrajena v 40. letih 20. stoletja in je služila kot poletna rezidenca predsednika nekdanje Jugoslavije Josipa Broza Tita. Zaradi svojega namena in takratnega načina gradnje posledično ni bila toplotno izolirana in lahko že takoj ocenimo, da ne bo ustrezala današnjim standardom o energetske učinkovitosti. Objekt deluje kot štiri zvezdični hotel, ki ima svoja vrata odprta za goste v toplejših mesecih, tekom zime je zaprt zaradi manjšega povpraševanja in visokih stroškov ogrevanja. Energetska sanacija bi utegnila tudi pomagati, da bi hotel obratoval tekom celega leta.

Vila Bled ima za sabo kar nekaj zgodovine, kar ji prinaša pečat kulturne zapuščine, ki se mora ohranjati kar se da podobno svojemu izvorniku. Kriterije, ki jih izda Zavod za kulturno dediščino je potrebno upoštevati in imajo prednost pred kriteriji o energetske učinkovitosti, saj je v Občinskem prostorskem načrtu Občine Bled [1] predpisano, da morajo biti za vsak poseg v registrirano kulturno dediščino pridobljeni kulturnovarstveni pogoji in kulturnovarstveno soglasje. Predlogi, ki se pri energetskih sanacijah največkrat izvajajo (npr. dodatna izolacija na zunanji strani toplotnega ovoja), zaradi omejitev v poseganje zunanosti objekta niso izvedljivi.

Namen diplomske naloge je preučiti oba vidika: prvi s področja kulturne zaščite in drugega z vidika energetske učinkovitosti. Težili bomo k iskanju rešitev, ki bodo ustrezali kriterijem kulturnega varstva in se bodo poskušali čim bolj približati kriterijem o energetske učinkovitosti z zavedanjem, da bo slednjim težko zadostiti z ukrepi, ki bi bili smiselni in ne bi preveč vplivali na funkcijo objekta ali bili ekonomsko neupravičeni.

Predstavljeni bodo ukrepi o menjavi stavbnega pohištva, izolaciji dela toplotnega ovoja in zamenjavi energenta za ogrevalni sistem. Vsak ukrep bo analiziran posamezno in v medsebojni kombinaciji, saj želimo izvedeti kakšna bi bila sprememba v primerjavi s trenutnim stanjem. Toplotno obnašanje je odvisno tudi od lokacije na kateri se objekt nahaja, zato bo izvedena analiza osončenosti, s katero želimo bolj nazorno upoštevati dejansko stanje.

2 ENERGETSKA UČINKOVITOST STAVB

V prostorih kjer bivajo in delujejo ljudje, je potrebno zagotavljati prijetno toplotno okolje, ki je odvisno od človeškega faktorja (dejavnost ljudi v prostoru, oblačila, spol, starost) in fizikalnih lastnosti prostora. Z vidika slednjih se opazuje predvsem temperaturo zraka, površinsko temperaturo, gibanje zraka in vlažnost. Temperatura prostora se ocenjuje glede na temperaturo zraka in površinske temperature predmetov ter obodnih površin. Med njimi ne sme biti prevelike razlike, npr. če sedimo zraven hladnega okna občutimo hlad kot neugodje. Menjava zraka v prostoru mora biti do neke mere zagotovljena, da je prostoru dovolj kisika. Gibanje zraka povečuje izgube toplote iz telesa lahko povzroči občutek prepiha. Hitrejše ko je gibanje zraka, višjo temperaturo zraka moramo zagotoviti, da bi se izognili občutkom neugodja. Zagotavljati je potrebno tudi primerno vlago v prostorih. [2]

Da se doseže opisano prijetno toplotno okolje, je poleg zagotavljanja zadostne vlage in prezračevanja, potrebno ugotoviti kako toplota prehaja v stavbo in iz nje. Definirajo se toplotne izgube in toplotni dobitki stavbe. Med njimi je potrebno doseči tako ravnotežje, da dosežemo toplotno okolje, ki ga zahteva prostor in njegovi uporabniki. Ravnotežje dosežemo z dovajanjem energije za ogrevanje, hlajenje in druge sisteme za upravljanje stavbe. Težimo k dejstvu, da je objekt zasnovan tako, da je dovedena energija čim manjša. Težimo tudi k dejstvu, da za generacijo potrebne dovedene energije uporabimo OVE v največji možni meri. [2]

Energetska učinkovitost stavb torej pomeni, da se uporabljajo tehnologije in ukrepi, ki za doseganje enakih ciljev zahtevajo manj energije in imajo pomembno vlogo pri dolgoročni energetski prihodnosti vsakega posameznika kakor tudi družbe kot celote. Vemo, da se srečujemo s podnebnimi spremembami in z večanjem onesnaženja, zato so vedno močnejše težnje po razvoju v trajnostno in nizko ogljično družbo tudi na nivoju EU. Po navedbah Ministrstva za infrastrukturo je cilj celotne EU, da se za delovanje stavb porabi manj energije in izkorišča manj fosilnih goriv, ki se jih nadomesti z OVE (voda, veter, sončna energija, lesna biomasa ipd.). [3]

Energetska učinkovitost je s stroškovnega vidika med najbolj učinkovitimi ukrepi za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov in doseganje večjega deleža OVE v rabi bruto končne energije. Poleg tega se z energetske učinkovitostjo zmanjšajo tudi življenjski stroški in izboljša se kakovost bivanja. V Sloveniji 40 % vse energije porabimo v stavbah. Na državnem nivoju so izdelani načrti kako v prihodnjih letih zmanjšati porabo energije in predpisani z zakoni, med katerimi je potrebno izpostaviti Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah ali krajše PURES 2010 [4], ki je v veljavo stopil leta 2010. Predpisano je, kako moramo graditi novogradnje ali sanirati obstoječe objekte, da bodo čim bolj energetske učinkoviti. Energetska učinkovitost je označena z energetske izkaznico, ki podaja razred energetske učinkovitosti in vsebuje priporočila za večjo energijsko varčnost. [3] Na področju slovenske zakonodaje je bil v maju 2015 tudi sprejet Akcijski načrt za energetske učinkovitost za obdobje 2014 – 2020. Načrt si zastavlja nacionalni cilj, da se energetska učinkovitost do leta 2020 izboljša za 20 % oziroma, da se raba primarne energije v letu 2020 ne bo povečala za več kot 2 % glede na leto 2012. [5]

Pri energetske prenovi stavb se priporoča, da se ukrepi izvajajo čim bolj celostno, tudi če je prenova izvedena postopoma. V splošnem velja za logičen vrstni red ukrepov, da se najprej prenavlja zunanji toplotni ovoj stavbe, potem sledi prenova instalacij ogrevanja in ogrevalnega sklopa. Pri posameznih ukrepih se poraba po energiji za ogrevanje lahko zmanjšajo za nekaj deset odstotkov, pri celoviti prenovi pa lahko tudi govorimo o izboljšanju stanja za faktor 3 ali 4. Za presojanje zahtev minimalne učinkovitosti stavb se opazuje ustreznost različnih količin, kot je npr. koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja (H_T'), dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe (Q_{NH}), dovoljen letni potrebni hlad za hlajenje stavbe (Q_{NC}), letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi (Q_P), poleg tega morajo stavbe za delovanje sistemov souporabljati obnovljive vire energije (OVE). Predpisane so tudi najvišje dovoljene vrednosti za toplotno prehodnost konstrukcijskih sklopov toplotnega ovoja (U). [6]

2.1 Razlaga pojmov

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub H_T'

Predstavlja razmerje med količnikom transmisijских toplotnih izgub stavbe H_T in celotno zunanjo površino stavbe A , podaja se z enoto W/m^2K . [4]

Koeficient transmisijских toplotnih izgub H_T

Gre za toplotne izgube pri temperaturni razliki 1K. Izgube gredo v zunanje okolje, skozi neogrevane prostore, skozi tla in skozi sosednje ogrevane stavbe. Koeficient podajamo v W/K . [4]

Potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH}

Energija merjena v kWh, ki je potrebna za ogrevanje stavbe tekom celega leta. Lahko jo predstavimo tudi na enoto uporabne prostornine (kWh/m^2) ali na enoto volumna kondicionirane prostornine (kWh/m^3). [7]

Potrebni hlad za hlajenje stavbe Q_{NC}

Standardna toplota merjena v kWh, ki je potrebna za hlajenje stavbe tekom celega leta. Lahko jo predstavimo tudi na enoto uporabne prostornine (kWh/m^2) ali na enoto volumna kondicionirane prostornine (kWh/m^3). [7]

Letna primarna energija za delovanje sistemov Q_P

Je celotna primarna energija, ki zajema letno primarno energijo za ogrevanje in hlajenje, letno primarno energijo za delovanje sistema mehanskega prezračevanja, letno energijo sistema za razsvetljavo in letno primarno energija sistema za pripravo tople vode. Enota za merjenje je kWh/a. [7]

Obnovljivi viri energije (OVE)

Njihov izvor je v virih, ki so hitro obnovljivi iz stalnih naravnih procesov. Primeri so: sončno sevanje, vodni tokovi, veter, biomasa ipd. [2]

U vrednost

U vrednost je koeficient toplotnega prehoda, ki določa toplotne izgube skozi določen gradbeni element. Predstavlja količino izgubljene toplotne energije skozi površino velikosti 1 m^2 ob temperaturni razliki 1 K (med zunanjo in notranjo površino). Torej manjša je U vrednost, boljša je toplotna izolativnost. Enota za U vrednosti je $\text{W/m}^2\text{K}$. [8]

Emisivnost stekla ε

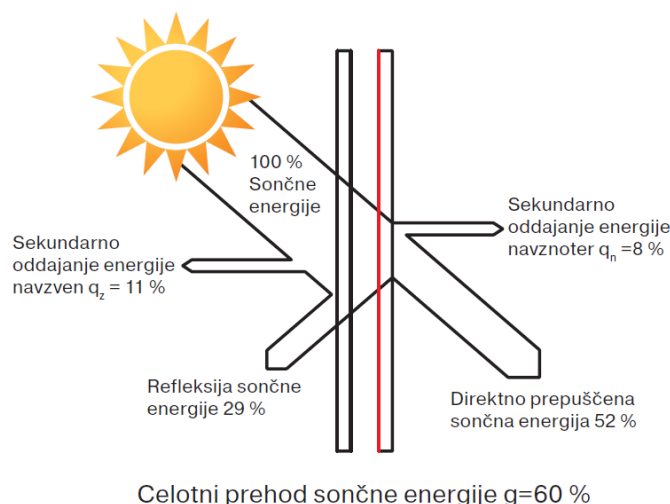
Emisijska vrednost (ε) je razmerje med količino radiacijske toplote, ki jo oddaja neko telo, in količino radiacijske toplote, ki bi jo oddajalo črno telo ob enakih temperaturnih pogojih. Z vidika toplotne zaščite zasteklitev to pomeni: čim nižja je emisijska sposobnost, toliko boljša je U vrednost. Običajno steklo ima po navadi zelo visoko emisijsko sposobnost ($83,7 \%$). Emisijsko sposobnost določimo z meritvami refleksije površine gradbenega elementa. Tako določena vrednost refleksije R se preračuna v emisijsko vrednost z enačbo:

$$\varepsilon = 1 - R \quad (1)$$

Stekla, ki imajo nizko emisivnost v stroki pogosto imenujemo nizko emisijska ali Low-e stekla (»Low-Emissivity Glass«). Taka so zaradi svojih kovinskih nanosov navadno toplotno zaščitna in nekatera sončno zaščitna stekla. Koeficient ε nam pove, da običajno steklo s sevanjem odda približno 83% prejete energije, nizko emisijsko steklo pa le 2 do 10% . [8]

g vrednost

g vrednost podaja vrednost skupnega prehoda sončne energije skozi zasteklitev v odstotkih. Pri meritvah prehoda sončne energije skozi steklo se upošteva sevanje celotnega sončnega spektra (elektromagnetno sevanje z valovnimi dolžinami od 300 do 2.500 nm). Obsevano steklo del sončne energije odbije (refleksija), del jo absorbira (absorpcija), preostanek pa direktno prehaja skozenj (transmisija). Prehod sončne energije skozi izolacijsko okno z dvojno zasteklitvijo je prikazan na Sliki 1. Absorbirana energija ogreje steklo, ki pa tekom ohlajanja nekaj energije odda navzven, nekaj pa v notranjost (q_n in q_z). Pri stanovanjskih stavbah v klimatskih pogojih zmerne pasu je navadno zaželena čim višja g-vrednost. S tem lahko izkoriščamo pasivno sončno energijo, kar se pozna pri znižanju stroškov ogrevanja. Kot prikazano na Sliki 1 je g vrednost sestavljena iz dveh deležev energije: direktno prepuščene (ET) in sekundarno oddane energije (q_n). [8]



Slika 1: Skupen prehod sončne energije skozi izolacijsko steklo.
(vir: [8], str. 64)

Prepustnost svetlobe LT

Stopnja prepustnosti ali transmisije svetlobe ali krajše LT vrednost je definirana z vrednostjo v %. Pove nam koliko odstotkov vidnega dela sončnega sevanja (elektromagnetno sevanje od 380 nm do 780 nm) prodre skozi določeno zasteklitev. LT vrednost je odvisna od debeline stekla, njegove kemijske sestave in od lastnosti morebitnih nanosov, ki so na steklu. Prepustnost 100% ustreza nezastekljeni gradbeni odprtini. V prostoru želimo imeti čim več naravne svetlobe, saj je prijetnejša od umetne in zato ugodno vpliva na človekovo počutje, hkrati pa s tem zmanjšujemo porabo električne energije za razsvetljavo. [8]

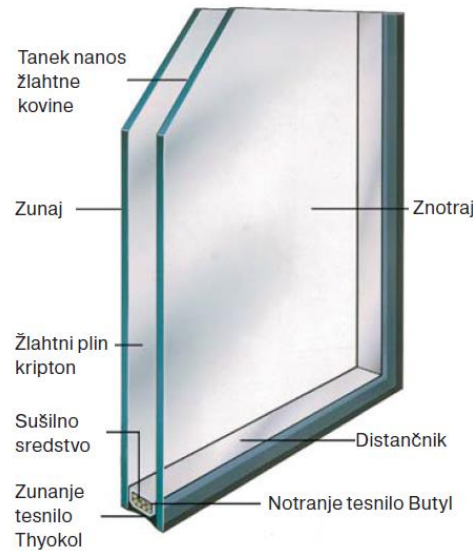
Izolacijsko okno

Konvencionalna izolacijska stekla, kot prikazuje Slika 2, so praviloma sestavljena iz dveh prozornih (»float«) stekel, ki ju ločuje hermetično zaprt medprostor. V njem je lahko inerten plin (argon, kripton ipd.), v nekaterih primerih pa tudi atmosferski zrak ali celo vakuum. Med stekla je vstavljen distančnik, ki določa širino medstekelnega prostora ali krajše MSP. Ta ima pomemben vpliv na vrednost koeficienta toplotnega prehoda zasteklitve (U_g). V izolacijska stekla se po navadi vgrajuje distančne okvirje iz modificiranega PVC-ja, lahko pa se vgrajuje tudi distančnike iz aluminija ali nerjavečega jekla. Robno tesnjenje izolacijskega stekla je sestavljeno iz primarnega (notranjega) tesnila in sekundarnega (zunanjega) tesnila. Njune naloge so, da preprečita vodni pari vstop v MSP in s tem pojav kondenza, da preprečujeta uhajanje plina iz MSP ter da se ustvari trajen fizični robni spoj obeh stekel. Dobro izdelana izolacijska zasteklitev ima življenjsko dobo tudi 25 let ali več. [8]

Visokokakovostne toplotno zaščitne izolacijske zasteklitve, ki ustrezajo sodobnim zahtevam označujemo kot stekla z optimalno energijsko bilanco, ki imajo naslednje okvirne lastnosti:

- Prepustnost svetlobe $LT > 70\%$.
- Prepustnost energije $g > 50\%$.
- Barvna reprodukcija $> 97\%$.
- U_g vrednost $< 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tako steklo povečini vključujejo nizko emisijski ali Low-e nanos, ki bistveno izboljša izolativne lastnosti. [8]



Slika 2: Primer sestave izolacijskega stekla.
(vir: [8], str. 100)

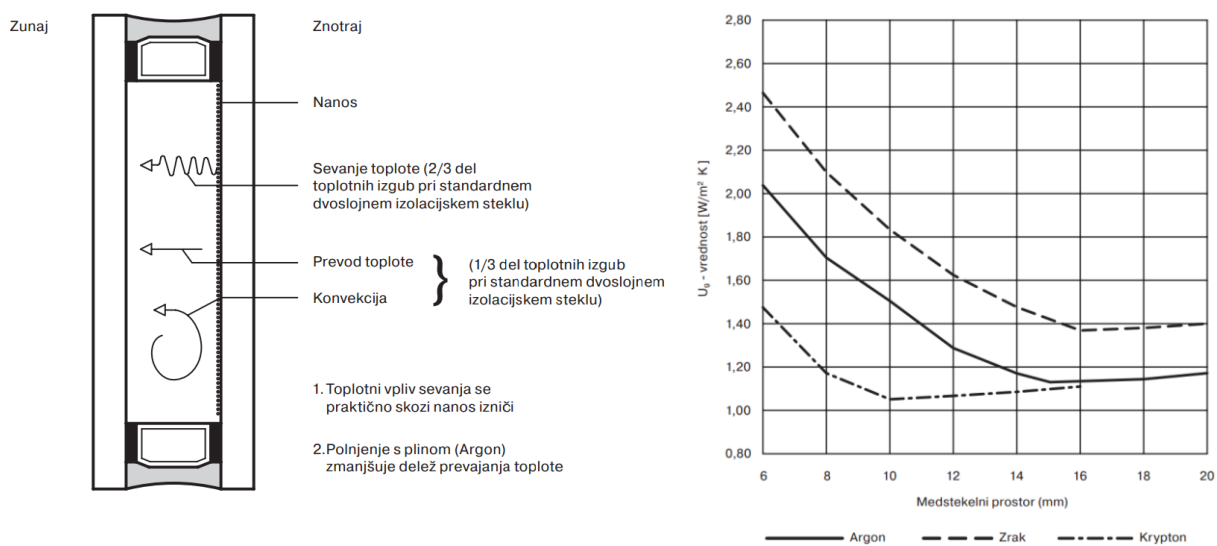
Toplotno tehnično delovanje izolacijskega stekla

Kako teče toplotni tok skozi izolacijsko steklo določajo naslednji fizikalni mehanizmi:

- izmenjava toplote med stekli zaradi sevanja,
- toplotna prevodnost (kondukcija) plina v MSP,
- konvekcija plina v MSP.

V primeru konvencionalnega dvoplastnega izolacijskega stekla, ki nima vgrajenih stekel z nanosom, lahko velika sevalna sposobnost običajnega stekla povzroči skoraj 2/3 celotnega toka skozi MSP. Zrcalno steklo ima sposobnost oddajanja približno 85 % prejete toplote z emisijo. Zaradi sevanja se posledično intenzivno izmenjava toplote med obema stekloma. Le 1/3 toplotnega toka skozi MSP pa je posledica toplotne prevodnosti in konvekcije plina. Termozaščitni nanos steklu močno zmanjša emisijsko sposobnost in sicer z 89 % pri običajnem zrcalnem steklu na zgolj 3 % pri nizko emisijskem steklu. Tako je skoraj prekinjena izmenjava toplote med stekli zaradi sevanja. Zaradi toplotne prevodnosti in konvekcije zraka v MSP toplotni tok ostaja nespremenjen. Z menjavo plina v MSP lahko dodatno znižamo koeficient toplotnega prehoda stekla. [8]

Na Sliki 3 je prikazano toplotno tehnično delovanje izolacijskega stekla in potek zmanjševanja koeficienta toplotne prehodnosti stekla (U_g vrednost) pri različni debelini MSP in med različnimi plini v njem. [8]



Slika 3: Prikaz toplotno tehničnega delovanja v MSP (levo) in prikaz U_g vrednosti v odvisnosti od debeline MSP in vrste plina.
 (vir: [8], str. 95)

3 ZAKONODAJA

3.1 Omejitve s področja varstva kulturne dediščine

Zavod za varstvo kulturne dediščine ali krajše ZVKD pod okriljem Ministrstva za kulturo beleži Register nepremičnine kulturne dediščine v katerega je Vila Bled vpisana pod evidenčno številko enote *13106 Bled – Vila Bled* in je označena kot profana stavbna dediščina. Tekstualno je opisana kot: »Trinadstropna stavba s tlorisom v obliki H, dograjena 1947, načrt V. Glanz. Poslikava dvorane S. Pengov. Letna rezidenca J. Broza Tita. V parku rastlinjak, belveder, domača in tujerodna drevesa, vrtna oprema.«. Kot avtorji objekta so navedeni: Vinko Glanz (arhitekt; 1947), Danilo Fürst (arhitekt; 1941-1945), Slavko Pengov (slikar; 1947). Za objekt je pristojna območna enota ZVKD Kranj. [9]

V neposredni okolici Vile Bled se nahaja park, ki je tudi kulturnovarstveno zaščiten in je prikazan na Sliki 4. V register nepremičnin je vpisan kot arheološko najdišče Grobišče v Mlinem, zavedeno pod evidenčno številko dediščine 13079. Na tem območju je bilo v preteklosti ob gradbenih delih odkrito in povečini uničeno starslovansko grobišče s približno stopetdesetimi grobovi iz zgodnjega srednjega veka. Ker je območje zaščiten, je pri vsakem poseganju potrebno pridobiti soglasje ZVKD. [10]



Slika 4: Tlorisni prikaz Vile Bled in varovanega območja v njeni neposredni okolici Grobišče v Mlinem (označeno z modro barvo).

(vir: [11])

3.2 Predpisi Prostorskega načrta Občine Bled

Pri načrtovanju obnove objekta, ki je kulturnovarstveno zaščiten, je potrebno v prvi vrsti upoštevati predpise s kulturnovarstvenega področja. Poleg tega pa težimo k temu, da bo obnova naredila objekt kar se da energetske učinkovit in v skladu z drugimi predpisi.

V nadaljevanju je izpostavljenih nekaj dejstev, ki jih je potrebno ali priporočljivo upoštevati pri energetski sanaciji objekta:

- Pri načrtovanju energetskih sistemov imajo prednost sistemi, ki omogočajo izrabo lokalno razpoložljivih virov energije, predvsem lesne biomase in sončne energije.
- Pri poseganju v območja in objekte kulturne dediščine je potrebno obvezno upoštevati usmeritve, izhodišča in pogoje organov, pristojnih za varstvo kulturne dediščine. Ne dopušča se posegov, ki bi utegnili spremeniti ali degradirati lastnosti zaradi katerih je območje pridobilo status kulturnovarstvenega območja.
- Pri posegih v objekt vile je potrebno uporabiti izvirne oz. prvotne materiale, barve ali teksture. Ne dopušča se uporaba predizdelanih členitvenih in okrasnih elementov ter menjava lesenega stavbnega pohištva s kovinskim ali plastičnim.
- Na gradbeni parceli vile je potrebno zagotavljati najmanj 50 % zelenih površin na raščenem terenu in ohranjati čim več obstoječe grmovne in drevesne vegetacije ter ohranjati je potrebno zgodovinsko pričevalnost vrtov.
- V območjih varstva kulturne dediščine se mora v podzemni izvedbi graditi omrežja elektronske komunikacijske in energetske infrastrukture. Odstop od te določbe potrди organ Občine Bled in tudi služba pristojna za varstvo kulturne dediščine.
- Na objektih in območjih kulturne dediščine se dovoljujejo posegi, ki prispevajo k trajni ohranitvi dediščine ali zvišanju njene vrednosti ter dediščino varujejo in ohranjajo. Niso pa dovoljene rekonstrukcije ali gradnja novega objekta (dozidave, nadzidave, ki bi bistveno spremenile izgled) na način, ki bi prizadel varovane vrednote objekta ali območja kulturne dediščine. Prav tako ni dovoljena odstranitev objektov ali delov objektov ali območij kulturne dediščine, razen pod pogoji, ki jih določajo predpisi s področja varstva kulturne dediščine. Objekte in območja kulturne dediščine je potrebno varovati pred uničenjem in poškodovanjem tudi med gradnjo.
- Za vsak poseg v varstveno območje dediščine ali registrirano kulturno dediščino je treba pridobiti kulturnovarstvene pogoje in kulturnovarstveno soglasje za posege po predpisih za varstvo kulturne dediščine. Za poseg v objekt ali območje kulturne dediščine se štejejo vsa dela, dejavnosti in ravnanja, ki kakorkoli spreminjajo videz, strukturo, notranja razmerja in uporabo dediščine ali ki dediščino uničujejo, razgrajujejo ali spreminjajo njeno lokacijo.
- Pri registrirani stavbni dediščini se ohranjajo varovane vrednote kot so zunanji gabariti (tlorisna in višinska zasnova), gradivo in konstrukcijska zasnova, oblikovanost zunanjščine, funkcionalna zasnova notranjosti objektov in pripadajočega zunanjega prostora, stavbno pohištvo in notranja oprema, komunikacijska in infrastrukturna navezava na okolico, celovitost dediščine v prostoru, zemeljske plasti z morebitnimi arheološkimi ostalinami.
- Na registriranih arheoloških najdiščih ni dovoljeno posegati v prostor na način, ki lahko poškoduje arheološke ostaline. Ta najdišča s kulturnimi plastmi, strukturami in premičnimi najdbami se varujejo pred posegi ali uporabo, ki bi lahko poškodovali arheološke ostaline ali spremenili njihov vsebinski in prostorski kontekst. [1]

3.3 Izdani kulturnovarstveni pogoji iz leta 2012

Leta 2012 so bili na vlogo Javnega gospodarskega zavoda Brdo pri Kranju ali krajše JGZ Brdo, ki je upravljalac Vile Bled, že izdani kulturnovarstveni pogoji z veljavnostjo enega leta. Za potrebe te diplomske naloge so spodaj izpisana bistvena dejstva, podana s strani ZVKD Kranj, celoten dokument je priložen v Prilogi A.

»Dovoljena je zamenjava oken zaradi dotrajanosti in energetske potratnosti (predvidena je vgradnja termopan zasteklitve), pri čemer ni dovoljeno spreminjati izgleda fasad, zato morajo nova okna vključno z okovjem ohraniti substanco in izgled. Investitorju se določi obveznost potrditve vzorcev (oblika oken in okovje) za izvedbo pred samim pričetkom del.

1.) dovoljena je zamenjava oken v stavbi vile Bled pod pogojem, da so nova okna lesena in oblikovana identično, kot obstoječa okna. V pritličju naj bodo nova okna izdelana iz hrastovega lesa brez opleskov, v nadstropjih pa so lahko izdelana iz smrekovega lesa in pleskana v beli barvi. (Izvirno so bili v nadstropjih okvirji izdelani v naravnem lesu, krila pa so bila pleskana belo.)

2.) Velikih polkrožnih oken ni dovoljeno členiti.

3.) Okovje naj bo čim bolj slično obstoječemu okovju. Predlagamo, da izbrano okovje in vzorec okna potrdi pristojni konservator ZVKDS.«

...

»Na izvedbeno projektno dokumentacijo, ki upošteva izdane kulturnovarstvene pogoje, si mora investitor pridobiti kulturnovarstveno soglasje.«

3.4 Zakonodaja o učinkoviti rabi energije

Za posege v obravnavan objekt je potrebno najprej upoštevati omejitve varstva kulturne dediščine, vendar pa je namen sanacije objekta tudi, da bo za svoje normalno delovanje porabil manj energije in bo izraba energije čim bolj okolju prijazna. Zato se bodo poskušali v čim večji meri upoštevati tudi predpisi, ki jih navaja PURES 2010.

PURES 2010 je pravilnik, ki določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah. Pokriva področja toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanje lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe. Pravilnik je v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb. Pravilnik se uporablja pri gradnji novih stavb in rekonstrukcijah stavbe, kjer se posega v najmanj 25 % površine toplotnega ovoja, če je to tehnično izvedljivo. [4]

V nadaljevanju bo izpostavljeno nekaj dejstev, ki so del PURES 2010 in h katerim bomo težili tekom diplomske naloge:

- Predpisana je obvezna uporaba Tehnične smernice za graditev TSG-1-004 Učinkovita raba energije ali krajše TSG4, ki določa gradbene ukrepe oz. rešitve za doseganje zahtev iz pravilnika PURES 2010 in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe.

- PURES 2010 smatra, da je energetska učinkovitost stavbe dosežena, ko bodo izpolnjeni naslednji pogoji:

- Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja ne presega:

$$H_T' \leq 0,28 + \frac{T_L}{300} + \frac{0,04}{f_o} + \frac{z}{4} \quad (2)$$

kjer je T_L povprečna letna temperatura zunanjega zraka, f_o faktor oblike in z razmerje med zastekljenim in nezastekljenim delom stavbnega ovoja.

- Dovoljena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH} , preračunana na enoto kondicionirane prostornine V_e ne presega:

$$Q_{NH}/V_e \leq 0,32 \cdot (45 + 60f_o - 4,4T_L) \quad [kWh/m^3a] \quad (3)$$

- Pri toplotni zaščiti ovoja in ločilnih elementov delov stavbe je potrebno zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe in zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe, preprečiti škodljive vplive difuzijskega prehoda vodne pare ter nadzorovati zrakotesnost stavbe. Toplotni mostovi naj imajo čim manjši vpliv na letno potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje in ne smejo povzročati škode stavbi ali njenim uporabnikom.
- Ogrevalni sistem bo energetsko učinkovit, če se izbere energijsko učinkovit generator toplote, načrtuje in izvede energijsko učinkovit cevni razvod, izbere nizke projektne temperature ogrevalnega sistema ter regulacijo temperature zraka v stavbi.
- Potrebno je zagotoviti, da se tudi v času sončnega obsevanja in visokih temperatur zraka v stavbi zaradi sončnega sevanja, prostori ne pregrejejo bolj, kot je določeno za temperaturo zraka v skladu s predpisom, ki ureja prezračevanje in klimatizacijo stavb.
- Praviloma se topla voda zagotavlja s sprejemniki sončne energije ali alternativnim sistemom z uporabo OVE.
- Smatra se, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena, če je najmanj 25 % celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljeno z uporabo obnovljivih virov. Prav tako je dosežena, če je delež končne energije za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode pridobljen iz najmanj 50 % trdne biomase. [4]

3.5 Tehnična smernica za graditev TSG4

Toplotna zaščita

Toplotna prehodnost elementov na zunanji površini stavbe ne sme presegati naslednjih vrednosti:

- Vertikalna okna ali balkonska vrata z okvirji iz lesa ali umetnih mas: $U_{max} < 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Vhodna vrata: $U_{max} < 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Zasteklitev v ogrevanih prostorih: $U_{st} < 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. [7]

Vse zastekljene površine, večje od $0,5 \text{ m}^2$, morajo omogočati zaščito proti sončnemu obsevanju, pri kateri je faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla (g_{st}) in senčila $g < 0,50$. Omejitev ne velja za zastekljene površine, ki so obrnjene v smeri severovzhoda preko severa do severozahoda ali so poleti trajno zasenčene z oviro. Faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja stekla in senčila

je določen kot produkt faktorjev prepustnosti celotnega sončnega obsevanja posamičnih plasti (stekla in senčila) ob upoštevanju zmanjšanja učinkovitosti senčila v MSP. [7]

$$g = g_{st} \cdot g_s \quad (4)$$

Faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila se pri vgradnji senčila v medstekelni prostor določi po enačbi:

$$g_{s,m} = 1 - 0,4(1 - g_s) \quad (5)$$

g_s – faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila,

$g_{s,m}$ – faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja senčila v medstekelnem prostoru

Senčila, ki so vgrajena na notranjo stran, se ne štejejo kot zaščita proti sončnemu obsevanju. [7]

Zrakotesnost

V stavbah je treba uporabljati okna in vrata, ki imajo izjavo o skladnosti z razredi zrakotesnosti in sicer vsaj razreda 2 po standardu SIST EN 12207 [12] za vhodna vrata, vgrajena v prvem ali v drugem nadstropju stavbe in razreda 3 po standardu SIST EN 12207 [12] za okna in balkonska vrata, ki so vgrajena v tri- ali večnadstropne stavbe. Zrakotesnost stavbe, ki ni mehansko prezračevana, ne sme presegati treh izmenjav zraka na uro (pri tlačni razliki 50 Pa) in v stavbah z vgrajenim sistemom mehanskega prezračevanja z več kot 0,7-kratno izmenjavo zraka, ne sme presegati dve izmenjavi zraka na uro (pri tlačni razliki 50 Pa). [7]

Hlajenje

Z namenom omejitve potrebe po energiji za klimatske sisteme in preprečitvi pregrevanja prostorov, morajo biti vsa okna, ki so izpostavljena neposrednemu sončnemu obsevanju, opremljena z zunanjimi senčili, ki zmanjšajo največjo sončno obsevanje za 70 %. [7]

Razsvetljava

Prepustnost stekla za dnevno svetlobo pri okenskih in strešnih odprtinah mora biti $LT > 0,50$. [7]

4 VILA BLED

4.1 Kratka zgodovina Vile Bled

Začetki segajo v leto 1883, ko je na mestu današnje Vile Bled knez Ernest Windischgratz dal zgraditi dvorec, ki se je po izgledu precej razlikoval od današnje podobe. Spominjal je na angleške vile z značilnostmi dunajske arhitekture. Leta 1922 je stavbo kupil Aleksander Karađorđević in jo poimenoval Suvobor po bitki iz prve svetovne vojne. Po atentatu na kralja Aleksandra leta 1934 v Marseille-u, se je njegova žena kraljica Marija odločila, da se stara vila poruši in na njenem mestu začne graditi nova. Arhitekturna zasnova vile v današnji podobi je nastala po zamislih blejskega mestnega arhitekta Danila Fürsta. Gradnjo je upočasnila druga svetovna vojna, dokončno pa je bila zgrajena leta 1946 pod avtorstvom arhitekta Vinka Glanza in po prirejenih Fürstovih načrtih ter navodilih tedanjega predsednika Jugoslavije Josipa Broza Tita (Slika 5 zgoraj in spodaj levo). Današnjo kongresno oz. večnamensko dvorano (Slika 5 spodaj desno), ki je bila včasih Titova kinodvorana, krasi poslikavi na steni Slavka Pengova iz leta 1947, ki prikazuje drugo svetovno vojno na območju takratne Jugoslavije. [13]

Vila je v preteklosti gostila številne voditelje različnih držav in znane osebnosti, zamenjala je tudi nekaj različnih upravljavcev. Danes Vila Bled deluje kot hotel in je v državni lasti, z njo upravlja JGZ Brdo.

Maksimalne dimenzije gabaritov pet etažnega objekta merijo 70 x 39 m. Obsega klet, pritličje in tri nadstropja. Klet večinoma služi kot prostor za skladiščenje in tehnično oskrbo samega objekta, ni namenjena uporabi s strani gostov. V pritličju se nahaja sprejemna recepcija, wellness, jedilnica, salon, bar in zajtrkovalnica. Čez prvo in drugo nadstropje se razteza večja konferenčna dvorana s poslikavami na steni, kar je prikazano tudi na Sliki 5 spodaj desno. Po nadstropjih so razporejene sobe, apartmaji in še ena manjša konferenčna dvorana. Zazidana površina objekta je 1.583 m², celoten volumen stavbe (brez podstrešja) 24.640 m³. Streha je večkapnica prekrita s pločevino, podstrešje je neizkoriščeno in prezračevano. Površina toplotnega ovoja stavbe obsega 6.478 m², od tega je 18,5 % transparentnih površin. Nosilna konstrukcija je klasična opečna in armiranobetonska. Medetažna konstrukcije so delno armiranobetonske, delno lesene. Toplotne izolacije na zunanjih stenah ni. Fasade je grobo in fino ometana in brizgana, vzhodna fasada in fasadni cokol je obložen z naravnim kamnom.



Slika 5: Sprednji pogled na Vilo Bled (zgoraj), pogled z jezera (spodaj levo) in notranjost konferenčne dvorane (spodaj desno).
(vir: [14])

4.2 Trenutno stanje objekta

4.2.1 Splošni opis

Kot upravljavec je JGZ Brdo Vilo Bled prevzel leta 2012. Dokaj hitro je bilo razvidno, da za ogrevanje objekta v hladnejših mesecih nastajajo visoki stroški, ki jih je težko pokriti, še posebej, če ima hotel relativno nizko zasedenost. Sprejeta je bila odločitev, da bo hotel odprt v poletni sezoni, ko so potrebe po ogrevanju bistveno manjše, v zimski sezoni pa ne bo obratoval in bo ogrevan na 10°C. Izjema so termini, ko se lahko pričakuje skoraj polna zasedenost hotela, npr. božično-novoletni prazniki.

Težnja upravljavca je, da se objekt energetske sanira kakor je le mogoče in s tem zniža stroške obratovanja stavbe. Tako bi lahko objekt obratoval tekom celega leta, poleg tega bi se povečala možnost, da bi bil hotel privlačen za druge upravljavce (npr. hotelske verige), katerim bi objekt lahko dali v najem. Tuj najemnik s področja hotelirstva bi lahko dodal dodatno vrednost objektu.

Z moje strani je bil opravljen ogled objekta konec februarja 2016, malo pred začetkom sezone in odprtjem za goste. Pregledani so bili prostori objekta, kakšna je njihova velikost in namembnost. Za potrebe te diplomske naloge je JGZ Brdo dovolilo vpogled v izdelane dokumente in dostop do načrtov, ki so bili izdelani leta 1974. Opravljeni so bili tudi pogovori z nekaterimi zaposlenimi.

4.2.2 Ustreznost konstrukcijskih sklopov

S programom TEDI [15] smo ugotavljali toplotno prehodnost in difuzijo vodne pare skozi konstrukcijske sklope. Program se sklicuje na PURES 2010 in ima glede na omenjen pravilnik nastavljene mejne vrednosti in pogoje glede toplotne prehodnosti in difuzijskega navlaževanja. V program vnašamo vrsto in lastnosti konstrukcijskih sklopov in pogoje v katerih se nahajajo, kot rezultat pa dobimo podatek o toplotni prehodnosti in difuzijskem navlaževanju, ki jih bomo potrebovali nadalje pri energetski bilanci objekta.

Potrebno je poudariti, da lahko z veliko verjetnostjo pričakujemo, da konstrukcijski sklopi, ki se trenutno nahajajo na obstoječem ovoju ne bodo ustrezali zahtevam, saj vemo, da je objekt izredno energijsko potraten. Izboljšanje bo mogoče le na nekaterih delih stavbnega ovoja, saj je potrebno upoštevati pogoje ZVKD.

Po vnašanju osnovnih podatkov o projektu, objektu in projektantu, moramo programu povedati v kakšnem okolju se objekt nahaja in kakšna je povprečna letna temperatura, projektna temperatura, koliko časa traja ogrevalna sezona ipd. Podani sta bili koordinati lokacije obravnavanega objekta (X: 135424, Y: 430616). Nadalje je bilo podano za kakšen konstrukcijski sklop gre. Vnesli smo zunanjo steno proti zraku, ki prezentira večji del vertikalnega zunanjega ovoja in ni izolirana. Podobna zunanja stena je v kletnih prostorih, vendar jo moramo modelirati kot drug konstrukcijski sklop, saj zunanji pogoji niso enaki kot pri steni nad nivojem terena. Tudi tla niso izolirana in po večini se v kleti nahajajo prostori, ki služijo za tehnično delovanje objekta (npr. toplotna postaja in več prostorov za skladiščenje) in jih uporablja tam zaposleno osebje.

Objekt ima hladno prezračevano podstrešje. Tla podstrešja so deloma armiranobetonska in delom v tramovni izvedbi in so izolirana s heraklitnimi ploščami debeline 5 cm s toplotno prevodnostjo 0,080 W/mK, katere vrednost je bila pridobljena glede na že izdelan elaborat gradbene fizike [16].

Za temperaturo notranjih prostorov v zimskem času smo privzeli 21°C. Objekt je neklimatiziran in v njem ni večjega nastajanja vodne pare. Program TEDI že pri podajanju posameznih slojev konstrukcijskih sklopov računa toplotno prehodnost in primerja z mejno vrednostjo ali sklop ustreza zahtevam PURES 2010 ali ne. Sestava posameznih konstrukcijskih sklopov je prikazana v Preglednici 1. Materiali v konstrukcijskih sklopih so bili izbrani glede na Razširjen energetski pregled Vile Bled [16], razen medetažne konstrukcije, katere sestava je bila predpostavljena.

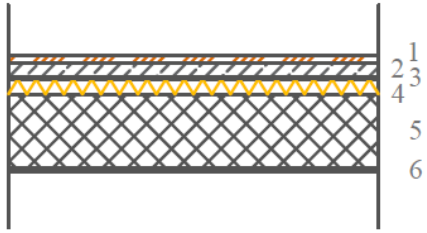
V Preglednici 1 so prikazani analizirani konstrukcijski sklopi. S programom TEDI so izračunani U faktorji za posamezni konstrukcijski sklop in primerjani z mejnimi vrednostmi po pravilniku PURES 2010. Pri nobenem od konstrukcijskih sklopov ni prihajalo do kondenzacije vodne pare.

Preglednica 1: Prikaz in opis konstrukcijskih sklopov ter ustreznost njihovih U faktorjev.

ZUNANJA STENA PROTI ZRAKU			ZUNANJA STENA PROTI TERENU		
Sloj	Debelina [cm]	Material	Sloj	Debelina [cm]	Material
1	1	Apnena malta	1	1	Apnena malta
2	50	Polna opeka	2	50	Polna opeka
3	1	Apnena malta			
$U = 1,173 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$ Konstrukcijski sklop ni ustrezen			$U = 1,190 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$ Konstrukcijski sklop ni ustrezen		
STROP - OBSTOJEČI			TLA NA TERENU		
Sloj	Debelina [cm]	Material	Sloj	Debelina [cm]	Material
1	20	Beton iz kamnitega agregata	1	15	Beton iz kamnitega agregata
2	3	Les – smreka, bor	2	6	Cementni estrih
3	5	Heraklit			
$U = 0,913 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$ Konstrukcijski sklop ni ustrezen			$U = 4,215 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,350 \text{ W/m}^2\text{K}$ Konstrukcijski sklop ni ustrezen		

se nadaljuje...

... nadaljevanje Preglednice 1

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA (med kletjo in 1KC)		
		
Sloj	Debelina [cm]	Material
1	2	Hrastov parket
2	4	Cementni estrih
3	0,5	PE folija
4	4	Mineralna volna
5	20	Beton iz kamnitega agregata
6	1	Apnena malta
$U = 0,717 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$ Konstrukcijski sklop ni ustrezen		

Lahko opazimo, da so vsi konstrukcijski sklopi, ki so trenutno del ovoja objekta, neustrezni, če upoštevamo omejitve PURES 2010. V sestavo ostalih sklopov ne moremo posegati zaradi omejitev ZVKD-ja. Dobljeni U faktorji bodo tudi vhodni podatek pri računu energetske bilance objekta. Podrobne karakteristike konstrukcijskih sklopov so podane v Prilogah E-I.

4.2.3 Energetska bilanca trenutnega stanja objekta

Energetska bilanca objekta bo izračunana s pomočjo programa TOST [18], ki se sklicuje na PURES 2010 in omogoča izračun porabe toplote za ogrevanje bivalnih in nebivalnih stavb. Analizirali bomo trenutno stanje objekta. V zimskem času objekt ne obratuje, vendar se bo zaradi kasnejših primerjav, že za trenutno stanje računalo koliko energije bi objekt za svoje delovanje porabil tekom celotnega leta.

V program najprej vnesemo osnovne podatke o objektu kot so ime stavbe, naslov, ime projektanta, katastrska občina in parcelna številka na kateri se objekt nahaja, šifra po CC-SI klasifikaciji vrste objektov, etažnost in datum izdelave energetske bilance. Podobno kot pri programu TEDI tudi tukaj podamo geodetske koordinate objekta in program sam naloži klimatske podatke, kot je projektna temperatura, povprečna letna temperatura, količina letne sončne energije, trajanje ogrevalne sezone ipd.

Mejne vrednosti se sčasoma zaostrejujejo in tudi v pravilniku PURES 2010 so bili z januarjem 2015 zapisani drugačni, ostrejši kriteriji za energetska učinkovitost stavbe. Izberemo, da gre za stanje po omenjenem datumu. Program bo na koncu samodejno izračunal po ostrejšem kriteriju kolikšen je mejni H_T' , kolikšna je dovoljena Q_{NH} in kolikšen je dovoljen Q_{NC} . Glede na te vrednosti in na dejansko delovanje stavbe se bo presojalo ali objekt ustreza minimalnim kriterijem. Če upoštevamo, da

obravnava ovoj objekta praktično ni izoliran in tega dejstva zaradi varstva kulturne dediščine ne moremo spremeniti, lahko pričakujemo, da s pridobljenimi rezultati ne bomo ustrezali zahtevam, vendar bomo vseeno težili k dejstvu, da se jim čim bolj približamo, oziroma da z možnimi ukrepi čim bolj zmanjšamo porabo objekta.

Toplotne mostove bomo upoštevali na poenostavljen način glede na določila TSG4, za prevodnost zemljine pa privzamemo vrednost 2 W/mK.

Objekt na oknih nima nočne izolacije, niti senčil. Faktorji osenčenosti so podrobneje predstavljeni v nadaljevanju v poglavju 5.2. kjer smo z analizo osončenosti dobili razmerje med prejeta sončno energijo z upoštevano okolico in sončno energijo brez upoštevanje okolice.

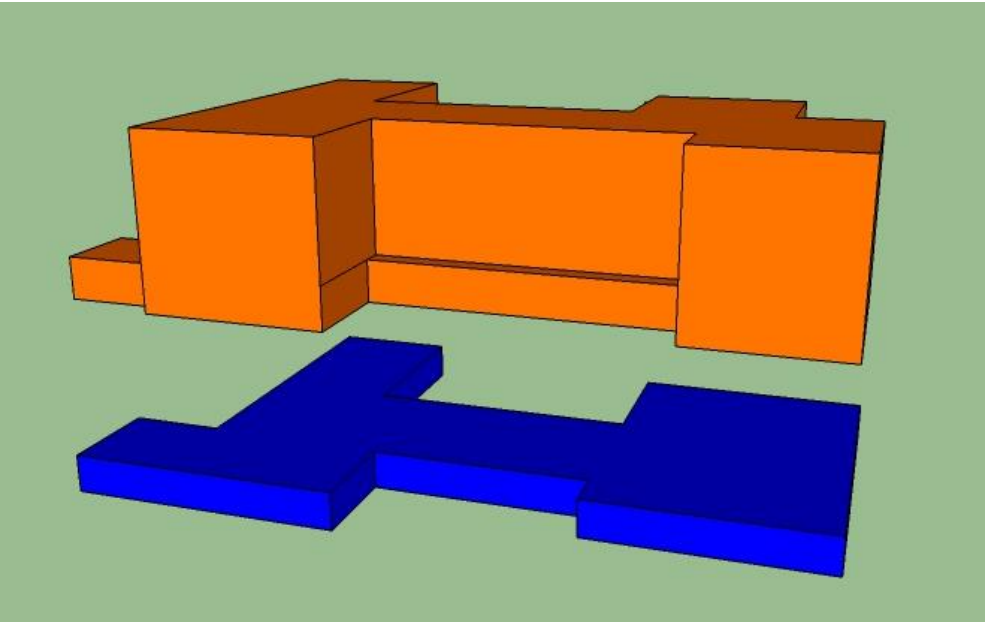
Objekt je trenutno ogrevan s pečjo na ekstra lahko kurilno olje ali krajše ELKO, prav tako je s to pečjo ogrevana topla voda. Koeficientov učinkovitosti (generacijo, distribucijo in emisijo) vgrajenih sistemov ogrevanja, hlajenja in priprave tople sanitarne vode ne poznamo zelo natančno, zato jih določimo na podlagi uporabniškega priročnika programa TOST [19], kakor jih prikazuje Preglednica 2 spodaj.

Preglednica 2: Koeficienti učinkovitosti za ogrevanje in toplo vodo.

	Energent	Generacija	Distribucija	Emisija
Ogrevanje	ELKO	0,80	0,80	0,96
Topla voda	ELKO	0,80	0,80	0,96

Celoten objekt smo razdelili na dve kondicionirani coni. Volumen stavbe nad terenom bo modeliran kot prva kondicionirana cona, klet pa kot nekondicionirana cona z nekondicionirano kletjo. Razdelitev na cone in njune karakteristike so prikazane v Preglednici 3.

Preglednica 3: Prikaz modeliranja con in osnovni podatki o velikosti.



I KONDICIONIRANA CONA (oranžno)		NEKONDICIONIRANA CONA Z NEKONDECIONIRANO KLETJO (modro)	
Bruto volumen	19.336 m ³	Bruto volumen	5.305 m ³
Kondicioniran volumen	15.469 m ³	Kondicioniran volumen	4.244 m ³
Uporabna površina	5.584,50 m ²	Uporabna površina	1.213 m ²
Površina zunanje stene (netranparentni del)	2.886,03 m ²	Obseg tal v stiku z zemljino	845.156 m
Transparentne površine na J	135,50 m ²	Visina kleti	3,5 m
Transparentne površine na V	121,00 m ²	Transparentne površine	5,00 m ²
Transparentne površine na S	246,36 m ²	Površina, ki meji na IKC	1.516 m ²
Transparentne površine na Z	97,50 m ²		
Površina hotelskih sob	1.800 m ²		
Površina strehe	1.495,92 m ²		

Prva kondicionirana cona ali krajše IKC obsega celoten volumen stavbe nad nivojem terena. V celotni coni veljajo pogoji, ki jih moramo vzdrževati. Pozimi je predvidena temperatura na katero ogrevamo 21°C, poleti pa naj bi bila temperatura prostorov 24°C. Glede na način gradnje se objekt uvršča med težke gradnje in se po navodilih TSG4 efektivna toplotna kapaciteta cone izračuna kot:

$$C = 50 \cdot V_e \left(\frac{Wh}{K} \right) \quad (6)$$

kjer je V_e bruto kondicionirana prostornina stavbe. Notranje dobitke metabolne toplote uporabnikov, delovanja strojev v prostoru tudi določimo po navodilih TSG4, ki pravi, da so dobitku premo sorazmerni z uporabno površino in faktorjem 4.


Stavba ni klimatizira, prisilno prezračevana je le v določenih delih, ki so v manjšini (npr. kuhinja, dvorane, garderobe, salon, jedilnica, bife in sanitarije) in privzamemo, da se objekt naravno prezračuje. Minimalna izmenjava zraka z zunanostjo za prostore v katerih se zadržujejo ljudje je 0,5 h⁻¹. Dejansko urno izmenjavo zraka z zunanjim zrakom smo povzeli iz uporabniškega priročnika programa TOST in znaša 0,6 h⁻¹. Nanaša se namreč na dejstvo, da ima objekt več kot eno

izpostavljeno fasado oz. vse stranice objekta so izpostavljene prezračevanju in lahko rečemo, da je srednje zaščiten zaradi svoje okolice. Za trenutno vgrajena škatlasta okna predpostavimo srednje tesnjenje.

Iz modela, ki je bil narejen v programu SketchUp [20] in na podlagi načrtov iz leta 1974, smo pridobili površino zunanjih sten in druge geometrijske karakteristike objekta. Za prehodnost konstrukcijskih sklopov smo vzeli U faktorje iz programa TEDI, ki so navedena v poglavju 4.2.2. Za površino strehe smo vzeli zgornjo površino ovoja, ki meji na prezračevano ostrešje in je izolirano s 5 cm debelimi heraklitnimi ploščami. V 1KC tal ne vnašamo, saj na svojem spodnjem delu ne meji na teren, ampak na klet, kar definiramo kot predelni konstrukcijski sklop med conami. Klet je definirana kot nekondicionirana cona z nekondicionirano kletjo ali krajše NCNK.

Zasteklitve razdelimo glede na njihovo orientacijo na zunanjem ovoju (sever, jug, vzhod, zahod). Za vsako orientacijo podamo ploščino zasteklitve, ki smo jih pridobili pri pregledu objekta na terenu, in lastnosti oken. Faktor toplotne prehodnosti U_w smo privzeli glede na sestavo trenutnega škatlastega okna dobili s programom Window [21]. Vhodni podatki in rezultati so prikazani v Preglednici 4. Pozorni moramo biti na dejstvo, da so zasteklitve poleg razdelitve na orientacije, razdeljena tudi na to, ali imajo hrastov ali smrekov okvir, ker pride do razlike v U_w faktorju. Pritlična okna so povečini v izvedena s hrastovimi okvirji, v višjih nadstropjih pa v smrekovih.

Preglednica 4: Prikaz sestave trenutnega škatlastega okna, vhodnih podatkov in rezultatov v programu Window.

trenutno obstoječe škatlasto okno		
		
trenutno obstoječe škatlasto okno (vhodni podatki)		
dvojna zasteklitve		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	navadno prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	navadno prozorno steklo
REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
2,802	2,152	2,351
g	LT	ΔT [°C]
0,786	0,822	5,9

Topla voda se mora zagotavljati vse dni v letu, za referenčno površino vzamemo površino hotelskih sob, ki smo jo ocenili glede na načrte iz leta 1974 in znaša približno 1.800 m². Površina hotelskih sob je manjša od uporabne površine celotnega objekta, ker je v objektu tudi kar nekaj dvoran in salonov. Za hotele in hotelske sobe je po TSG4 predpisana maksimalna gostota svetilk PN enaka 11 W/m², v

obravnavanem objektu je glede na Razširjen energetski pregled Vile Bled [16] gostota svetil enaka 6 W/m^2 . Upoštevamo, da ima stavba zasilno razsvetljavo, da avtomatskega vodenja razsvetljave ni in da ni nadzornega sistema stalne osvetljenosti. Zasedenost in vpliv dnevne svetlobe se upošteva ročno in ne z nadzornim sistemom.

Druga cona bo klet oziroma NCNK. Klet je v večjem delu uporablja samo osebje, zato so potrebe po prezračevanju manjše kot v zgornjih prostorih. Prezračuje se naravno in sicer je na obodu nekaj manjših oken, ki omogočajo tok zraka. Urna izmenjava zraka je ocenjena na $0,3 \text{ h}^{-1}$.

Pri podajanju konstrukcijskih sklopov za NCKC program razume kot zunanjo steno tisto steno, ki je del toplotnega ovoja in meji na zunanji zrak, česar pa v našem primeru ni. Vse zunanje stene mejijo na teren, zato podamo samo toplotni upor R , ki pripada konstrukcijskemu sklopu zunanje stene, ki meji na teren. Kolikšna je površina zunanje stene v stiku s tlemi program razbere iz podatkov, ki jih podajamo pri opisovanju tal v kleti. Tam podamo izpostavljen obseg tal v stiku z zemljino in globino kleti iz katerih se preračuna ploščina. Pri konstrukcijskem sklopu tal podamo še njegovo prehodnost in površino tal kleti. Poraba tople vode je v kleti manjša kot v zgornjih nadstropjih in sicer v tolikšni meri, da lahko predpostavimo, da porabe tople vode v kleti ni. Za razsvetljavo predpostavimo, da je ista kot v zgornjih prostorih.

V Preglednici 5 so prikazani rezultati za koeficient specifičnih transmisijskih izgub (H_T'), porabljene primarne energije v enem letu (Q_P), potrebne energije za ogrevanje na enoto volumna stavbe (Q_{NH}) ter izgube in dobitki. Navedene so tudi največje dovoljene vrednosti, ki jih navaja PURES 2010 za H_T' in Q_{NH} in so izražene z enačbama (2) in (3) poglavju 3.4. H_T' z vrednostjo $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ za kar 1,3-krat presega mejno vrednost $0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$, Q_{NH} pa z vrednostjo $50,65 \text{ kWh/m}^3$ presega mejno vrednost $11,18 \text{ kWh/m}^3$ za faktor 3,5. Glede na dobljene izračune lahko potrdimo, da gre za zelo energetsko potraten objekt. Polja, ki ne ustrezajo zahtevam so obarvana rdeče. Stavba ne potrebuje energije za hlajenje in tako vemo, da ne pride do pregrevanja v poletnem času. To dejstvo v Preglednici 5 ni posebej navedeno.

V času ogrevanja objekta prihaja do izgub toplote skozi stavbni ovoj. Izgube v glavnem razdelimo v dve vrsti: transmisijske in ventilacijske. Transmisijske izgube so posledica prehajanja toplote skozi konstrukcijske sklope in bolj, ko je objekt toplotno izoliran, manjše so te izgube. Prezračevanje zraka mora biti omogočeno in je predpisana je minimalna urna izmenjava zraka vsaj $0,5 \text{ h}^{-1}$. Pri tem procesu pride do izgub toplote, ki se imenujejo ventilacijske izgube. Iz Preglednice 5 lahko opazimo, da večji del izgub predstavljajo transmisijske izgube ($50,30 \text{ kWh/m}^3$) in manjši del ventilacijske izgube ($18,19 \text{ kWh/m}^3$).

Prostori v objektu toplote ne dobivajo samo preko ogrevalnega sistema, temveč tudi preko prehajanja sončne energije skozi konstrukcijske sklope in preko notranjih dobitkov. Notranji dobitki so posledica delovanja naprav in strojev ter ljudi. S toplotnega vidika lahko prisotnost vsakega človeka v prostoru modeliramo kot grelna telo s konstantno temperaturo okoli 37°C . Z oceno trenutnega stanja dobimo, da notranji dobitki znašajo $11,68 \text{ kWh/m}^3$, solarni dobitki pa $7,98 \text{ kWh/m}^3$.

Če primerjamo skupne izgube ($68,49 \text{ kWh/m}^3$) in skupne dobitke ($19,66 \text{ kWh/m}^3$), je izgub očitno več. Energija za hlajenje ni potrebna, zato sklepamo da se objekt ne pregreva. Razlika med izgubami in dobitki se mora nadomestiti s potrebno energijo za ogrevanje, ki je dovedena z drugih virov in smo že omenili, da visoko presega mejno vrednost. V kolikor bi uspeli znižati razliko med izgubami in dobitki, bi uspeli tudi zmanjšati potrebno energijo za ogrevanje. Po absolutni vrednosti še posebej izstopajo transmisijske izgube ($50,65 \text{ kWh/m}^3$) in v kolikor bi jih uspeli zmanjšati, predpostavljamo, da bi lahko prišli do rezultatov, ki bi ustrezali zahtevam.

Preglednica 5: Rezultati za trenutno stanje objekta pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [$\text{W/m}^2\text{K}$]	1,00
max H_T' [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,43
Q_P [kWh]	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m^3]	50,65
max Q_{NH} [kWh/m^3]	11,18
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m^3]	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m^3]	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m^3]	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m^3]	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m^3]	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m^3]	19,66

4.3 Predlogi iz že izdelanih elaboratov in študij

V aprilu 2014 je bil s strani podjetja M&M CONSULTING d.o.o. narejen pregled objekta, na podlagi ocene stanja so bili podani predlogi za izboljšanje energetske učinkovitosti objekta [22]. Istega leta je bil na pobudo Generalnega sekretariata vlade RS izdelan Razširjen energetski pregled Vile Bled, narejen s strani podjetja GOLEA Nova Gorica. Obe poročili predlagata podobne ukrepe, ki bi jih bilo z ekonomskega vidika najbolj smiselno izvesti in bodo obravnavani v nadaljevanju. [16]

Zamenjava stavbnega pohištva

Stavbno pohištvo (okna in vrata) se v celoti zamenjajo zaradi slabe trenutne učinkovitosti. Predlagana je menjava škatlastih oken, pri katerih bi zunanje krilo ohranjalo videz obstoječega, notranje krilo pa bi v celoti prevzelo izolativno funkcijo. Na notranji strani je predvidena vgradnja dvojnega toplotnoizolacijskega stekla, torej min $U_g = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$, okna bodo lesena, skupaj $U_w = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Smiselna bi bila tudi namestitvev senčil v prostor med zunanjim in notranjih krilom, vendar po vsej verjetnosti ukrep ne bi dosegal predvidenih ciljev zaradi namembnosti objekta – veliko različnih uporabnikov, ki bivajo za krajši čas in ni nujno, da bi senčila smiselno koristili. Senčila je možno nadomestiti tudi z uporabo stekla z nižjim g faktorjem (npr. na steklu na zunanjem krilu). Po drugi strani bi senčila zmanjšala osvetljenost prostora. Predlagano je, da se senčila namestijo ob celoviti prenovi interiera, saj bo tako lahko zagotovljena podometna elektro napeljava za motor senčila. [22]

Toplotna izolacija strehe

Obstoječa streha je hladna, prezračevana, podstrešje je neizkoriščeno. Predvidena je izolacija celotnega hladnega podstrešja. Na obstoječo toplotno izolacijo iz heraklitnih plošč se položi toplotna izolacija iz mineralne steklene volne z dvoslojnim polaganjem. Na vrhnji strani izolacije se položi tudi dodatna sekundarna zaščitna paropropustna folija. Predlagana je tudi izvedba »dvignjenega poda« za hojo in dostop do stojnih instalacij na podstrešju. Navedeni material je izbran tudi iz vidika, da se lahko v primeru, da bodo na objektu v prihodnosti izvedena obnovitvena dela, enostavno odstrani in ponovno položi po končanih delih. [22]

Prenova generatorja toplote in zamenjava energenta

Ob oranžeriji, ki je od objekta Vila Bled oddaljena približno 50 m, je armiranobetonski zalogovnik za ELKO tlorisnih dimenzij 5,0 x 12,5 m in je z dveh strani vkopan v teren. V objektu se izvede prenova generatorja toplote in zamenjavo energenta. Predvidena je izvedba novih kotlov na lesene sekance in izvedba zalogovnika v delu objekta, kjer se trenutno nahaja transformatorska postaja. Transformatorska postaja se opusti oz. prestavi v dogovoru s pristojnim elektro distribucijskim operaterjem. [22]

5 IZHODIŠČA ZA PRENOVO

Na prehod toplotne energije skozi toplotni ovoj vplivajo karakteristike toplotnega ovoja, zunanji vplivi v okolici objekta in notranji vplivi, ki so posledica dejavnosti, naprav in ljudi v objektu. Iz pridobljenega gradiva in pregleda zakonodaje je moč ugotoviti, da na zunanji izgled s prenovo ne smemo vplivati, zato izolacije zunanjih sten ni mogoče izvesti. Prav tako ni zaželena izolacija sten z notranje strani zaradi možnosti pojava toplotnih mostov, poseganja v interier in zmanjšanja uporabne površine prostorov. Ukrepi, ki bodo predstavljeni v nadaljevanju, bodo podobni, kot so predlagala različna podjetja, ki so jih opravila pregled stanja na Vili Bled. Tekom poglavja 5 bomo spremljali različne vplive na stavbo in opazovali izbrane ukrepe:

- zamenjava stavbnega pohištva in izbira zasteklitve,
- dodatna izolacija podstrešja in
- zamenjava energenta za ogrevanje s kotlom na lesene sekance ali toplotno črpalko voda voda.

Velik del zunanjega ovoja obsegajo okna, ki pa so že dotrajana in bodo potrebna menjave v bližnji prihodnosti. Smiselno je, da se podrobneje analizira kakšna zasteklitev in izbira oken bi bila najbolj primerna, kar je opisano v nadaljnjem poglavju 5.1.

Koliko energije objekt porabi za svoje delovanje, predvsem ogrevanje, je odvisno tudi od sončne energije, ki jo prejme preko toplotnega ovoja. Prejeta sončna energija je odvisna od oblike, lege in okolice objekta, kar bo povzeto v poglavju 5.2. na podlagi analize osončenosti.

Poglavje 5.3 bo namnjeno oceni energetske bilance v trenutnem stanju in z izbranimi ukrepi. Prehod toplote v notranjost prostorov in obratno je v veliki meri odvisna od lastnosti konstrukcijskih sklopov iz katerih je toplotni ovoj sestavljen. Edini možni del toplotnega ovoja, ki bi ga ZVKD dovoljeval, je dodatna izolacija podstrešja, kar je predlagano kot drugi ukrep za sanacijo. V poglavju 5.3.2 bo predstavljen izračun za koliko se zmanjša U faktor strehe, če jo dodatno izoliramo z mineralno volno.

V poglavjih 5.3.1 do 5.3.3 bo izvedena primerjava ocen energetskih bilanc za trenutno stanje objekta in za posamezne predlagane ukrepe za sanacijo (menjava stavbnega pohištva, dodatna izolacija strehe in zamenjava energenta). Nazadnje bodo v poglavju 5.3.4 in 5.3.5 predstavljene kombinacije ukrepov, ki so predlagani in primerjava med njimi.

5.1 Menjava stavbnega pohištva

Pri izbiranju primernih oken za zamenjavo obstoječih je potrebno v prvi vrsti upoštevati omejitve Zavoda za varstvo kulturne dediščine. V kulturnovarstvenih pogojih je navedeno, da je potrebno zunanji izgled oken ohraniti tak kot je trenutno oz. čim bližje originalu. V pritličju naj bodo okvirji oken iz hrastovega lesa v naravni barvi, v višjih nadstropjih iz smrekovega lesa in pleskana z belo barvo. Okna so škatlaste oblike, zunanji del bo nosil funkcijo ohranjanja prvotnega videza, medtem ko bo notranji del prevzel termoizolacijsko funkcijo.

5.1.1 Modeliranje zasteklitev in oken s programom Window

Za analiziranje toplotne prehodnosti (U faktor), faktorja skupnega prehoda sončne energije (g faktor), prepustnosti svetlobe (LT faktor) in površinskih temperatur, je bil uporabljen program Window, ki je bil izdelan na Lawrence Berkeley National Laboratory (University of California). [21]

Proizvajalci na trgu ponujajo vrsto različnih zasteklitev, ki so med seboj bolj ali manj primerljive. Zasteklitve uporabljene v izvedeni analizi proizvaja Glas Trösch s sedežem v Švici [23]. Pri modeliranju so bile uporabljene različne linije stekel, opisane v nadaljevanju.

Navadno prozorno (»float«) steklo

Gre za standardno prozorno steklo z rahlo zeleno obarvanostjo, ki je vidna predvsem na robovih stekla. Ta obarvanost nastane zaradi vsebnosti sicer majhnih količin železovih oksidov v surovinah. Pri proizvajalcu je ta linija poimenovana EUROFLOAT. [24]

Navadno prozorno steklo z nizko vsebnostjo železovih oksidov

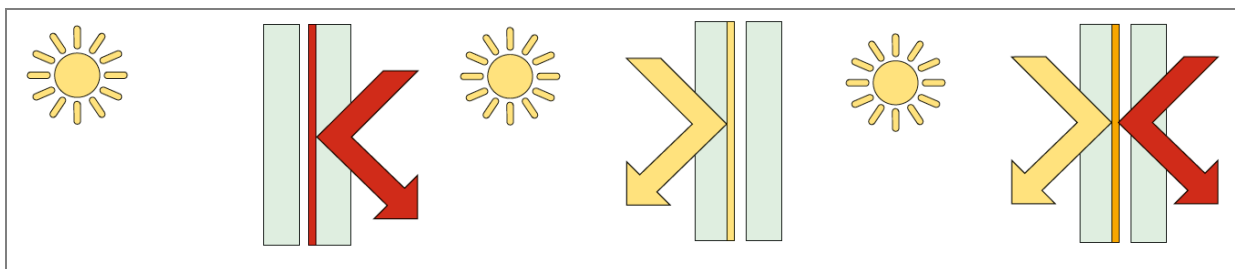
Prozorno steklo, ki je proizvedeno iz materialov, ki imajo zelo nizko vsebnost železovih oksidov, kar se odraža v večji prozornosti. Uporaba tega stekla večinoma temelji na estetskih in optičnih razlogih. Pri proizvajalcu je ta linija poimenovana Low-Iron EUROWHITE. [24]

Nanosi na steklu za zagotavljanje dodatnih prednosti

Tekom diplomske naloge bomo izpostavili tri vrste nanosov s katerimi se modificirajo lastnosti navadnega stekla:

1. Termoizolacijski nanosi – znižujejo toplotno prevodnost stekla in tako znižujejo faktor U_g (pri proizvajalcu je linija poimenovana kot SILVERSTAR EN2Plus)
2. Nanosi za znižanje prehoda sončne energije – zagotavljajo zaščito pred soncem in tako zmanjšajo prehod sončne energije (pri proizvajalcu je linija poimenovana kot SILVERSTAR SUNSTOP)
3. Kombinirani oz. visoko selektivni nanosi – zagotavljajo dobro zaščito pred soncem in dobro toplotno izolacijo (pri proizvajalcu je linija poimenovana kot SILVERSTAR SELEKT) [24]

Na Sliki 6 so prikazane priporočene pozicije omenjenih nanosov pri dvojnih zasteklitvah in njihovi principi delovanja.



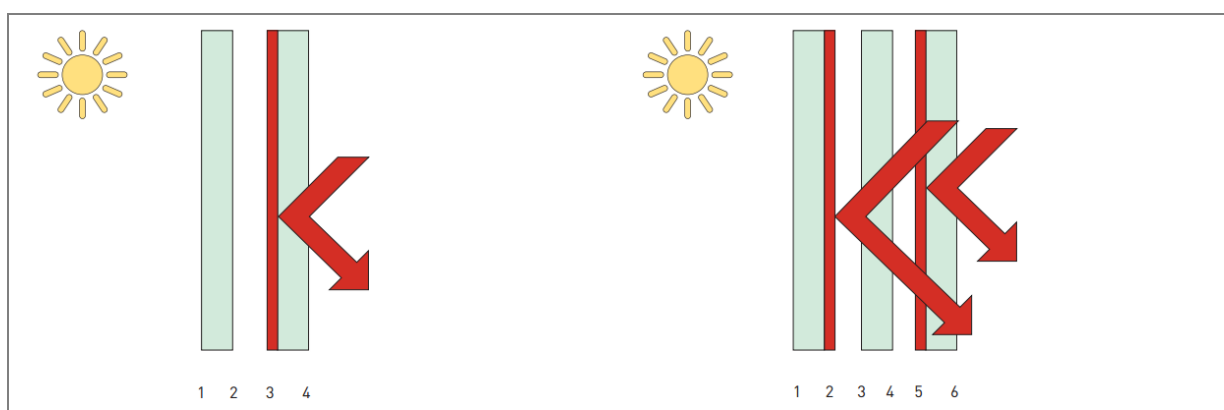
Slika 6: Princip delovanja termoizolacijskih nanosov (levo), princip delovanja sončno zaščitnih nanosov (sredina) in princip delovanja kombiniranih nanosov (desno).

(vir: [24], str. 59)

Termoizolacijski nanos

Ta nanos zaradi preprečitve radiacijskih izgub toplote iz toplih prostorov navzven, zadrži toplotno v prostoru, kar se odraža v nizkem U_g faktorju. Obenem dovoljuje v največji možni meri zajem sončne energije, kar se odraža v visoki g vrednosti. V primeru vgradnje takih zasteklitev je priporočljivo preveriti stanje v poletnem času, da ne pride do pregrevanja objekta. [24]

Na Sliki 7 (levo) je prikazana dvojna zasteklitev priporočena s strani proizvajalca in dimenzijami. Obe stekli sta navadni prozorni in debeli 4 mm, med njima je 16 mm širok MSP, polnjen z argonom, termoizolacijski nanos se nahaja na poziciji 3, da lahko najbolj učinkovito opravlja svojo nalogo. Na Sliki 7 (desno) je podobno prikazana trojna zasteklitev. Vsa stekla so navadna prozorna z debelino 4 mm, med njimi sta 14 mm široka MSP, polnjena z argonom. Da bi bil termoizolacijski nanos čim bolj učinkovit, se mora nahajati na poziciji 2 in 5. [24]

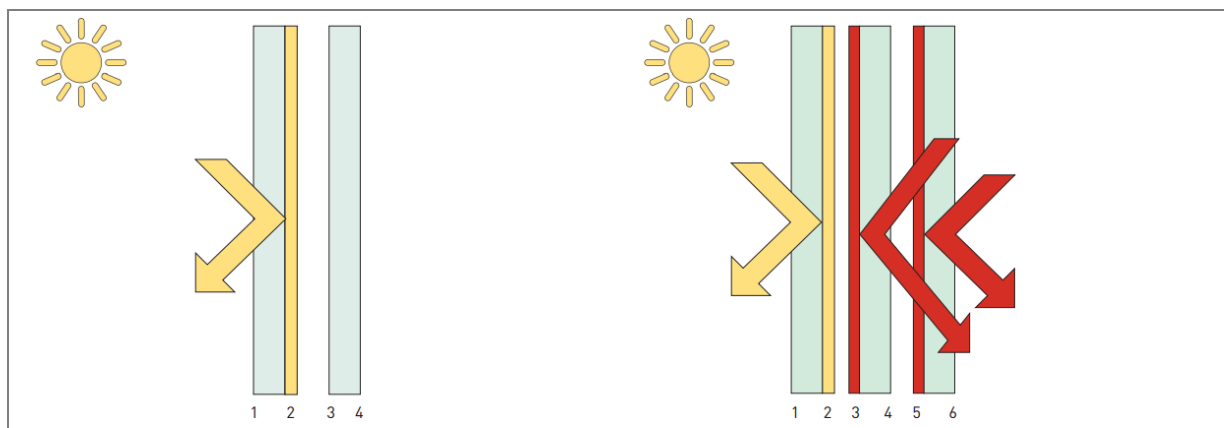


Slika 7: Sestava dvojne (levo) in trojne (desno) s priporočenimi pozicijami termoizolacijskega nanosa. (vir: [24], str. 60)

Sončno zaščitni nanos

Pri toplotnoizolacijskih oknih lahko pride do problema pregrevanja prostorov. Sončno zaščitni premazi delujejo z refleksijo sončne energije in tako zmanjšajo njen prehod v prostore. Kljub temu vidni del svetlobe še vedno omogoča zadostno osvetljenost prostora. Delovanje sončno zaščitnih premazov se odraža najbolj v g vrednosti. Nižja kot je g vrednost, manjši je prehod sončne energije in prostor se počasneje segreva. [24]

Na Sliki 8 (levo) je prikazana dvojna zasteklitev priporočena s strani proizvajalca. Obe stekli sta navadni, prozorni. Zunanje steklo ima debelino 6 mm, notranje 4 mm, sončno zaščitni premaz se nahaja na poziciji 2. Na Sliki 8 (desno) je prikazana priporočena trojna zasteklitev sestavljena iz navadnih prozornih stekel, kjer ima zunanje debelino 6 mm, drugi dve pa 4 mm. Proizvajalec priporoča, da je najpogosteje najbolj optimalno postaviti sončno zaščitni nanos na pozicijo 2, termoizolacijski nanos pa na poziciji 3 in 5. [24]



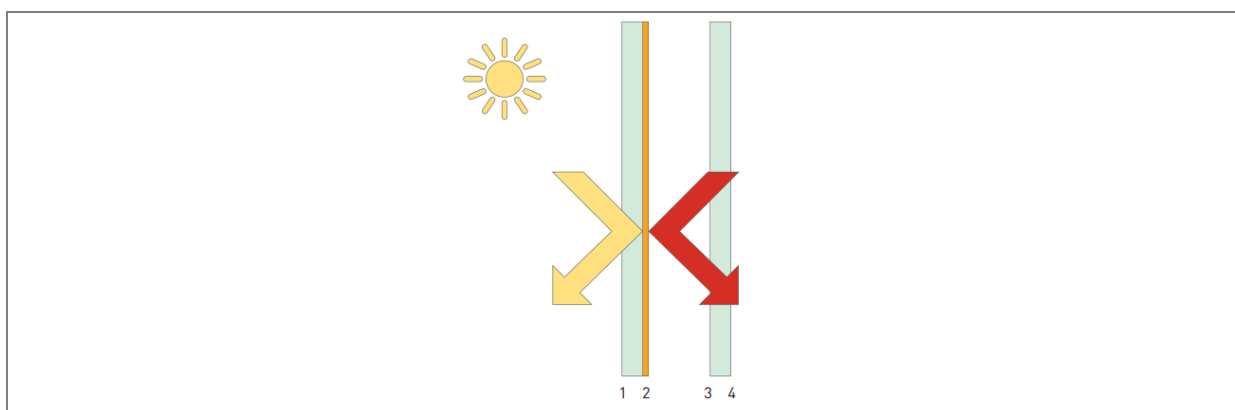
Slika 8: Sestava dvojne (levo) in trojne zasteklitve (desno) s priporočenimi pozicijami sončno zaščitnega in termoizolacijskega nanosa.

(vir: [24], str. 63)

Visoko selektivni nanos

Ti premazi omogočajo visoko stopnjo selektivnosti (razmerje med LT faktorjem in g faktorjem) – večje ko je razmerje, več se prepušča vidne svetlobe v prostor in manj je zajema sončne energije, da ne pride do pregrevanja. [24]

Na Sliki 9 je prikazano delovanje visoko selektivnega nanosa v dvojni zasteklitvi, ki odbija sončno energijo, hkrati pa preprečuje toplotne izgube. Dobri visoko selektivni nanosi omogočajo že dobre rezultate v dvojni zasteklitvi kot prikazano na Sliki 9, so pa možni tudi v sklopu trojne zasteklitve in v kombinaciji s termozaščitnimi nanosi. Priporočeno pozicioniranje in debeline stekel je enako kot na Sliki 8, le da sončno zaščitni nanos nadomestimo z visoko selektivnim. [24]



Slika 9: Princip delovanja visokoselektivnega premaza.

(vir: [24], str. 70)

Kriteriji katerim morajo ustrezati zasteklitve

Pri analizi rezultatov izvedenih izračunov bodo smatrane kot nesprejemljive tiste zasteklitve in sestave oken, ki ne bodo znotraj sledečih okvirov:

- $U_g < 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- $U_w < 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$,
- $LT > 0,50$,

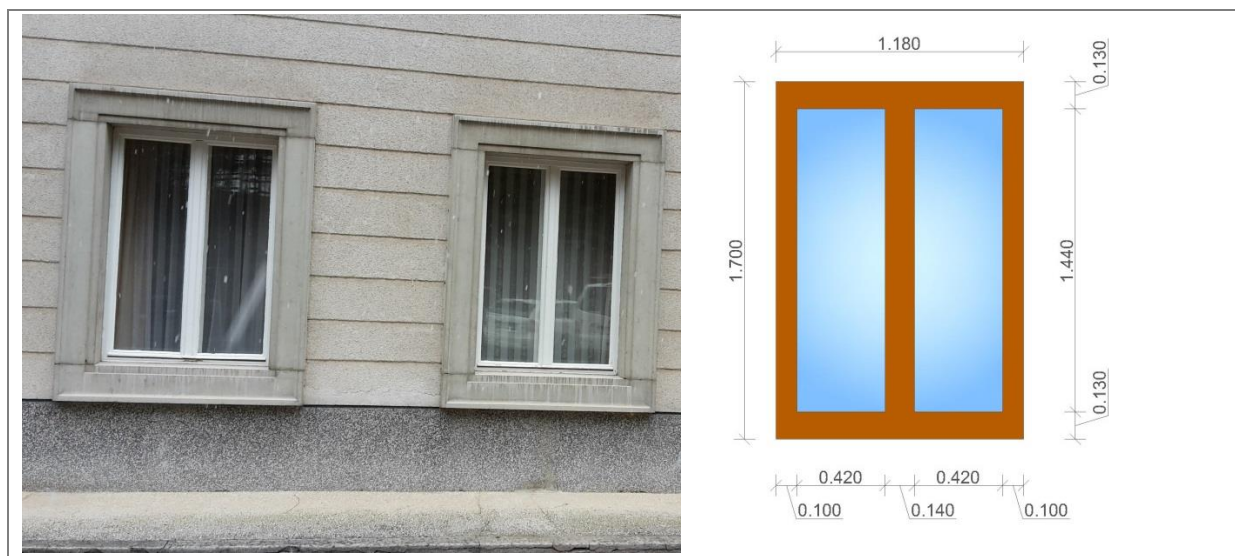
- razlika med površinskimi temperaturami in notranjo temperaturo zraka ne sme biti večja od 10°C.

To so omejitve, ki jih predpisuje TSG4. Zadnja od omejitev je bila podana s strani proizvajalca zasteklitev in je postavljena zaradi zagotavljanja prijetnega toplotnega okolja v prostoru.

Referenčno okno

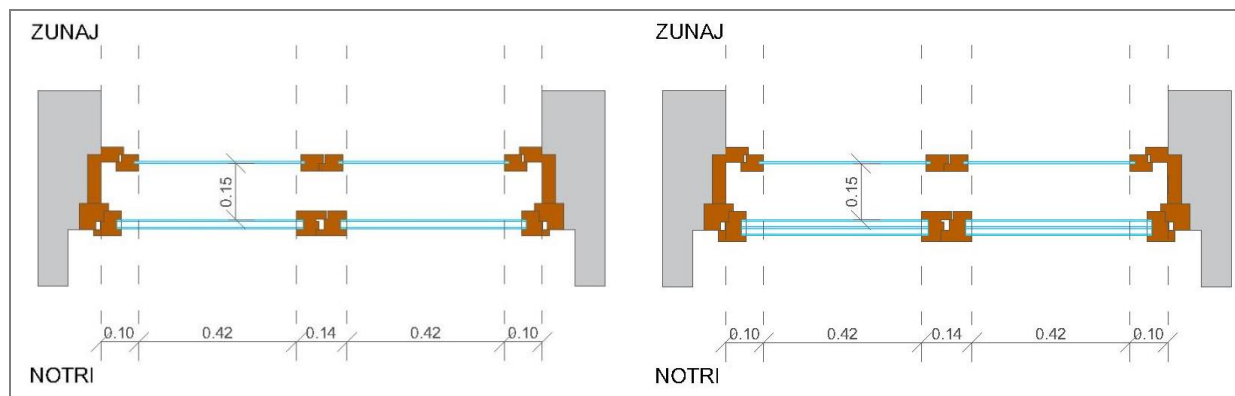
Izpostavljeno in modelirano bo okno, ki ga v največji meri lahko najdemo na ovoju stavbe. Posnetek in mere takega okna so prikazane na Sliki 10. Gre za škatlasto okno sestavljeno iz zunanega krila (ki bo prevzemal funkcijo ohranjanja videza) in notranjega krila (ki bo prevzel termoizolacijsko funkcijo). Po navodilih ZVKD morajo biti okenski okvirji povsod leseni, v pritličju iz hrastovega lesa v rjavi barvi in v nadstropjih iz smrekovega lesa pleskana z belo barvo.

Za toplotno prehodnost hrastovih okvirjev ali krajše U_f je bila vzeta vrednost 1,5 W/m²K in za smrekove okvirje 1,1 W/m²K. Vrednosti so bile pridobljene pri proizvajalcu oken Okna in vrata Nagode d.o.o. in so bile privzete na podlagi U_f treh linij (»klasik IV 68, smreka 1,1«, »nadstandard IV 78, smreka 0,7« in »energijsko varčno IV 90, smreka 0,7« [25]) med katerimi je bilo vzeto povprečje. Enako je bilo izračunano pri oknih s hrastovim okvirjem – vzete so bile iste linije kot pri oknih s smrekovim okvirjem in preračunano povprečje vrednosti U_f . V kolikor bi se vgrajevala boljši okenski okvirji, ki se navadno priporočajo pri vgradnji v energetske ali pasivne hiše, bi bile U faktor za okvir še manjši.



Slika 10: Fotografija okna, ki se največkrat pojavlja na ovoju stavbe (levo) in skica modela z dimenzijami, za vnašanje v program Window (desno).

Zunanje krilo škatlastega okna bo enojno zastekljeno, notranje krilo pa bo lahko imelo ali dvojno ali trojno zasteklitev, kakor je prikazano na Sliki 11.



Slika 11: Prerez zasteklitve in njenih dimenzij z dvojnimi notranjimi krilom (levo) in s trojnimi notranjimi krilom (desno).

Zunanji pogoji

V program Window je bilo potrebno modelirati zunanje pogoje v katerih se objekt nahaja. Za temperature v zunanjem okolju je bilo v zimskem času privzeto $-5,6^{\circ}\text{C}$ in v poletnem času 24°C . Gre za povprečno najnižjo in najvišjo dnevno temperaturo, ki je bila izmerjena na lokaciji Lesce. Povprečje se je izračunalo za 30-letno obdobje (1981-2010), podatki so bili priskrbljeni s strani Agencije za okolje in prostor RS. [26]

Poleg zunanje in notranje temperature na površinsko temperaturo zasteklitve vpliva toplotna prestopnost mejne zračne plasti na zunanji in notranji strani, ki je odvisna od konstrukcijskega sklopa in lastnosti plina na katerega meji (v našem primeru zrak). Za prestopnost notranje zračne plasti je bila privzeta vrednost $8 \text{ W/m}^2\text{K}$, za zunanjo zračno plast pa $25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Omenjene vrednosti so bile privzete kot recipročne vrednosti toplotnega upora za zunanji zid glede na vir [27].

Proizvajalec zasteklitve

Pri pregledovanju proizvajalcev zasteklitev, ki so bili navedeni v programu Window smo se osredotočili samo na proizvajalca Glas Trösch AG s sedežem v Švici, ki proizvaja širok spekter zasteklitev. Veliko zasteklitev je vnesenih v knjižnico zasteklitev v programu Window, kar nam bo skupaj z opisom karakteristik nudilo boljšo primerjavo med rezultati, kakor če bi primerjali zasteklitve različnih proizvajalcev. Karakteristike stekel so podrobneje opisane na njihovi spletni strani [28].

5.1.2 Primerjava polnjenja z različnimi plini in razlike med dvojno in trojno zasteklitvijo,

Na karakteristike zasteklitve ima velik vpliv plin, ki se nahaja v MSP in tudi koliko je plasti zasteklitve. Najprej smo izvedli primerjavo med uporabo različnih plinov v kombinaciji z številom stekel v notranjem krilu (ali je notranje krilo dvojno ali trojno zastekljeno). Primerjava je bila narejena med suhim zrakom, žlahtnimi plini (argon, kripton, ksenon) in vakuumom, ki velja kot dober toplotni izolator pri relativno majhni debelini MSP. Žlahtni plini zmanjšujejo konvekcijske in kondukcijske izgube in pričakujemo, da bo to bistveno vplivalo na toplotno prehodnost skozi steklo.

V Preglednicah 6 do 10 je prikazana sestava in pripadajoči opazovani rezultati (U_g , g, LT in ΔT) za posamezne kombinacije zasteklitev. U_g predstavlja faktor toplotne prehodnosti zasteklitve (brez

okenskega okvirja) podan v W/m^2K , g faktor je brezdimenzijski in pomeni skupni prehod sončnega sevanja, LT faktor je tudi brezdimenzijski in predstavlja prepustnost zasteklitve za dnevno svetlobo. Pri razliki površinske temperature med zasteklitvijo in zrakom v okolici (ΔT) program izračuna razlike za poletni in zimski čas. V tabelah je navedena samo ena vrednost in sicer tista, kjer je sprememba največja. Polja v katerih so rezultati, ki ne ustrezajo zastavljenim kriterijem so obarvana z rdečo barvo. Vrednosti U_g , g in LT podrobneje opazujemo, ker jih bomo kasneje upoštevali pri oceni energetske učinkovitosti oken, ΔT pa zaradi vpliva na notranje udobje v stavbi.

Preglednica 6: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije z zrakom v MSP notranjega krila.

kombinacija 1				kombinacija 2			
dvojna zasteklitev + zrak v MSP				trojna zasteklitev + zrak v MSP			
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina		pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	
zunanje krilo	4	navadno prozorno steklo		zunanje krilo	4	navadno prozorno steklo	
vmesni prostor	150	zrak		vmesni prostor	150	zrak	
notranje krilo	4	navadno prozorno steklo		notranje krilo	4	navadno prozorno steklo	
	16	zrak			12	zrak	
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom			4	navadno prozorno steklo	
REZULTATI				REZULTATI			
U_g [W/m^2K]	g	LT	ΔT [$^{\circ}C$]	U_g [W/m^2K]	g	LT	ΔT [$^{\circ}C$]
1,132	0,554	0,744	6,0	0,999	0,517	0,683	7,0

Preglednica 7: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije z argonom v MSP notranjega krila.

kombinacija 3				kombinacija 4			
dvojna zasteklitev + argon v MSP				trojna zasteklitev + argon v MSP			
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina		pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	
zunanje okno	4	navadno prozorno steklo		zunanje okno	4	navadno prozorno steklo	
vmesni prostor	150	zrak		vmesni prostor	150	zrak	
notranje okno	4	navadno prozorno steklo		notranje okno	4	navadno prozorno steklo	
	16	argon			12	argon	
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom			4	navadno prozorno steklo	
REZULTATI				REZULTATI			
U_g [W/m^2K]	g	LT	ΔT [$^{\circ}C$]	U_g [W/m^2K]	g	LT	ΔT [$^{\circ}C$]
0,970	0,552	0,744	5,8	0,830	0,511	0,683	6,6

Preglednica 8: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije s kriptonom v MSP notranjega krila.

kombinacija 5				kombinacija 6			
dvojna zasteklitev + kripton v MSP				trojna zasteklitev + kripton v MSP			
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina		pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	
zunanje okno	4	navadno prozorno steklo		zunanje okno	4	navadno prozorno steklo	
vmesni prostor	150	zrak		vmesni prostor	150	zrak	
notranje okno	4	navadno prozorno steklo		notranje okno	4	navadno prozorno steklo	
	16	kripton			12	kripton	
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom			4	navadno prozorno steklo	
12				kripton			
4				steklo s termoizolacijskim nanosom			
REZULTATI				REZULTATI			
U _g [W/m ² K]	g	LT	ΔT [°C]	U _g [W/m ² K]	g	LT	ΔT [°C]
0,917	0,549	0,744	5,6	0,701	0,504	0,683	6,1

Preglednica 9: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije s ksenonom v MSP notranjega krila.

kombinacija 7				kombinacija 8			
dvojna zasteklitev + ksenon v MSP				trojna zasteklitev + ksenon v MSP			
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina		pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	
zunanje okno	4	navadno prozorno steklo		zunanje okno	4	navadno prozorno steklo	
vmesni prostor	150	zrak		vmesni prostor	150	zrak	
notranje okno	4	navadno prozorno steklo		notranje okno	4	navadno prozorno steklo	
	16	ksenon			12	ksenon	
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom			4	navadno prozorno steklo	
12				ksenon			
4				steklo s termoizolacijskim nanosom			
REZULTATI				REZULTATI			
U _g [W/m ² K]	g	LT	ΔT [°C]	U _g [W/m ² K]	g	LT	ΔT [°C]
0,856	0,549	0,744	5,6	0,674	0,503	0,683	6,0

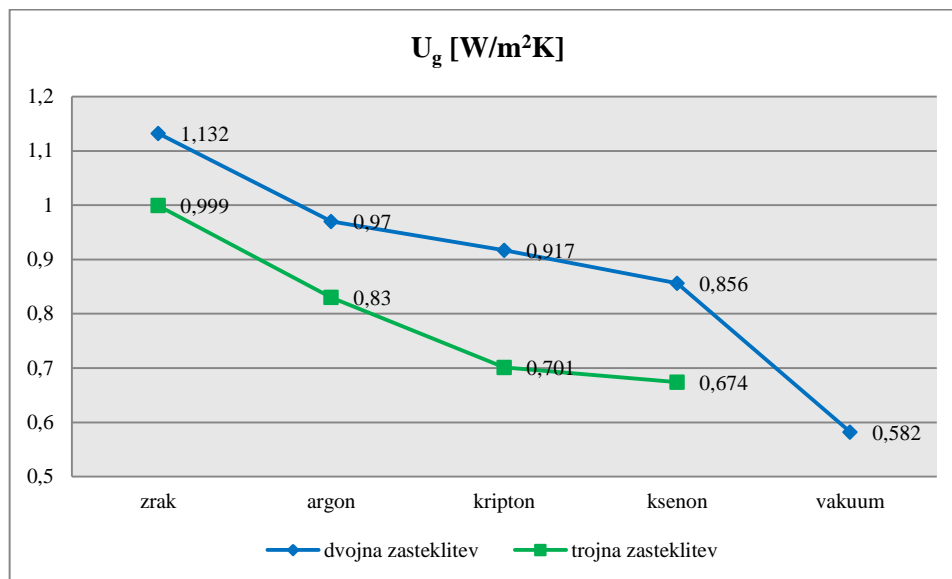
Preglednica 10: Podatki za vnos v program Window in pridobljeni rezultati za kombinacije z vakuumom v MSP notranjega krila.

kombinacija 9			
dvojna zasteklitev + vakuum v MSP			
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	
zunanje okno	4	navadno prozorno steklo	
vmesni prostor	150	zrak	
notranje okno	4	navadno prozorno steklo	
	0,2	vakuum	
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom	
REZULTATI			
U_g [W/m ² K]	g	LT	ΔT [°C]
0,582	0,548	0,744	5,5

Na Sliki 12 je prikazan graf toplotne prehodnosti zasteklitve (U_g) za različne pline v MSP notranjega krila okna. Modra linija prikazuje primerjavo med plini v primeru dvojne zasteklitve, zelena pa v primeru trojne zasteklitve notranjega krila. Mejo smo postavili na 1,1 W/m²K in iz Slike 12 je razvidno, da samo dvojna zasteklitev z zrakom v MSP (t.j. kombinacija 1 pri vhodnih podatkih) ne ustreza zastavljenim kriterijem. Zamenjava zraka z argonom spremeni U_g za približno 15 % na 0,970 W/m²K, kar je že pod zastavljeno mejo. Kripton in ksenon sta še manj prevodna za toploto in zato dajeta še nižje rezultate U_g . V primerjavi z zrakom se U_g zmanjša za 19 % (kripton) do 24 % (ksenon). Kot zelo dober izolator se izkaže vakuum, ki pri dvojni zasteklitvi in dimenziji MSP samo 0,2 mm prehodnost toplote zmanjša kar za polovico na 0,582 W/m²K.

Pri zeleni liniji, ki prikazuje trojno zasteklitev, opazimo podoben trend kot pri dvojni zasteklitvi. Trojna zasteklitev z zrakom v MSP že daje rezultat (0,999 W/m²K), ki ustreza postavljenim kriterijem, uporaba argona zmanjša toplotno prehodnosti za 17 %, uporaba kriptonu za 30 % in uporaba ksenona za 32 %.

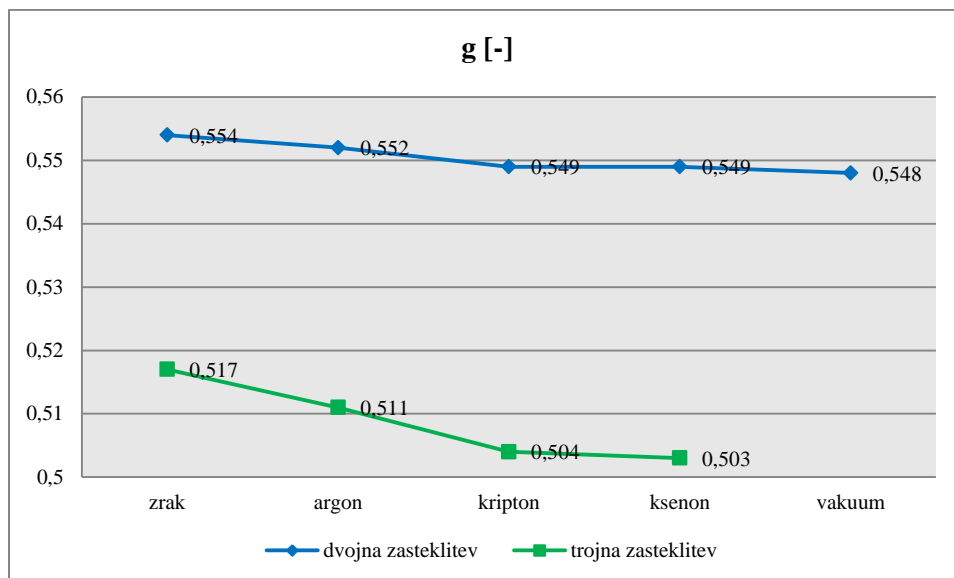
Zanimiva je tudi razlika, če opazujemo posamezna polnjenja in primerjamo dvojno in trojno zasteklitev notranjega krila. Z dodajanjem tretjega stekla povečamo MSP v primerjavi z dvojno zasteklitvijo za 8 mm. Večji ko je MSP, manjša je toplotna prehodnost toplote, vendar le do neke meje. Različni plini dajejo najbolj optimalne rezultate pri različnih debelinah MSP, zato ne pričakujemo, da bo pri vseh razlika v odstotkih enaka, lahko pa pričakujemo, da bodo vrednosti U_g nižje, kar je tudi razvidno iz grafa na Sliki 12. Pri polnjenju z zrakom se pri trojni zasteklitvi toplotna prehodnost zmanjša za 12 %, pri polnitvi s kriptonom pa za 24 %.



Slika 12: Graf primerjave U_g med različnimi plini v MSP notranjega krila ter med dvojno in trojno zasteklitvijo.

Slika 13 prikazuje spreminjane skupnega prehoda sončnega sevanja (g faktor) in če opazujemo samo dvojno ali samo trojno zasteklitev, opazimo, da ne prihaja do tako velikih sprememb kot pri že opazovani toplotni prehodnosti. Razlika med polnitvijo z zrakom in npr. kriptonom pri dvojni zasteklitvi je samo za 1 %. Pri trojni zasteklitvi je trend podoben, največ razlik v primerjavi z zrakom prinese polnitev s ksenonom in sicer za 3 %. Če izračunamo povprečne vrednosti, lahko v našem primeru rečemo, da ne glede na polnjenje v MSP, dvojni zasteklitvi pripisujemo g v višini 0,550, v primeru trojne zasteklitve pa vrednost 0,509.

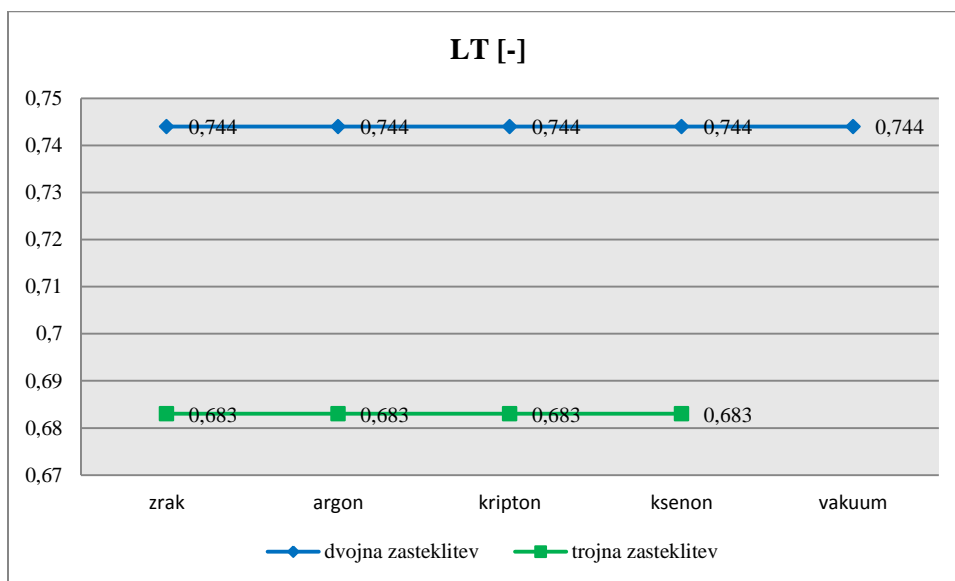
Če primerjamo dvojno in trojno zasteklitev pri posameznih plinih opazimo razlike od 0,037 pri zraku do 0,046 pri polnjenju s kriptonom. Sprememba je velika za 7 do 8 % in je rezultat tako povečanja MSP, kakor dodajanja dodatne zasteklitve.



Slika 13: Graf primerjave g med različnimi plini v MSP notranjega krila ter med dvojno in trojno zasteklitvijo.

Pri spremljanju prepustnosti zasteklitev za dnevno svetlobo lahko na Sliki 14 opazimo, da razlike med različnimi plini ni. Za mejo je bila postavljena vrednost 0,5 in na grafu na Sliki 14 lahko opazimo, da je ordinatna os začenja pri 0,67, zato lahko rečemo, da imajo vse do sedaj obravnavane kombinacije sprejemljivo LT vrednost.

Do razlik pride, če opazujemo dvojno in trojno zasteklitev. Povečanje MSP za le 8 mm ne vpliva na rezultate, vpliva pa dodajanje tretje zasteklitve. Prepustnost za dnevno svetlobo se zmanjša iz 0,744 na 0,683, kar je za 8 %.



Slika 14: Graf primerjave g med različnimi plini v MSP notranjega krila ter med dvojno in trojno zasteklitvijo.

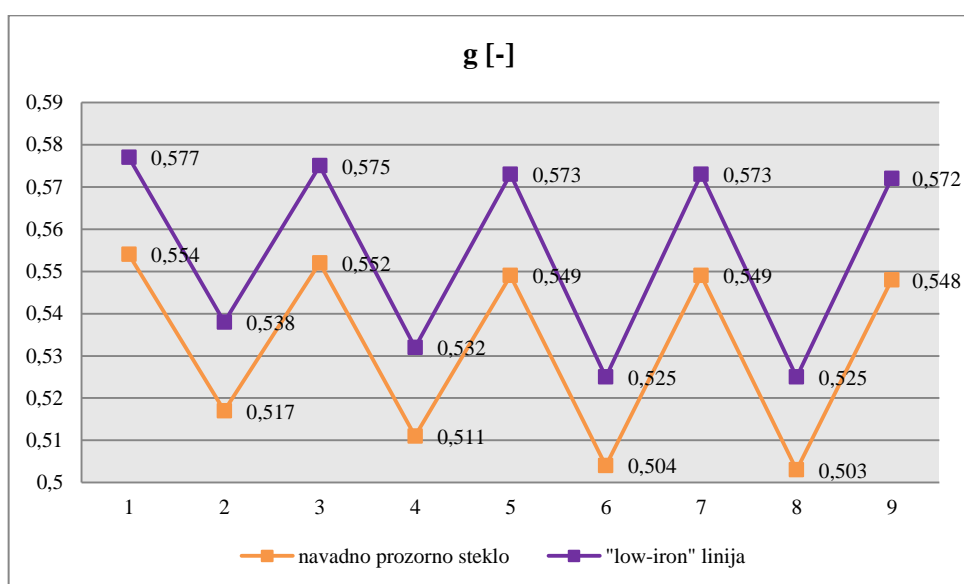
Za nadaljnje analize bomo vzeli plin argon oz. mešanico 95% argona in 5% zraka. Po podatkih članka Gradbenega inštituta ZRMK [29] je argon v praksi najbolj uporabljen in v primerjavi z zrakom daje bistveno boljše rezultate, po drugi strani pa je njegova uporaba ekonomsko upravičena in je zato zelo uveljavljen med proizvajalci izolacijskih oken.

Opazili smo lahko tudi, da so vsi dobljeni rezultati glede U_g in LT v primeru polnjenja z argonom znotraj predpisanih kriterijev, ki smo si jih postavili na začetku.

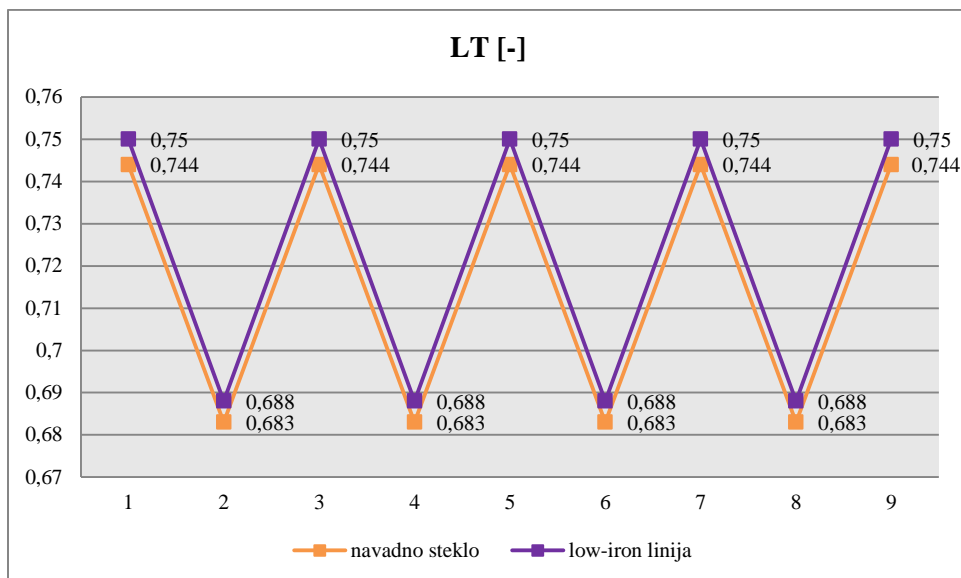
5.1.3 Zamenjava zasteklitve v zunanjem krilu z zasteklitvijo z nizko vsebnostjo železovih oksidov

Zanimalo nas je, kako bi na rezultate vplivala uporaba zasteklitve z nizko vsebnostjo železovih oksidov v zunanjem krilu. Ta poseg bi bil izvedljiv, saj njegova uporaba ne bi vplivala na zunanji videz objekta kar so pogoji ZVKD. Uporabili smo identične kombinacije (1 do 9), kot v poglavju 5.1.2., le da smo zamenjali zasteklitev v zunanjem krilu s t.i. »Low-iron EUROWHITE glass« prav tako debeline 4 mm.

Uporaba omenjenega stekla ni vplivala na U_g faktor, vpliva pa na prehod sončnega sevanja skozi okno, torej na g in LT faktor, kar je prikazano na Slikah 15 in 16. Spomnimo, da imajo lihe številke kombinacij dvojno zasteklitev, sode pa trojno zasteklitev notranjega krila. Zanima nas predvsem do kolikšne razlike pride pri posamezni kombinaciji. g faktor se pri vsaki kombinaciji zviša za približno 3% (Slika 15). Razlike pri LT faktorju so majhne in sicer 0,8 % pri dvojnih zasteklitvah in 0,7% pri trojnih zasteklitvah (Slika 16).



Slika 15: Graf primerjave g faktorja med navadnim prozornim steklom in steklom z nizko vsebnostjo železovih oksidov.



Slika 16: Graf primerjave LT faktorja med navadnim prozornim steklom in steklom z nizko vsebnostjo železovih oksidov.

Za nadaljnje analize bomo pri zasteklitvi zunanega krila okna vedno uporabili »Low-iron« steklo, kar bo pri zapisu imen kombinacij v nadaljnjih poglavjih pomenila oznaka »a«.

5.1.4 Primerjava med različnimi nanosi

V tem poglavju bo predstavljena primerjava med tremi različnimi nanosi (termoizolacijskim, sončno zaščitnim in visoko selektivnim) v kombinaciji z dvojno ali trojno zasteklitvijo notranjega krila. V Preglednicah 11 do 13 so na slikah prikazane pozicije uporabljenih nanosov. V nadaljevanju želimo ugotoviti kako posamezni nanosi vplivajo na faktorje U_g , g , LT in ΔT . Opazovali bomo tudi količini vezani na celotno okno – zasteklitev z okvirjem ($U_{w,s}$ in $U_{w,h}$). Leseni okvir je lahko hrastov ali smrekov, ki imata različno sposobnost prehajanja toplote, zato računamo dva U_w faktorja.

V Preglednici 11 sta skicirani zasteklitvi 3a in 4a, podani so vhodni podatki in rezultati, ki smo jih pridobili s programom Window. Omenjeni kombinaciji sta bili obravnavani že v poglavju 5.1.3. Pri obeh je zunanje krilo iz zasteklitve z nizko vsebnostjo železovih oksidov, kar označuje črka »a« v oznaki kombinacije. Sistem zasteklitev 3a ima notranje krilo sestavljeno iz dvojne zasteklitve iz dveh navadnih prozornih stekel. Na notranjem steklu je uporabljen termoizolacijski nanos, ki je nanosen na strani obrnjeni proti MSP kakor prikazuje skica. Sistem zasteklitev 4a ima notranje krilo sestavljeno iz trojne zasteklitve iz treh navadnih prozornih stekel. Prav tako je na notranjem steklu uporabljen termoizolacijski nanos, ki je nanosen na strani obrnjeni proti MSP. Pri obeh kombinacijah je v MSP notranjega krila uporabljen plin argon. Pri rezultatih v Preglednici 11 lahko vidimo, da vsi rezultati ustrezajo zastavljenim kriterijem, saj nobeno polje ni obarvano z rdečo barvo.

Preglednica 11: Lastnosti kombinacij zasteklitev 3a in 4a.

3a			4a		
kombinacija 3a			kombinacija 4a		
dvojna zasteklitev + argon v MSP + T nanos (1x)			trojna zasteklitev + argon v MSP + T nanos (1x)		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo	zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak	vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	navadno prozorno steklo	notranje okno	4	navadno prozorno steklo
	16	argon		12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom		4	navadno prozorno steklo
			12	argon	
			4	steklo s termoizolacijskim nanosom	
REZULTATI			REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]	U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
0,970	1,080	1,239	0,830	0,998	1,157
g	LT	ΔT [°C]	g	LT	ΔT [°C]
0,575	0,750	6,0	0,532	0,688	6,9



V Preglednici 12 sta skicirani zasteklitvi 10a in 11a, podani so vhodni podatki in rezultati, ki smo jih pridobili s programom Window. Pri obeh je zunanje krilo iz zasteklitve z nizko vsebnostjo železovih oksidov, kar označuje črka »a« v oznaki kombinacije. Sistem zasteklitev 10a ima notranje krilo sestavljeno iz dvojne zasteklitve iz dveh navadnih prozornih stekel. Na zunanjem steklu je uporabljen sončno zaščitni nanos, ki je nanosen na strani obrnjeni proti MSP kakor prikazuje skica. Sistem zasteklitev 11a ima notranje krilo sestavljeno iz trojne zasteklitve iz treh navadnih prozornih stekel. Prav tako je na zunanjem steklu uporabljen termoizolacijski nanos, ki je nanosen na strani obrnjeni proti MSP. Pri obeh kombinacijah je v MSP notranjega krila uporabljen plin argon. Pri rezultatih v Preglednici 12 so rezultati, ki ne ustrezajo postavljenim kriterijem, označeni z rdečo barvo polja. Opazimo lahko, da v primeru dvojne zasteklitve notranjega krila (kombinacija 10a) ne ustreza nobenemu od postavljenih kriterijev. Sprejemljiv je le g faktor, vendar zanj nismo niti postavili omejitve. Pri trojni zasteklitvi notranjega krila z enim sončno zaščitnim nanosom so trije od rezultatov niso ustrezni, ostali pa so vseeno blizu postavljenih meja.

Preglednica 12: Lastnosti kombinacij zasteklitev 10a in 11a.

10a			11a		
kombinacija 10a			kombinacija 11a		
dvojna zasteklitev + argon v MSP + S nanos (1x)			trojna zasteklitev + argon v MSP + S nanos (1x)		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo	zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak	vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	steklo s sončno zaščitnim nanosom	notranje okno	4	steklo s sončno zaščitnim nanosom
	16	argon		12	argon
	4	navadno prozorno steklo		4	navadno prozorno steklo
REZULTATI			REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]	U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
1,703	1,509	1,668	1,279	1,261	1,419
g	LT	ΔT [°C]	g	LT	ΔT [°C]
0,531	0,427	11,1	0,466	0,393	9,9

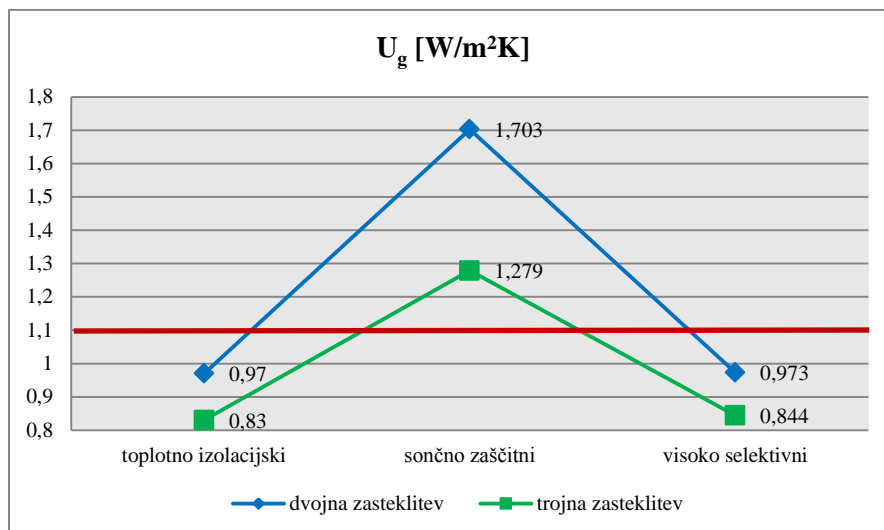
V Preglednici 13 sta skicirani zasteklitvi 12a in 13a, podani so vhodni podatki in rezultati, ki smo jih pridobili s programom Window . Pri obeh je zunanje krilo iz zasteklitve z nizko vsebnostjo železovih oksidov, kar označuje črka »a« v oznaki kombinacije. Sistem zasteklitev 12a ima notranje krilo sestavljeno iz dvojne zasteklitve iz dveh navadnih prozornih stekel. Na zunanjem steklu je uporabljen visoko selektivni nanos, ki je nanosen na strani obrnjeni proti MSP kakor prikazuje skica. Sistem zasteklitev 13a ima notranje krilo sestavljeno iz trojne zasteklitve iz treh navadnih prozornih stekel. Prav tako je na zunanjem steklu uporabljen visoko selektivni nanos, ki je nanosen na strani obrnjeni proti MSP. Pri obeh kombinacijah je v MSP notranjega krila uporabljen plin argon. Pri rezultatih v Preglednici 13 lahko vidimo, da vsi rezultati ustrezajo na zastavljenim kriterijem.

Preglednica 13: Lastnosti kombinacij zasteklitev 12a in 13a.

12a			13a																																
																																			
kombinacija 12a			kombinacija 13a																																
dvojna zasteklitev + argon v MSP + V nanos (1x)			trojna zasteklitev + argon v MSP + V nanos (1x)																																
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina																														
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo	zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo																														
vmesni prostor	150	zrak	vmesni prostor	150	zrak																														
notranje okno	4	steklo z visoko selektivnim nanosom	notranje okno	4	steklo z visoko selektivnim nanosom																														
	16	argon		12	argon																														
	4	navadno prozorno steklo		4	navadno prozorno steklo																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">REZULTATI</th> </tr> <tr> <th>U_g [W/m²K]</th> <th>$U_{w,s}$ [W/m²K]</th> <th>$U_{w,h}$ [W/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,973</td> <td>1,082</td> <td>1,241</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td>LT</td> <td>ΔT [°C]</td> </tr> <tr> <td>0,394</td> <td>0,665</td> <td>4,6</td> </tr> </tbody> </table>			REZULTATI			U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]	0,973	1,082	1,241	g	LT	ΔT [°C]	0,394	0,665	4,6	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">REZULTATI</th> </tr> <tr> <th>U_g [W/m²K]</th> <th>$U_{w,s}$ [W/m²K]</th> <th>$U_{w,h}$ [W/m²K]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,844</td> <td>1,006</td> <td>1,165</td> </tr> <tr> <td>g</td> <td>LT</td> <td>ΔT [°C]</td> </tr> <tr> <td>0,367</td> <td>0,610</td> <td>4,9</td> </tr> </tbody> </table>			REZULTATI			U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]	0,844	1,006	1,165	g	LT	ΔT [°C]	0,367	0,610	4,9
REZULTATI																																			
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]																																	
0,973	1,082	1,241																																	
g	LT	ΔT [°C]																																	
0,394	0,665	4,6																																	
REZULTATI																																			
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]																																	
0,844	1,006	1,165																																	
g	LT	ΔT [°C]																																	
0,367	0,610	4,9																																	

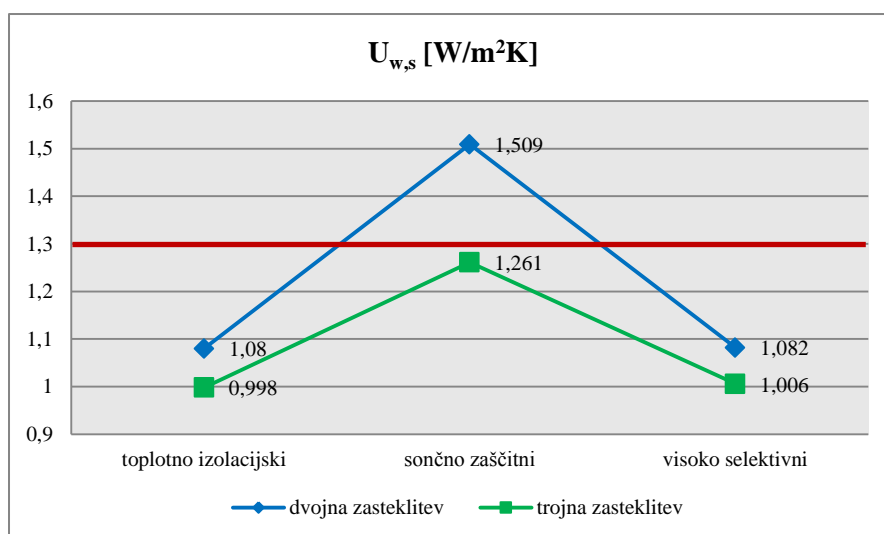
Pri rezultatih opazimo, da sistemi zasteklitev s termoizolacijskim ali visoko selektivnim nanosom ustrezajo zahtevam, ki smo jih postavili na začetku. Bistvena razlika med omenjenima nanosoma se pojavlja pri g faktorju zasteklitve. Toplotnoizolacijski nanosi namreč prepuščajo v prostore za približno 30% več sončne energije kot visoko selektivni nanosi. Sončno zaščitni nanosi ne ustrezajo skoraj nobenemu postavljenemu pogoj in so z naš primer v takih kombinacijah neprimerni.

Pri primerjavi razlik med obravnavanimi nanosi na zasteklitvah lahko na grafu na Sliki 17 opazimo, da zasteklitev s sončno zaščitnim nanosom ne ustreza zahtevi glede toplotne prehodnosti zasteklitve U_g , ki je postavljena na največjo vrednost 1,1 W/m²K. Kriterij presega tako v primeru dvojne ali trojne zasteklitve notranjega krila. Toplotnoizolacijski in visoko selektivni nanos že z enim nanosom dosežeta, da sistem zasteklitve dosega postavljene kriterije. V naslednjem poglavju bomo težili k temu, da U_g znižamo z dodajanjem nanosov na druga stekla, ki so na tej fazi še brez nanosov.

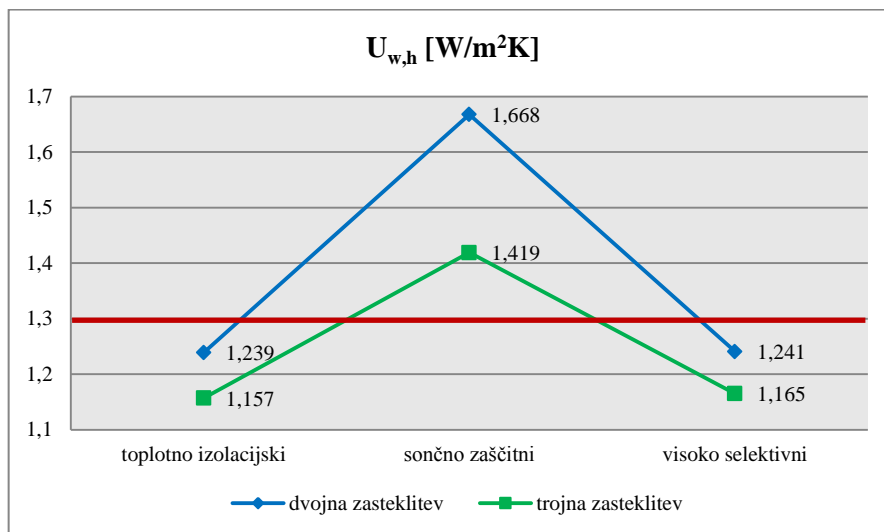


Slika 17: Graf razlik U_g med tremi različnimi linijami ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.

Podobno obliko grafov lahko opazimo na grafih na Sliki 18 in Sliki 19, ki prikazujeta toplotno prehodnost celotnega okna, torej zasteklitve in okvirja. Na Sliki 18 je prikazana toplotna prehodnost v primeru okenskega okvira iz smrekovega lesa, na Sliki 19 pa v primeru okenskega okvira iz hrastovega okvira. Za kriterij smo si postavili omejitev iz TSG4, da toplotna prehodnost okna (ne glede na to iz katerega lesa je okvir) ne sme presegati $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. Smrekov les ima nižjo toplotno prehodnost kot hrastov in so zato tudi rezultati toplotne prehodnosti celotnega okna za 10 do 15 % nižji. Okna z zasteklitvami z enim toplotno izolacijskim ali visoko selektivnim nanosom ustrezajo kriteriju ne glede na to ali so v sklopu dvojne ali trojne zasteklitve notranjega krila. Izrazito višje rezultate opazimo pri sončno zaščitnem nanosu, še posebej pri dvojni zasteklitvi notranjega krila, kjer dosega vrednosti $1,509 \text{ W/m}^2\text{K}$ v primeru smrekovega in $1,668 \text{ W/m}^2\text{K}$ v primeru hrastovega okvira. Kot je bilo že omenjeno, bomo v prihodnjih poglavjih težili k temu, da znižamo U_g z dodajanjem nanosov na zasteklitve in posledično pričakujemo, da se bosta znižala tudi $U_{w,s}$ in $U_{w,h}$.

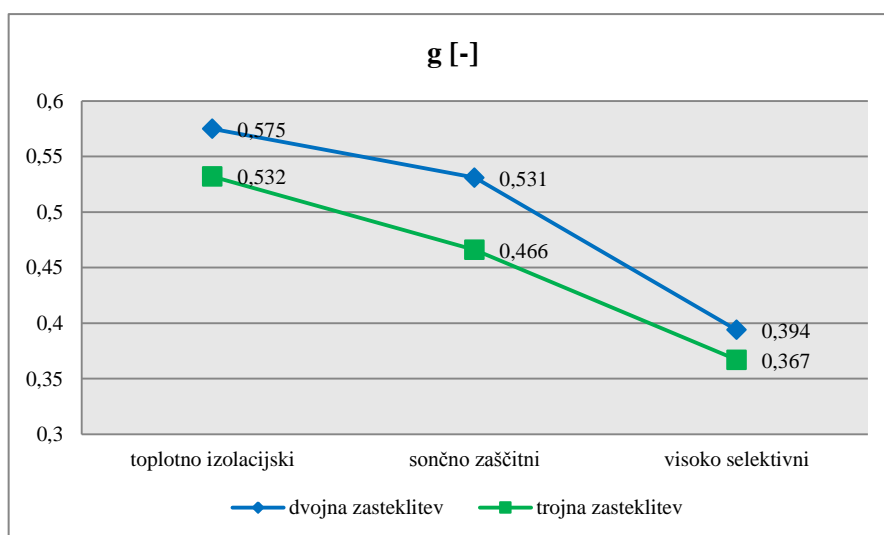


Slika 18: Graf razlik $U_{w,s}$ med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.



Slika 19: Graf razlik $U_{w,h}$ med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.

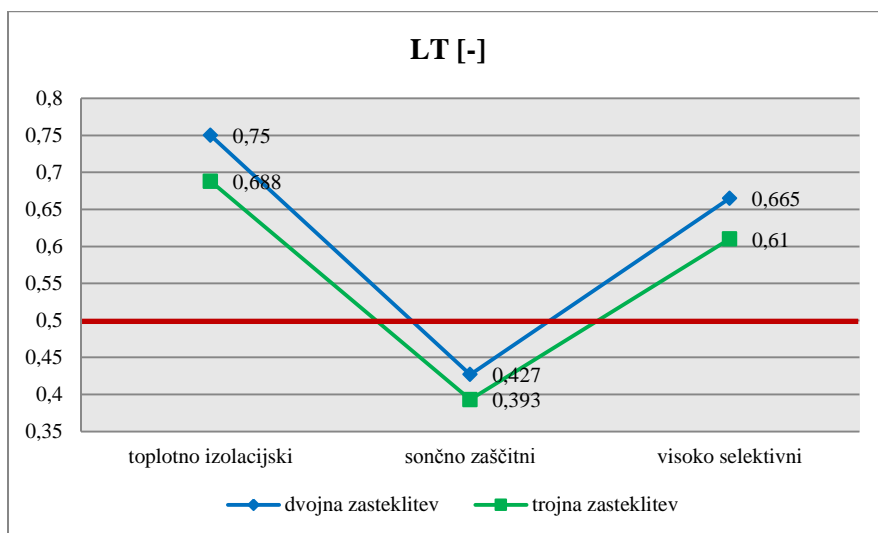
Na grafu na Sliki 20 je prikazana primerjava vrednosti g faktorja, če so bili v zasteklitvah uporabljeni različni nanosi. Najvišje vrednosti dajejo zasteklitve s toplotno izolacijskim nanosom, najnižje pa zasteklitve z visoko selektivnim nanosom, kar je razumljivo, saj omogoča visoko razmerje med prepustnostjo dnevne svetlobe in zajemom sončne energije, da ne pride do pregrevanja prostora. V primerjavi z zasteklitvami s toplotno izolacijskim nanosom je g faktor pri visoko selektivnem nanosu nižji za 31 % in v primeru trojne zasteklitve znaša le 0,367. Trojne zasteklitve imajo v vseh primerih nižji g faktor, vzrok pa lahko pripišemo tretji zasteklitvi. Pri g faktorju ni bilo postavljenih mejnih vrednosti. Pri oceni energetske bilance v nadaljnjih poglavjih se bomo odločali ali bi bilo bolje vzeti zasteklitve z višjim ali nižjim g faktorjem.



Slika 20: Graf razlik g faktorja med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.

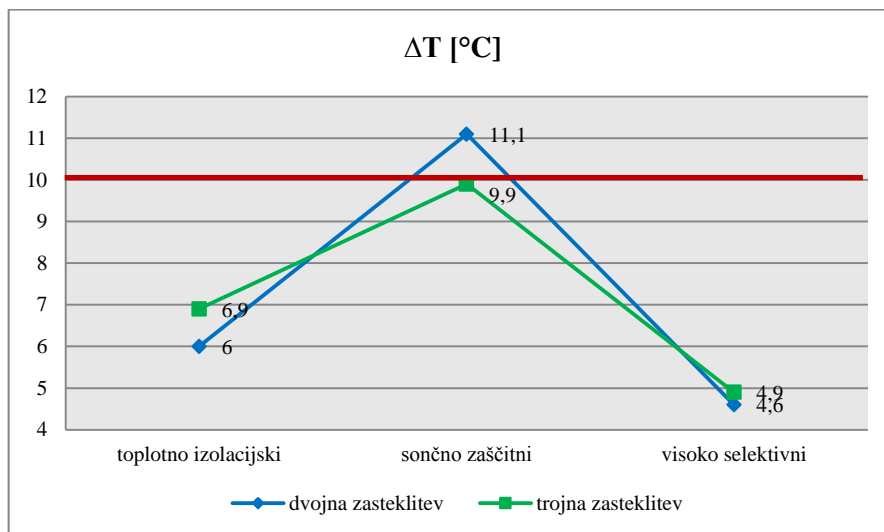
Iz grafa na Sliki 21 je razvidno, da na prepustnost za dnevno svetlobo najbolj vpliva sončno zaščitni nanos. V primeru naših kombinacij celo do te mere, da padejo pod zastavljeno mejo 0,50 in po zastavljenih kriterijih niso več sprejemljivi. Na prehodnost za dnevno svetlobo najmanj vpliva

toplotno izolacijski nanos, ki v sklopu dvojne zasteklitve notranjega krila dosega vrednost 0,75. LT faktorji pri visoko selektivnem nanosu so za le 11 % nižja kot pri toplotno izolacijskem, kar tudi potrjuje prvotni namen visoko selektivnih nanosov – nizka prepustnost za sončno energije ob visoki prepustnosti za dnevno svetlobo.



Slika 21: Graf razlik LT faktorja med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.

Z vidika toplotnega ugodja v prostoru opazujemo razliko površinske temperature zasteklitve in zraka v prostoru, kar je prikazano na grafu na Sliki 22. Razlike med omenjenima temperaturama ne sme biti več kot 10°C, sicer občutimo nelagodje. Torej, če je temperatura v prostoru poleti 24°C, temperatura zasteklitve na notranji strani ne sme presegati 34°C in če je pozimi temperatura prostora 21°C, temperatura zasteklitve ne sme biti nižja od 11°C. Na spodnjem grafu so privzete najbolj ekstremne spremembe temperatur bodisi poleti bodisi pozimi. Zasteklitve s sončno zaščitnim nanosom v primeru dvojne zasteklitve presežejo mejo v primeru trojne zasteklitve pa se ji zelo približajo. Druga dva nanosa s tega vidika smatramo za sprejemljiva.



Slika 22: Graf razlik ΔT med tremi različnimi nanosi ter dvojno in trojno zasteklitvijo notranjega krila.



Na podlagi Slik 17 do 22 lahko ugotovimo lastnosti, ki jih lahko pripišemo posameznemu nanosu. Toplotno izolacijski nanos znižuje vrednosti U_g in s tem posledično $U_{w,s}$ in $U_{w,h}$. g faktor je pri tem nanosu v primerjavi z ostalimi visok, prav tako je visoka prepustnost zasteklitve za dnevno svetlobo. Sončno zaščitni nanos v zasteklitvah povzroča višje U_g , $U_{w,s}$ in $U_{w,h}$, nižji g faktor (vendar le za približno 10 %) in bistveno znižuje prehod dnevne svetlobe v prostore. Visoko selektivni nanos ob nizkem g faktorju prepušča relativno veliko svetlobe v prostor, U faktorji pa so blizu U faktorjem v zasteklitvah s toplotno izolacijskimi nanosi.

5.1.5 Izboljšave sistemov zasteklitev

Nadalje želimo sisteme zasteklitev še dodatno izboljšati z dodajanjem nanosov na stekla, ki še niso izboljšana z nobenimi nanosi. Pri dvojnih zasteklitvah bomo dodajali po en termoizolacijski nanos, pri trojnih zasteklitvah pa po en ali dva termoizolacijska nanosa. Izbrane kombinacije so prikazane v Preglednici 14.

V Preglednici 14 sta skicirani zasteklitvi 3b in 4b, podani so vhodni podatki in rezultati, ki smo jih pridobili s programom Window. Gre za kombinaciji 3a in 4a, katerima smo dodali še en toplotno izolacijski nanos na stekla, ki nanosa še niso imela kakor je prikazano na skicah v Preglednici 14 in opazovali kako to vpliva na rezultate. Lahko opazimo, da vsi rezultati ustrezajo zastavljenim kriterijem.

Preglednica 14: Lastnosti kombinacij 3b in 4b.

3b			4b		
					
kombinacija 3b			kombinacija 4b		
dvojna zasteklitev + argon v MSP + T nanos (2x)			trojna zasteklitev + argon v MSP + T nanos (2x)		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo	zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak	vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	steklo s termoizolacijskim nanosom	notranje okno	4	steklo s termoizolacijskim nanosom
	16	argon		12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom		4	navadno prozorno steklo
			12	argon	
			4	steklo s termoizolacijskim nanosom	
REZULTATI			REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]	U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
0,942	1,064	1,223	0,563	0,842	1,001
g	LT	ΔT [°C]	g	LT	ΔT [°C]
0,517	0,742	5,6	0,470	0,679	5,9

V Preglednici 15 so skicirane zasteklitve 10b, 11b in 11c, podane so lastnosti zasteklitev in rezultati, ki smo jih pridobili s programom Window. Gre za kombinaciji 10a in 11a s sončno zaščitnimi nanosi, katerim smo dodajali toplotno zaščitne nanose. Kombinacija 10b je v bistvu kombinacija 10a z dodanim toplotno zaščitnim nanosom na notranjem steklu notranjega krila. Nanos je nanosen na strani, ki je obrnjena proti MSP. Podobno je pri kombinaciji 11b, kakor prikazujeta skici v Preglednici 15. Pri kombinaciji 11b ostaja eno steklo, ki še ni prekrito z nanosom, zato smo ga v kombinaciji 11c prekrili s še enim toplotnoizolacijskim nanosom. Kombinacija 11c ima torej na notranjem krilu en sončno zaščitni nanos in dva toplotnoizolacijska nanosa, kot prikazuje skica v spodnji preglednici. Rezultati, ki ne ustrezajo zastavljenim kriterijem so označeni z rdečim poljem.

Preglednica 15: Lastnosti kombinacij zasteklitev 10b, 11b in 11c.

10b			11b		
kombinacija 10b			kombinacija 11b		
dvojna zasteklitev + argon v MSP + S nanos (1x)			trojna zasteklitev + argon v MSP + S nanos (1x) + T nanos (1x)		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo	zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak	vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	steklo s sončno zaščitnim nanosom	notranje okno	4	steklo s sončno zaščitnim nanosom
	16	argon		12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom		4	navadno prozorno steklo
			12	argon	
			4	steklo s termoizolacijskim nanosom	
REZULTATI			REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]	U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
0,965	1,077	1,236	0,829	0,998	1,157
g	LT	ΔT [°C]	g	LT	ΔT [°C]
0,389	0,422	8,1	0,358	0,387	8,0

...se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 15

11c		
kombinacija 11c		
trojna zasteklitev + argon v MSP + S nanos (1x) + T nanos (2x)		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	steklo s sončno zaščitnim nanosom
	12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom
	12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom
REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
0,617	0,873	1,032
g	LT	ΔT [°C]
0,320	0,382	7,1

V Preglednici 16 so skicirane zasteklitve 12b, 13b in 13c, podane so karakteristike zasteklitev in rezultati, ki smo jih pridobili s programom Window. Gre za kombinaciji 12a in 13a z visoko selektivnimi nanosi, katerim smo dodajali toplotno zaščitne nanose. Kombinacija 12b je v bistvu kombinacija 12a z dodanim toplotno zaščitnim nanosom na notranjem steklu notranjega krila. Nanos je nanosen na strani, ki je obrnjena proti MSP. Podobno je pri kombinaciji 13b, kakor prikazujeta skici v Preglednici 16. Pri kombinaciji 13b ostaja eno steklo, ki še ni prekrito z nanosom, zato smo ga v kombinaciji 13c prekrili s še enim toplotno izolacijskim nanosom. Kombinacija 13c ima torej na notranjem krilu en visoko selektivni nanos in dva toplotnoizolacijska nanosa, kot prikazuje skica v spodnji preglednici. Opazimo lahko, da vsi pridobljeni rezultati ustrezajo zastavljenim kriterijem.

Preglednica 16: Lastnosti kombinacij zasteklitev 12b, 13b in 13c.

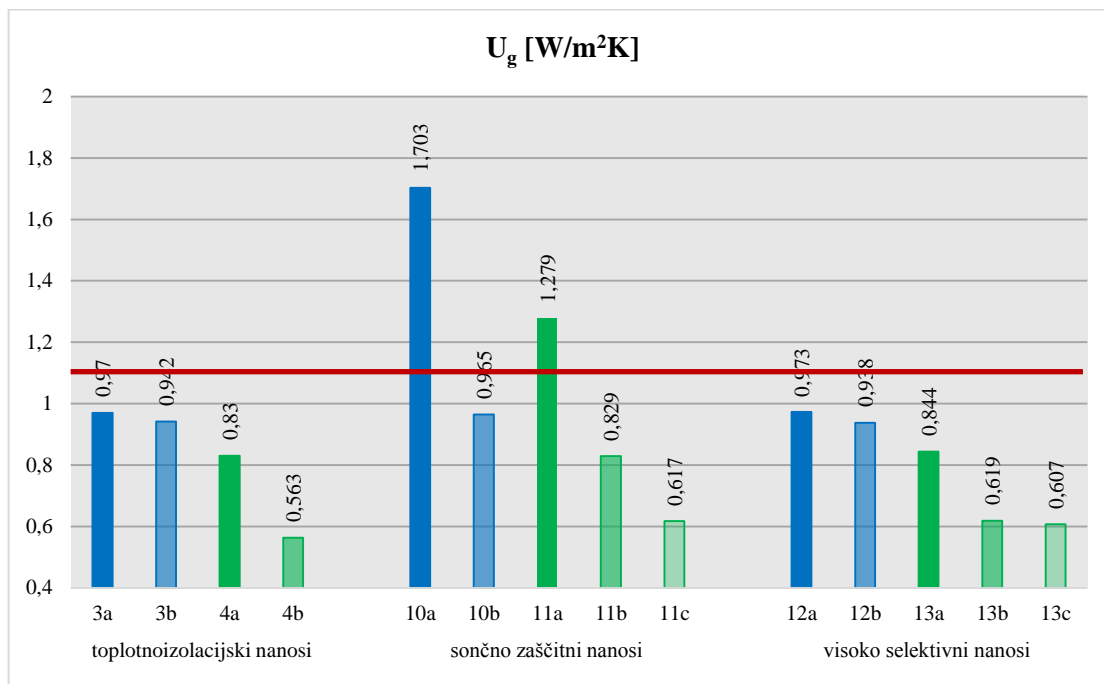
12b			13b		
kombinacija 12b			kombinacija 13b		
dvojna zasteklitev + argon v MSP + V nanos (1x)			trojna zasteklitev + argon v MSP + V nanos (1x) + T nanos (1x)		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina	pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo	zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak	vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	steklo z visoko selektivnim nanosom	notranje okno	4	steklo z visoko selektivnim nanosom
	16	argon		12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom		4	navadno prozorno steklo
			12	argon	
			4	steklo s termoizolacijskim nanosom	
REZULTATI			REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]	U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
0,938	1,062	1,220	0,619	0,875	1,034
g	LT	ΔT [°C]	g	LT	ΔT [°C]
0,394	0,659	5,5	0,352	0,603	4,9

...se nadaljuje

... nadaljevanje Preglednice 16

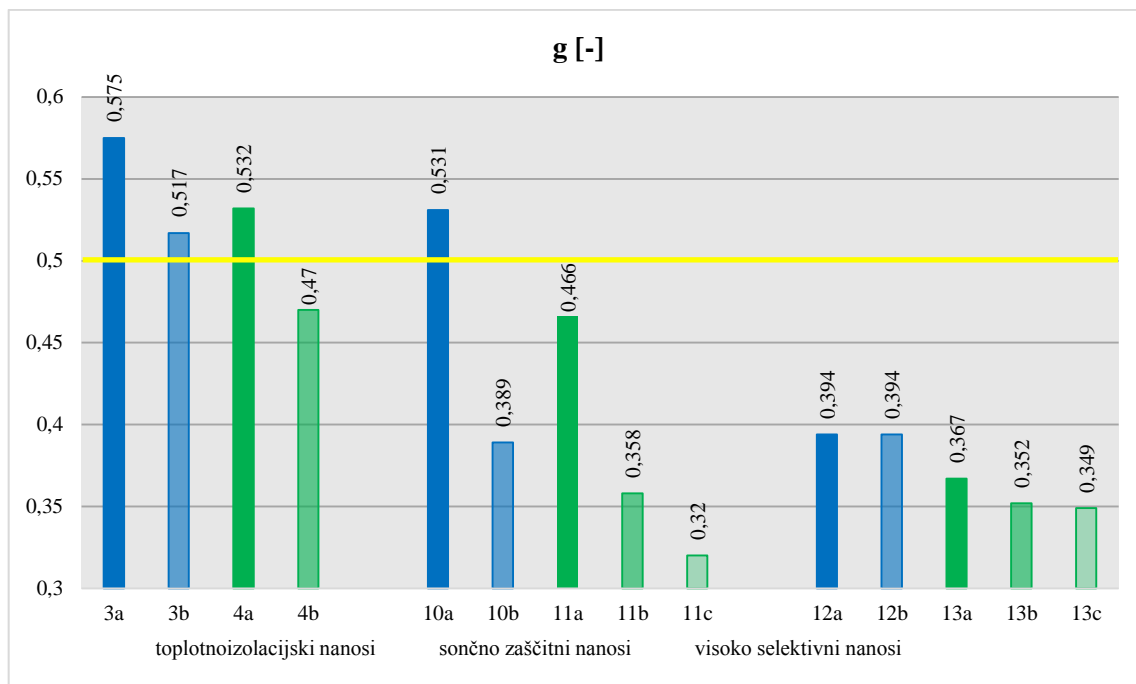
13c		
kombinacija 13c		
trojna zasteklitev + argon v MSP + V nanos (1x) + T nanos (2x)		
pozicija	debelina [mm]	vrsta stekla oz. plina
zunanje okno	4	»Low-iron« prozorno steklo
vmesni prostor	150	zrak
notranje okno	4	steklo z visoko selektivnim nanosom
	12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom
	12	argon
	4	steklo s termoizolacijskim nanosom
REZULTATI		
U_g [W/m ² K]	$U_{w,s}$ [W/m ² K]	$U_{w,h}$ [W/m ² K]
0,607	0,867	1,026
g	LT	ΔT [°C]
0,349	0,596	5,4

Graf na Sliki 23 prikazuje vrednosti U_g za posamezne kombinacije analizirane v sklopu poglavij 5.1.4 in 5.1.5. Z modro barvo je obarvan sistem dvojne zasteklitve in z zeleno barvo sistem trojne zasteklitve notranjega krila. Z rdečo črto je označena mejna vrednost U_g 1,1 W/m²K, vrednosti nad to črto ne ustrezajo zastavljenim kriterijem. Pri dvojni zasteklitvi in termoizolacijskih nanosih na obeh steklih bi v primerjavi z enojnim nanosom izboljšali toplotno prehodnost minimalno in sicer le za 3%. Taka izboljšava ni najbolj smiselna in se tudi v praksi večinoma ne uporablja. Drugače je pri sistemu trojne zasteklitve. Termoizolacijski nanos na dveh (notranjih) steklih U_g faktor zmanjša za dobrih 30%. Podobna situacija je pri liniji zasteklitev, ki imajo na zunanjem steklu že visoko selektivni nanos. Pri dvojni zasteklitvi izboljšave niso bistvene, pri trojni pa ravno obratno. Pri sončno zaščitnem nanosu, ki v kombinaciji z navadnim steklom v poglavju 5.1.4. ni nudil zadovoljivih rezultatov, pridemo do sprejemljivih rezultatov, če te nanose kombiniramo s termoizolacijskimi.



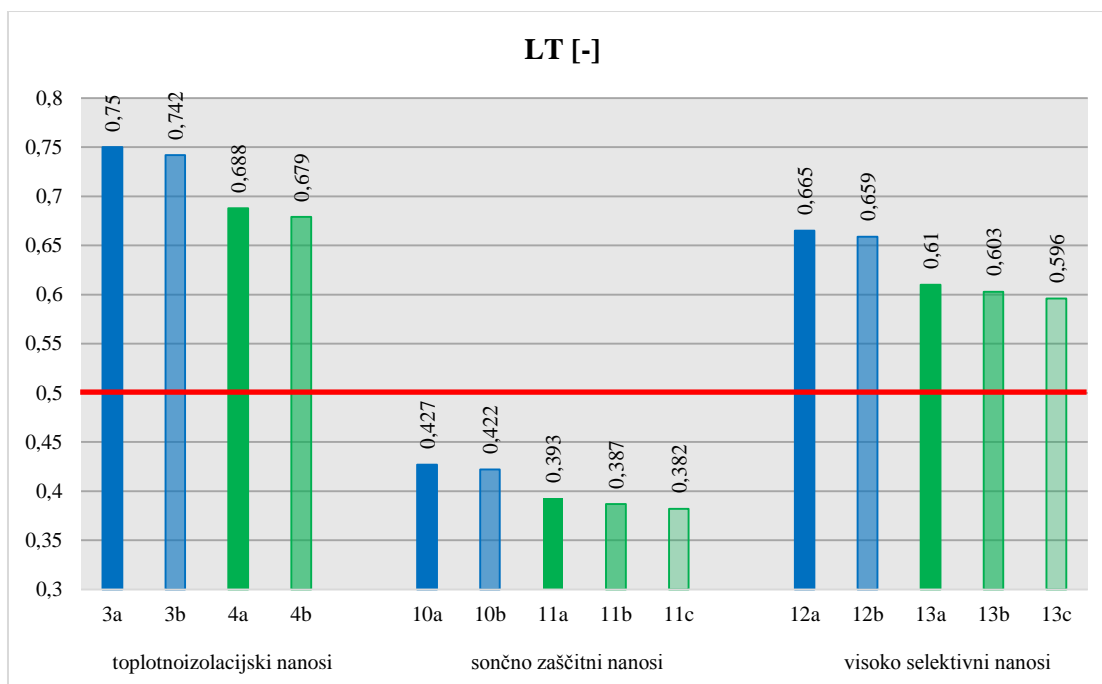
Slika 23: U_g vrednosti za posamezne kombinacije.

Na grafu na Sliki 24, ki prikazuje g vrednosti posameznih kombinacij, je opaziti, da v vseh primerih dodajanje termozaščitnih nanosov pri vseh kombinacijah zmanjšuje prehod sončne energije. V primeru dvojne zasteklitve je dodajanje termoizolacijskega nanosa smiselno dajati le pri sončno zaščitni liniji, pri preostalih dveh pa ne, saj pride do majhnih razlik (le 10 % pri kombinaciji 3b) oziroma do nobenih razlik (pri kombinaciji 12b). Pri trojnih zasteklitvah pride do največje spremembe g faktorja pri prvi vrsti nanosov za cca. 11 %. V kombinaciji s sončno zaščitnim in visoko selektivnim nanosom pride do opaznejše razlike pri dodajanju enega termoizolacijskega nanosa. V primeru dodajanja dveh so razlike bistveno manjše oz. bi lahko rekli zanemarljive pri visoko selektivni liniji, kar je razumljivo, saj visoko selektivni nanosi preprečujejo sončnemu sevanju, ki seva v kratkovalovnem infrardečem sevanju, da pride v prostor, v njih pa zadržuje toploto, ki jo oddajajo telesa v prostoru. Na tej stopnji naloge ne moremo še trditi ali je bolje uporabiti zasteklitev z nižjim ali z višim g faktorjem, saj je to odvisno tudi od velikosti zasteklitev in orientiranosti stavbe. Obstaja možnost, da bo na koncu najbolj smiselno namestiti na eno stran objekta zasteklitve z nižjo vrednosti prehodnosti sončne svetlobe in na drugi strani zasteklitve z višjim g faktorjem. Katere zasteklitve in kje bodo nameščene se bo ugotavljalo v nadaljnjih poglavjih, kjer bo izvedena ocena energetske bilance objekta in bodo upošteevane tudi ugotovitve iz analize osončenosti. Ker nobena od naših fasad ni v celoti zastekljena in nismo toliko podvrženi pregrevanju smo postavili okvirni kriterij (ki ne velja za strog kriterij, zato je na grafu Sliki 24 označen z rumeno barvo), da je zaželeno, da so g faktorji sistemov zasteklitev nad 0,5.



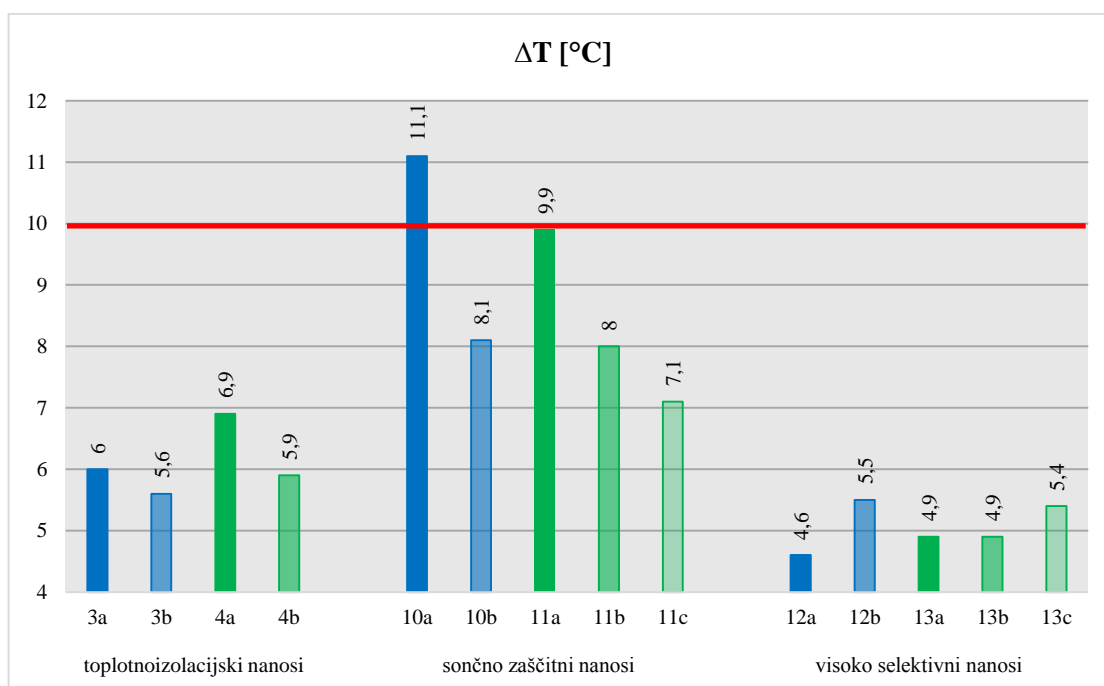
Slika 24: g vrednosti za posamezne kombinacije.

Osvetljenost prostorov je pomembna za uporabnike objekta, hkrati pa za zmanjševanje porabe energije za umetno razsvetljavo. Na grafu na Sliki 25 so prikazane LT vrednosti analiziranih zasteklitev. Rezultati kažejo da dodajanje termoizolacijskih plasti minimalno vpliva na osvetljenost saj so razlike v rangi od 1 do 2 %. Z rdečo linijo je prikazana mejna vrednost 0,500, in iz grafa na Sliki 25 lahko vidimo, da nobena od zasteklitev s sončno zaščitnimi nanosi ne ustreza zastavljenim kriterijem.



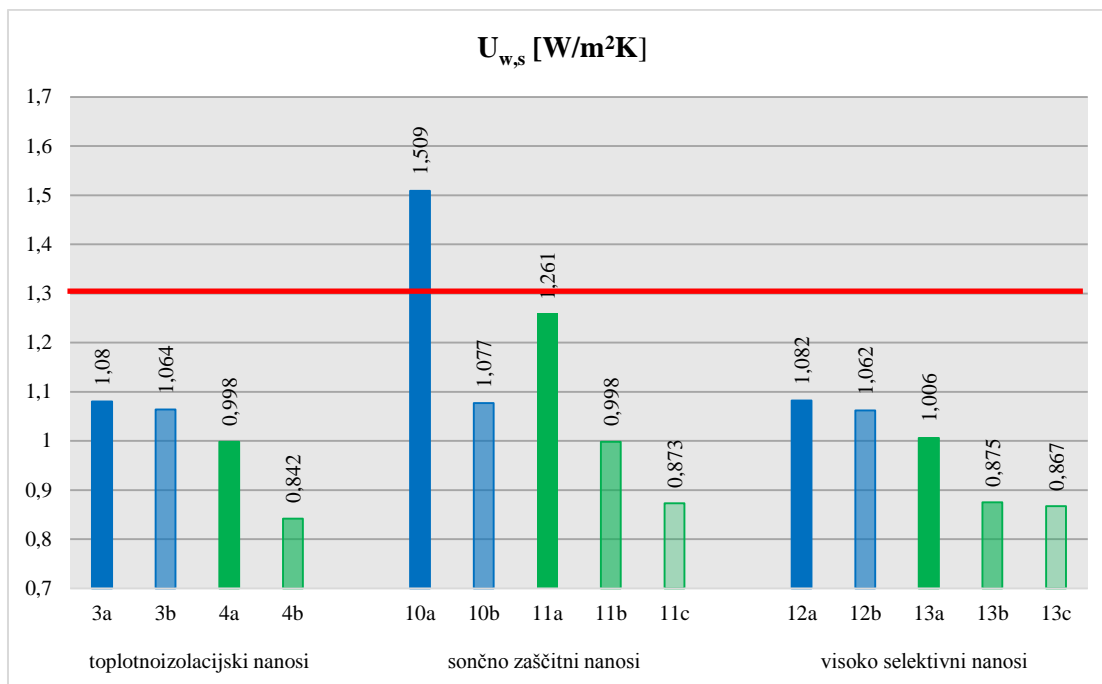
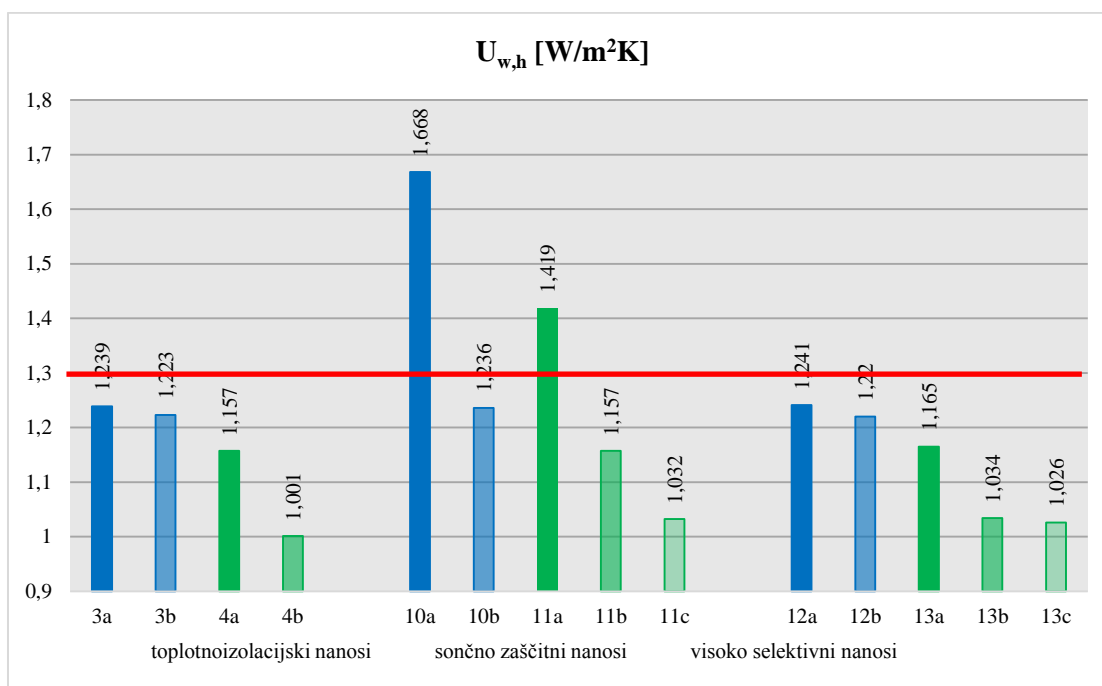
Slika 25: LT vrednosti za posamezne kombinacije.

Razlika med površinsko temperaturo notranje zasteklitve in temperaturo zraka v prostoru naj ne bi bila večja od 10°C (na grafu na Sliki 26 označeno z rdečo črto), saj v nasprotnem primeru uporabnik občutijo neugodje, ki je povezano z veliko temperaturno asimetrijo v prostoru. Iz grafa na Sliki 26 so razvidne maksimalne razlike med temperaturo notranjega stekla in zraka v prostoru. Vsi rezultati pri toplotno izolacijskih in visoko selektivnih nanosih so za vsaj 3°C pod zastavljeno mejo in lahko rečemo, da ne bodo vplivali na občutek neugodja. Pri kombinacijah s sončno zaščitnim nanosom opazimo, da je ΔT nad zastavljeno mejo oz. se ji zelo približa (kombinaciji 10a in 11a na grafu na Sliki 26). Se pa z dodajanjem toplotnoizolacijskih nanosov razlika temperatur zmanjša. Z enim dodatnim toplotnoizolacijskim nanosom se razlika temperatur pri dvojni in trojni zasteklitvi notranjega krila spusti na 8°C , kar že velja, da ne bo povzročalo občutka neugodja. Z drugim dodatnim toplotnoizolacijskih nanosom pri trojni zasteklitvi še dodatno znižamo spremembo temperatur na $7,1^{\circ}\text{C}$.



Slika 26: ΔT za posamezne kombinacije.

Poleg izbora in termično-optičnih lastnosti zasteklitve na prehod toplote vpliva tudi okenski okvir in njegova sestava, predvsem izbor materiala. Pri obravnavanem objektu imamo predpisano v večjem delu okvire iz smrekovega lesa in v pritličju okvirje iz hrastovega lesa, ki ima slabšo toplotno prehodnost. Prehodnost celotnega okna za toploto je torej odvisna od zasteklitve in okvirja. Trend izboljševanja faktorja U_w (U faktor celotnega okna) je pri obeh uporabljenih materialih za okenski okvir podoben kot pri obravnavanju prehodnosti za toploto samo zasteklitve. Če primerjamo posamezne kombinacije opazimo, da so vrednosti $U_{w,s}$ v primeru okvirjev iz smrekovega lesa v povprečju za $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ nižje kot pa $U_{w,h}$, kjer so okenski okvirji iz hrastovega lesa kar je razvidno iz grafov na Slikah 27 in 28.

Slika 27: $U_{w,s}$ za posamezne kombinacije.Slika 28: $U_{w,h}$ za posamezne kombinacije.

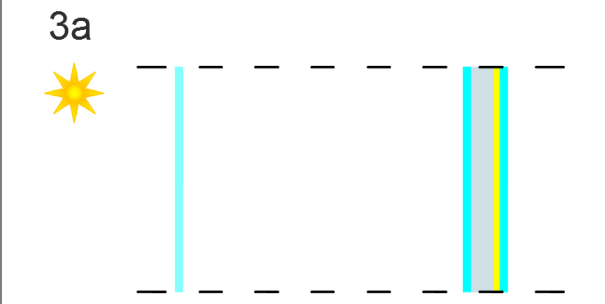

5.1.6 Izbor zasteklitev za nadaljnje analize

Pri izračunu energetske bilance analiziranega objekta bo potrebno podati lastnosti zasteklitev, ki naj bi jih imel objekt. Na podlagi ugotovitev v poglavjih 5.1.1 do 5.1.5 bi za nadaljnje analize v ožji izbor vzeli kombinaciji 3a in 13b. Pri kombinaciji 13b gre za trojno zasteklitev z visoko selektivnimi in termoizolacijskimi nanosi, ta ima nizek U_g faktor (0,619 W/m²K), nizek g faktor (0,352), ostale vrednosti pa so zadovoljivo ustrezale zastavljenim kriterijem.

Po navedbah enega od člankov Gradbenega društva ZRMK na današnjem trgu kvalitetna okna z dobro dvojno zasteklitvijo in kvalitetnimi nizko emisijskimi nanosi izpodrivajo trojno zasteklitev. Okna s slednjo zasteklitvijo ima večjo težo, večjo ceno, pa tudi izolacijske lastnosti po navadi niso veliko boljše. Zato smo v ožji izbor vzeli tudi kombinacijo 3a. [30]

Kombinacija 3a je relativno osnovna dvojna zasteklitev s samo enim termoizolacijskim nanosom. Izbrali smo jo zato, ker ima zelo visok g faktor (0,575), najvišjo LT vrednost (0,750) in sprejemljiv U_g faktor (0,970 W/m²K). Podrobne informacije so navedene v Preglednici 17.

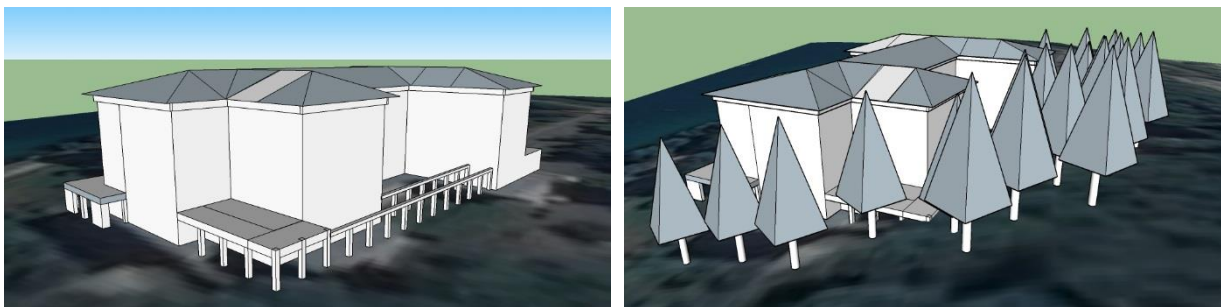
Preglednica 17: Lastnosti izbranih kombinacij zasteklitev za nadaljnje analize.

3a		13b	
			
kombinacija 3a		kombinacija 13b	
dvojna zasteklitev + argon v MSP + T nanos (1x)		trojna zasteklitev + argon v MSP + V nanos (1x) + T nanos (1x)	
U_g	0,970 W/m ² K	U_g	0,619 W/m ² K
g	0,575	g	0,352
LT	0,750	LT	0,603
ΔT	6,0 °C	ΔT	4,9 °C
$U_{w,s}$	1,080 W/m ² K	$U_{w,s}$	0,875 W/m ² K
$U_{w,h}$	1,239 W/m ² K	$U_{w,h}$	1,034 W/m ² K

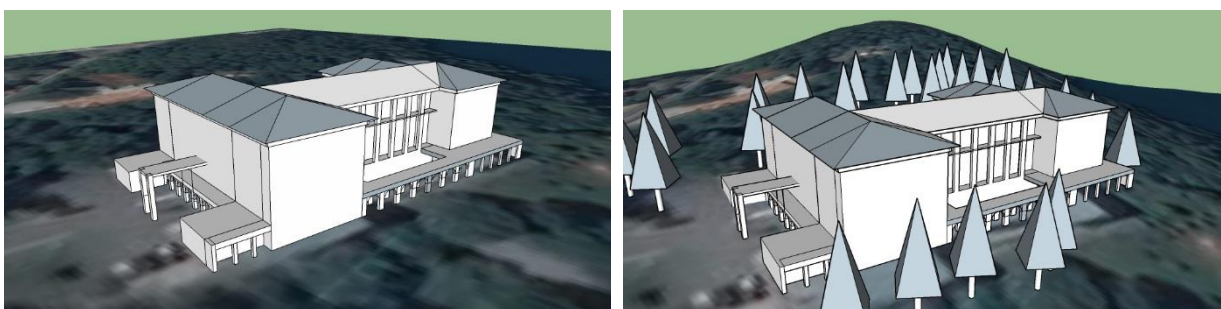
5.2 Izračun osončenosti stavbnega ovoja

Analiza osončenosti stavbnega ovoja nam pove kakšen je maksimalni potencial za prejetje sončnega sevanja. Iz te analize bomo dobili tudi faktorje osončenosti, ki jih bomo potrebovali pri izračunu energetske bilance stavbe v programu TOST [18]. Analizo osončenosti smo izvedli s programom Google SketchUp [20] in vtičnikom SunHours [31]. Izrisana sta bila dva modela, prvi je bil modeliran na realni lokaciji (podane so bile geodetske koordinate), vendar na idealno ravnem terenu brez okoliških ovir (drevesa, sosednje stavbe, topografija terena). Pri takem modelu dobimo trajanje osončenosti določene površine v odvisnosti od geometrijske razgibanosti objekta in lokacije na zemljini obli. Za Vilo Bled na južni strani se nahaja manjša vzpetina, ki je poraščena z drevesi, na severnem delu pa se teren spušča proti jezeru. Pri drugem modelu je bil izrisan teren, (določen s pomočjo Google Maps) in drevesa v okolici, ki senčijo objekt. Program Sun Hours izračuna število ur osončenosti določenega dela objekta. Program Sun Hours izračuna število ur osončenosti določenega dela objekta in s primerjanjem števila ur osončenosti istega dela objekta na dveh različnih modelih bomo dobili razmerje med osončenjem brez okolice (zajema tudi nasebno senčenje) in osončenjem z okolico, kar bo naš faktor osončenosti zaradi zunanjih ovir ($F_{sh,ob}$) v programu TOST v nadaljevanju.

Na Slikah 29 in 30 sta prikazana modela, ki sta bila uporabljen za določanje osončenosti in faktorjev osončenosti ($F_{sh,ob}$).

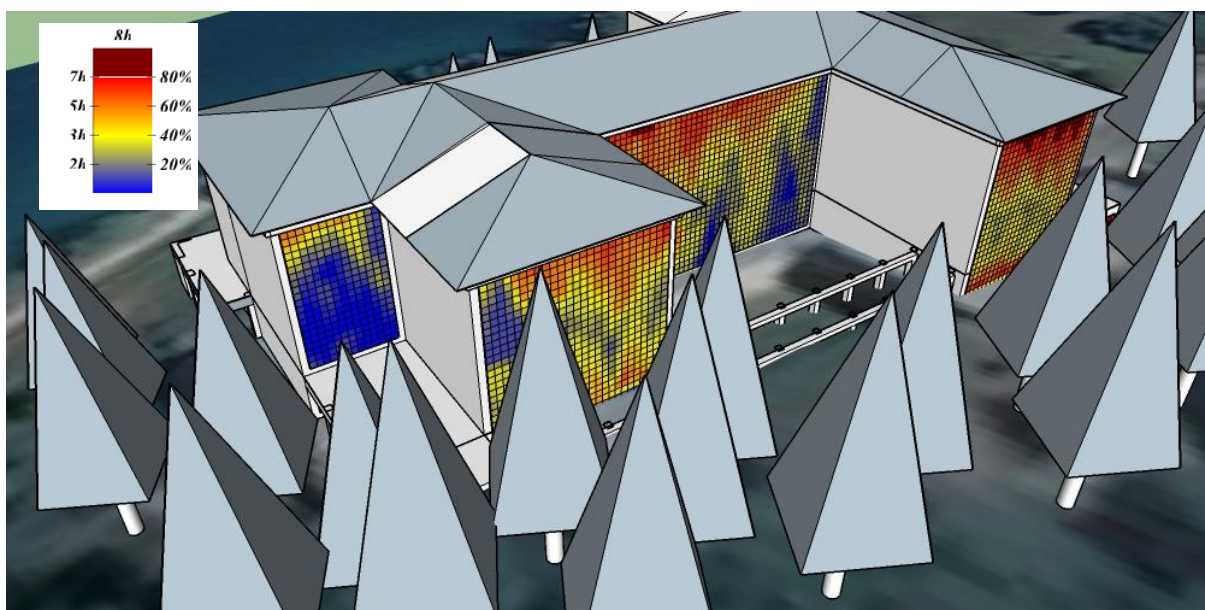


Slika 29: Prikaz modela brez okolice z južne in zahodne strani (levo) in istega modela z okolico (desno).



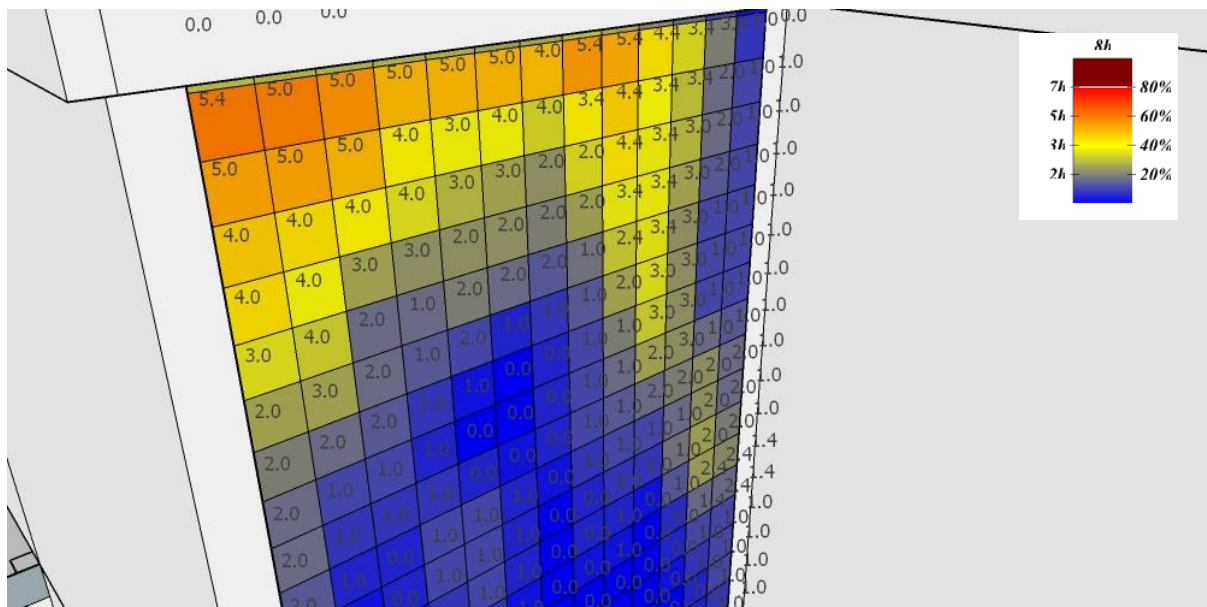
Slika 30: Prikaz modela brez okolice s severne in vzhodne strani (levo) in istega modela z okolico (desno).

Na Sliki 31 je prikazan model z okolico z nameščenimi mrežami, na katerih je bila izračunana osončenost dela fasadnega ovoja objekta. Zaradi hitrejšega postopka preračunavanja smo število ur osončenosti računali za vsak 21. dan v mesecu. Modra barva na Sliki 31 prikazuje manj prejetih ur osončenosti, oranžna barva pa več prejetih ur osončenosti.



Slika 31: Prikaz južnih stranic in nameščenih mrež za model z okolico na dan 21.12.2015.

Nameščeni mreži lahko pripnemo tudi vrednosti, kar je prikazano na Sliki 32, te pa lahko izvozimo za nadaljnjo obdelavo tudi v obliki ».csv« datoteke. V Prilogi B do D so prikazani podrobni podatki za osončenost stavbe.



Slika 32: Prikaz mreže s pripadajočimi vrednostmi za model z okolico na dan 21.12.2015.

Podobno je bila izračunana osončenost istega dela fasadnega ovoja na modelu brez okolice. Razmerje med dobljenima količinama je naš faktor osonečnosti $F_{sh,ob}$. Analogno so bili narejeni modeli za vse stranice toplotnega ovoja posebej z okolico in brez nje. V Preglednici 18 so prikazani izračunani faktorji osonečnosti $F_{sh,ob}$ za posamezne mesece in orientacije.

Preglednica 18: Tabela s faktorji osonečenja $F_{sh,ob}$.

	horizontalno	J	S	V	Z
januar	0,677	0,628	1,000	0,820	0,569
februar	0,693	0,728	0,980	0,876	0,360
marec	0,796	0,803	0,829	0,886	0,769
april	0,860	0,836	0,746	0,917	0,802
maj	0,904	0,849	0,726	0,927	0,820
junij	0,912	0,861	0,744	0,925	0,830
julij	0,905	0,841	0,725	0,926	0,822
avgust	0,867	0,819	0,864	0,916	0,569
september	0,801	0,767	0,818	0,905	0,776
oktober	0,698	0,735	0,980	0,886	0,676
november	0,674	0,554	1,000	0,830	0,569
december	0,642	0,506	1,000	0,774	0,543
povprečje	0,786	0,744	0,868	0,882	0,675

5.3 Energetska bilanca objekta s predlogi za sanacijo

V poglavju 4.2.3 je bila izračunana energetska bilanca trenutnega stanja objekta. V tem poglavju bomo upoštevali predloge, ki bi izboljšali energetske učinkovitost objekta in sicer:

- zamenjava stavbnega pohištva (tri variante),
- dodatna toplotna izolacija strehe in
- zamenjava energenta, kjer se bo primerjala peč na leseno biomaso in toplotna črpalka voda-voda.

Za vsak predlog sanacije bo narejena primerjava s trenutnim stanjem. Na koncu bo preverjena tudi kombinacija ukrepov, saj učinki ukrepov niso medsebojno neodvisni in jih ne moremo linearno seštevati. Rezultate bomo primerjali tudi z maksimalnimi vrednostmi $\max H_T'$ in $\max Q_{NH}$, ki jih program glede na karakteristike obravnavanega objekta preračuna v skladu s PURES 2010.

Pri vsakem ukrepu bomo spremljali koeficient specifičnih transmisijskih izgub H_T' , letno porabo primarne energije Q_P , letno potrebno energijo za ogrevanje Q_{NH} , letni potrebni hlad za hlajenje Q_{NC} ter izgube in dobitke. Ukrepi na objektu so takšni, da upoštevajo pogoje ZVKD.

5.3.1 Zamenjava stavbnega pohištva

Tekom poglavja 5.1. so bili analizirani različni sistemi zasteklitev in na koncu izbrali dve zasteklitvi: prva z dvojno zastekljenim notranjim krilom (kombinacija 3a) in druga s trojno zastekljenim notranjim krilom (kombinacija 13). Prva ima višjo U_g vrednost ($0,970 \text{ W/m}^2\text{K}$) in višji g faktor ($0,575$), druga ima ti vrednosti nižji (U_g je $0,619 \text{ W/m}^2\text{K}$ in g je $0,352$). Najprej bomo analizirali situacijo, ko je na objektu po celotnem ovoju kot zasteklitev uporabljena kombinacija 3a, nato pa še situacijo, ko je po celotnem ovoju uporabljena kombinacija 13b. Pri vnosu karakteristik transparentnih delov podajamo toplotno prehodnost celotnega okna (torej zasteklitve in okvirja). Okna moramo razdeliti glede na orientacijo in glede na material okvirja, saj morajo biti okvirji pritličnih oken iz hrastovega lesa in okna v ostalih nadstropjih iz smrekovega lesa.

Glede na oceno energetske bilance trenutnega stanja iz poglavja 4.2.3 vidimo, da pregrevanje stavbe ni problem, zato predpostavimo, da bi bilo mogoče najbolje, da bi na strani, ki prejema največ sončne energije namestili okna z višjim g faktorjem, na ostalih straneh pa zasteklitve z nižjim g faktorjem. V Preglednici 19 so prikazane količine na podlagi katerih smo se odločali na katere strani stavbnega ovoja namestiti določene zasteklitve: globalno sončno sevanje, ki jih poda TOST ob določitvi globalnih koordinat objekta, povprečni $F_{sh,ob}$, ki smo ga izračunali z analizo osončenosti v poglavju 5.2 in površina zasteklitev na posamezni strani objekta. Opazimo lahko, da največ sončnega sevanja v času ogrevalne sezone prejme južna stran (1.968 MJ/m^2), najmanj pa severna stran (626 MJ/m^2), kar je razlika za faktor 3. Južna stran je tudi za 16 % manj osenčena kot severna, kar je razvidno iz $F_{sh,ob}$. Na severni strani je sicer za 80 % več zastekljenih površin kot na južni, vendar smo se zaradi navedenih razlik iz prvih dveh količin odločili, da na južno stran namestimo zasteklitve z višjim g faktorjem (kombinacija zasteklitev 3a) in na severno stran zasteklitve z nižjim g faktorjem (kombinacija zasteklitev 13b). Pri vzhodni in zahodni stani opazimo, da prejemata približno enako količino

sončnega sevanja, zahodna stran je za 23 % manj osenčena kot vzhodna, vendar ima vzhodna stran za 25 % več transparentnih površin. Ker želimo zajeti čim več sončnega sevanja na vzhodno in zahodno stran namestimo kombinacijo zasteklitev 3a.

Preglednica 19: Povprečne vrednosti $F_{sh,ob}$, globalno sončno sevanje in površine zasteklitev za posamezne strani fasadnega ovoja.

Globalno sončno sevanje [MJ/m ²]				
	J	S	V	Z
ogrevalna sezona	1.968	626	1.219	1.267
$F_{sh,ob}$				
	J	S	V	Z
povprečje	0,744	0,868	0,882	0,675
Površine zasteklitev [m ²]				
	J	S	V	Z
površina	135,50	246,36	121,00	97,50

Rezultati pridobljeni za različne zasteklitve so podani v sledečih preglednicah:

- v Preglednici 20, če bi po celotnem ovoju stavbe zamenjali zasteklitev s kombinacijo 3a,
- v Preglednici 21, če bi po celotnem ovoju stavbe zamenjali zasteklitev s kombinacijo 13b,
- v Preglednici 22, če bi na južno, vzhodno in zahodno stran stavbe namestili kombinacijo zasteklitev 3a ter na severno stran kombinacijo zasteklitev 13b.

Kombinacija 3a ima višji g in U_g faktor, medtem ko ima kombinacija 13b ta dva faktorja nižja. Razlike v g faktorju lahko povežemo s solarnimi dobitki. Solarni dobitki pri kombinaciji 3a (6,61 kWh/m³) so višji kot pri kombinaciji 13b (4,00 kWh/m³), kar je razumljivo, saj ima kombinacija 3a nižji g faktor od kombinacije 13b. Notranji dobitki se pri menjavi stavbnega pohištva ne razlikujejo, saj ne vplivajo na delovanje ljudi in naprav v prostoru.

U faktor zasteklitve vpliva na transmisijske izgube. Kombinacija 3a z višjim U_g faktorjem ima z vrednostjo 46,46 kWh/m³ večje transmisijske izgube kot kombinacija zasteklitev 13b z vrednostjo 45,73 kWh/m³, ki ima nižji U_g faktor in s tem večjo sposobnost zadrževanja toplote znotraj prostorov. Na ventilacijske izgube izbira zasteklitve ne vpliva, kar je razvidno tudi v našem primeru, saj so vrednosti pri vsaki izbiri zasteklitve 18,52 kWh/m³.

Večja ko je razlika med izgubami in dobitki, več energije za ogrevanje potrebujemo. Dovoljena vrednost po PURES 2010 je za naš objekt 11,18 kWh/m³. Te vrednosti ne dosežemo z nobeno izbrano zasteklitvijo. Z izbiro zasteklitve s kombinacijo 3a dosegamo vrednost 47,78 kWh/m³, kar za več kot 4-krat presega mejno vrednost. V kolikor bi po vseh transparentnih površinah namestili kombinacijo zasteklitve 13b bi objekt potreboval še več letne potrebne energije za ogrevanje in sicer 48,93 kWh/m³. Razporeditev zasteklitev na način, da je kombinacija 13b na severni strani, na ostalih straneh pa kombinacija 3a je s potrebno letno energijo za ogrevanje 47,86 kWh/m³ vmes med predhodnima rezultatoma. Podobno pada in narašča raba primarne energije – najmanj bi porabili pri kombinaciji 3a in sicer za 70.151 kWh manj na letni ravni v primerjavi s trenutnim stanjem.

Energije za hlajenje ne potrebujemo, ker se objekt ne pregreva. V preglednicah 20 do 22 to dejstvo ni eksplicitno navedeno. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H_T' se giblje med 0,89 do 0,90 W/m²K in je več kot 2-krat večji od mejne vrednosti 0,43 W/m²K, ki je bila po PURES 2010 preračunana za dimenzije obravnavanega objekta.

Preglednica 20: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta s kombinacijo zasteklitev 3a pridobljeni s programom TOST.

	Rezultati za kombinacijo zasteklitev 3a	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [W/m ² K]	0,90	1,00
max H_T' [W/m ² K]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	2.155.454	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m ³]	47,78	50,65
max Q_{NH} [kWh/m ³]	11,18	11,18
transmisijske izgube [kWh/m ³]	46,46	50,30
ventilacijske izgube [kWh/m ³]	18,52	18,19
skupne izgube [kWh/m ³]	64,98	68,49
notranji dobitki [kWh/m ³]	12,65	11,68
solarni dobitki [kWh/m ³]	6,61	7,98
skupni dobitki [kWh/m ³]	19,26	19,66

Preglednica 21: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta s kombinacijo zasteklitev 13b pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za kombinacijo zasteklitev 13b	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [W/m ² K]	0,89	1,00
max H_T' [W/m ² K]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	2.184.800	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m ³]	48,93	50,65
max Q_{NH} [kWh/m ³]	11,18	11,18
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	45,73	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	18,52	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	64,26	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	12,65	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	4,00	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	16,65	19,66

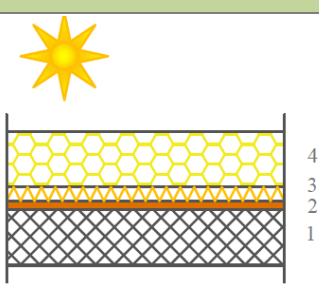
Preglednica 22: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta s kombinacijo zasteklitev 3a in 13b pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za kombinacijo zasteklitev 3a in 13b	Rezultati za trenutno stanje
H_T [W/m ² K]	0,90	1,00
max H_T [W/m ² K]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	2.157.604	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m ³]	47,86	50,65
max Q_{NH} [kWh/m ³]	11,18	11,18
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	46,09	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	18,52	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	64,61	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	12,65	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	5,96	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	18,61	19,66

5.3.2 Toplotna izolacija strehe

Z izvedbenega in cenovnega vidika je ta ukrep najbolj ugoden. Na trenutni armiranobetonski plošči je že 5 cm izolacije iz heraklitnih plošč. Podstrešje je hladno prezračevano in ni mišljeno kot uporaben prostor ne trenutno, niti v prihodnje. Na obstoječ konstrukcijski sklop bi se lahko namestilo dodatnih 20 cm mineralne volne s toplotno prevodnostjo 0,041 W/mK [17] in zaščitene s paropropustno folijo na vrhu. Toplotna prehodnost sklopa iz 0,913 W/m²K pade za približno 80 % na 0,167 W/m²K in celo ustreza kriterijem za konstrukcijske sklope po TSG4. Toplotno prehodnost sklopa smo dobili s programom TEDI, vhodni podatki in rezultati so predstavljeni v Preglednici 23. Podrobne karakteristike konstrukcijskega sklopa so podane v Prilogi J.

Preglednica 23: Prikaz in opis konstrukcijskega stropa strehe ter ustreznost U faktorja.

STROP – DODATNO IZOLIRANI		
		
Sloj	Debelina [cm]	Material
1	20	Beton iz kamnitega agregata
2	3	Les – smreka, bor
3	5	Heraklit
4	20	Mineralna volna
$U = 0,167 \text{ W/m}^2\text{K} > U_{\text{max}} = 0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$ Konstrukcijski sklop je ustrezen		

V Preglednici 24 so predstavljeni rezultati pridobljeni s programom TOST. Modeliranje tega ukrepa je enako kot pri trenutnem stanju, le da pri konstrukcijskem sklopu strehe podamo drugi, nižji faktor

toplotne prehodnosti. Streha predstavlja 23 % celotnega toplotnega ovoja 1KC in dodatna izolacija tega dela izboljša H_T' za 17 % na vrednost $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar sicer še vedno 2-krat presega mejno vrednost. V primerjavi s trenutnim stanjem se transmisijske izgube zmanjšajo iz $50,30 \text{ kWh/m}^3$ na $41,47 \text{ kWh/m}^3$.

Program nam preračuna, da bi v poletnih mesecih potrebovali hlajenje objekta, ker bi drugače temperatura presegala predvidenih 24°C v prostorih. Kakor je prikazano v Preglednici 24 bi bila potrebna letna energija za hlajenje $9,61 \text{ kWh/m}^3$. V času hlajenja so vse vrednosti dobitkov in izgub občutno manjše kot v obdobju ogrevanja, kar je razumljivo, saj je obdobje hlajenje krajše od obdobja ogrevanja, ki traja 260 dni na leto.

Za ogrevanje potrebujemo na letni ravni $42,62 \text{ kWh/m}^3$, kar je izboljšanje za 16 % v primerjavi s trenutnim stanjem ($50,65 \text{ kWh/m}^3$). Vendar pa tekom leta potrebujemo energijo tako za ogrevanje kot za hlajenje, kar se pozna tudi v porabi letne primarne energije, ki se zmanjša le za 8 % (iz $2.225.605 \text{ kWh}$ v trenutnem stanju na $2.048.092 \text{ kWh}$)

Preglednica 24: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z dodatno izolacijo strehe pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za dodatno izolacijo strehe	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,83	1,00
max H_T' [$\text{W/m}^2\text{K}$]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	2.048.092	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m^3]	42,62	50,65
max Q_{NH} [kWh/m^3]	11,18	11,18
Q_{NC} [kWh/m^3]	9,61	0,00
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m^3]	41,47	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m^3]	17,85	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m^3]	59,32	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m^3]	10,94	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m^3]	7,26	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m^3]	18,20	19,66
transmisijske izgube (hlajenje) [kWh/m^3]	2,75	0,00
ventilacijske izgube (hlajenje) [kWh/m^3]	1,19	0,00
skupne izgube (hlajenje) [kWh/m^3]	3,94	0,00
notranji dobitki (hlajenje) [kWh/m^3]	1,63	0,00
solarni dobitki (hlajenje) [kWh/m^3]	1,66	0,00
skupni dobitki (hlajenje) [kWh/m^3]	3,29	0,00

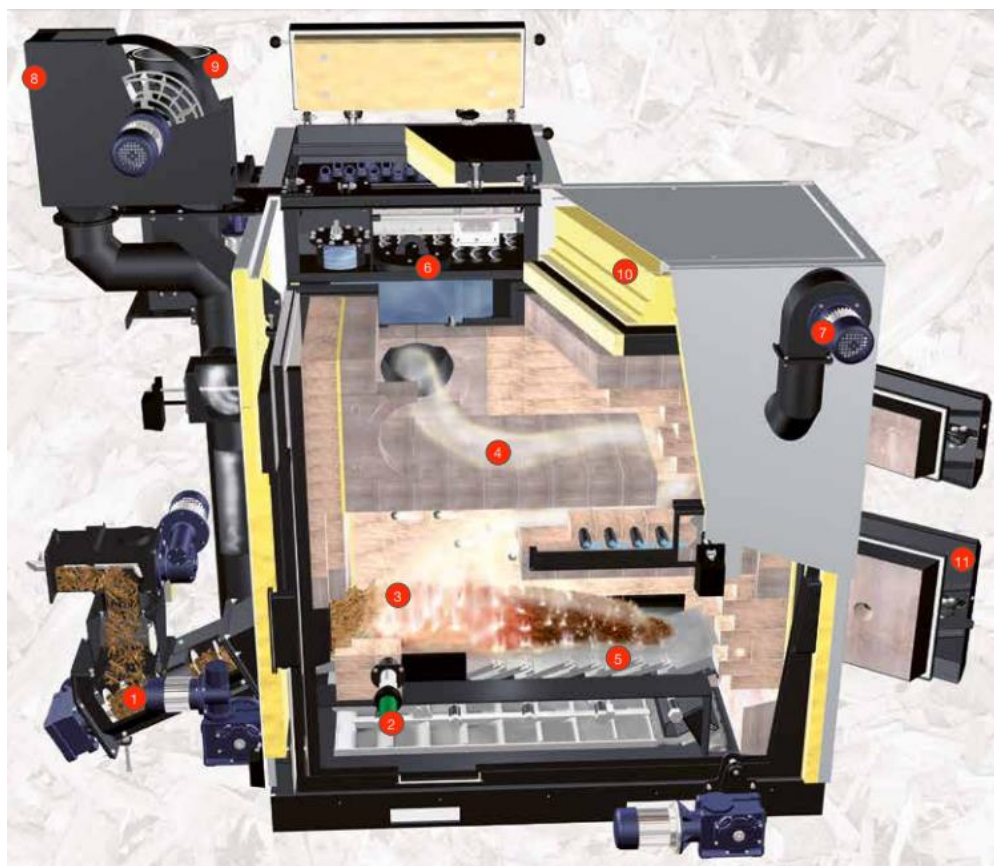
5.3.3 Zamenjava energenta

Trenutno se objekt ogreva na ELKO, kar ni okolju prijazno, hkrati pa povzroča velike stroške. Naprava za ogrevanje je dokaj dotrajana in z nizko učinkovitostjo. Analizirali bomo kakšen vpliv bi imelo, če trenutno peč zamenjamo s pečjo na lesene sekance, ki je eden od predlogov že izdelanih študij iz poglavja 4.3. Narejena bo tudi analiza za primer vgradnje toplotne črpalke voda voda, ki ima zelo dobro učinkovitost in bi bil izvedljiv ukrep, saj se je v bližini jezero. Domnevamo, da menjava

energenta ne bo vplivala na letno potrebno toploto za ogrevanje, bo pa vplivala na letno rabo primarne energije.

Kotel na lesno biomaso bi se nahajal na lokaciji oranžerije, ki je samostojen objekt, ločen od Vile Bled, vendar v njeni neposredni bližini. Tam bi bil tudi prostor za zalogovnik za lesene sekance. Ogrevanje na lesene sekance s kotlom prikazanim na Sliki 33 velja za okolju prijazno zaradi nizkih emisij CO₂ in hkrati tudi izkorišča lokalne obnovljive vire, kar je težnja prostorskega načrta Občine Bled iz poglavja 3.2.

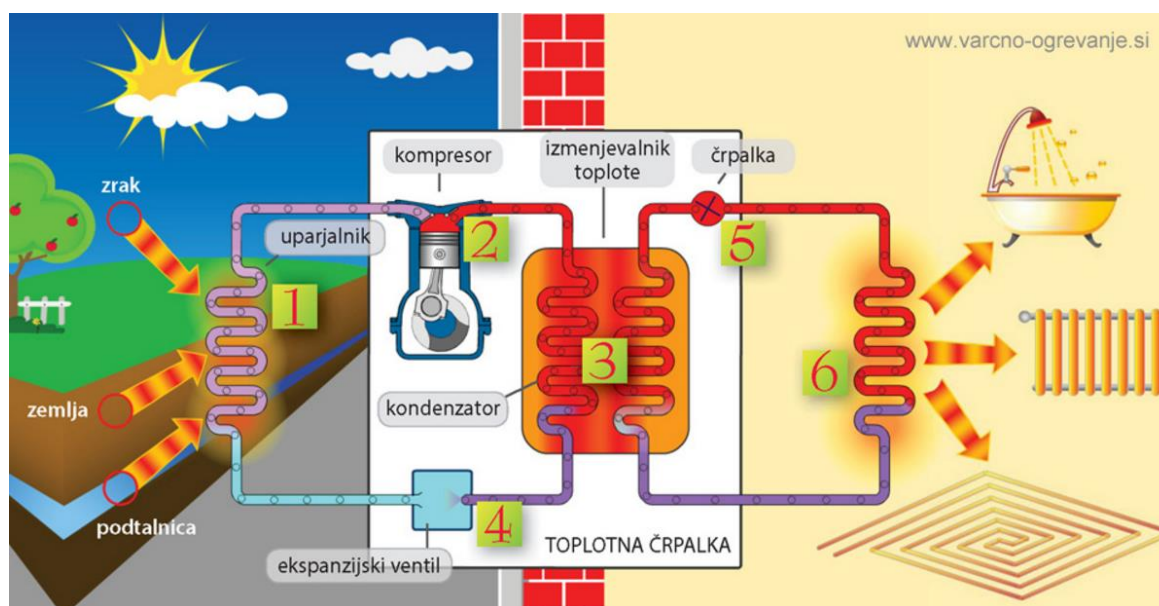
Vhodni podatki za program TOST so enaki kot pri trenutnem stanju, le da na delovnem listu o energentih izberemo, da se objekt ogreva z leseno biomaso in da se z njo pripravlja tudi topla voda. Pri vhodnih podatkih v program ostane vse isto kot pri trenutnem stanju, spremenimo le izbiro energenta pri ogrevanju in topli vodi na lesno biomaso in faktor generacije pri obeh na 0,9, ker bi bil novi kotel bolj učinkovit kot trenutni.



Slika 33: Prikaz delovanja peči na lesene sekance.
(vir: [32])

V našem primeru bi imela toplotna črpalka za delovno snov vodo iz Blejskega jezera, saj ima na nekaj metrih globine voda stalno temperaturo. Odlikuje jo zelo dobra učinkovitost v primerjavi z drugimi načini ogrevanja (kot npr. zemeljski plin ipd.). Delovanje toplotnih črpalk je prikazano na Sliki 34. COP faktor toplotnih črpalk ali grelna števila opisuje njihovo učinkovitost in pomeni razmerje med pridobljeno toplotno energijo in porabljeno električno energijo, ki je potrebna za delovanje toplotne

črpalke. Po podatkih Gradbenega inštituta ZRMK je COP pri toplotnih črpalkah voda voda lahko 5 ali celo več [33], kar je zelo dobro v primerjavi ogrevanja z ostalimi energenti (npr. lesna biomasa ipd.). V program vnesemo vhodne podatke enako kot pri trenutnem stanju, spremenimo le energent pri ogrevanju in topli vodi na električno energijo in pri učinkovitosti spremenimo faktor generacije na število 5.



Slika 34: Prikaz delovanja toplotne črpalke.
(vir: [34])

Na tem mestu je še potrebno povedati, da bi se moralo z morebitno vgradnjo toplotne črpalke, položiti tudi cevi od mesta, kjer bi se črpalka nahajala do jezera. To bi za sabo potegnili razkopavanje neposredne okolice Vile Bled, ki pa je, kot že na začetku omenjeno, tudi kulturnovarstveno zaščiten. Potrebno bi bilo soglasje ZVKD in po vsej verjetnosti prisotnost arheologa pri izkopavanjih, če bi prišlo do najdb.

V Preglednicah 25 in 26 so navedeni rezultati pridobljeni s programom TOST za predloga za izboljšanje energetske bilance in sicer vgraditev kotla na lesene sekance in vgraditev toplotne črpalke voda voda. Zamenjava načina ogrevanja objekta ne posega v njegov toplotni ovoj, zato lahko v obeh primerih ugotovimo, da se izgube in dobitki od trenutnega stanja ne spreminjajo, prav tako ne potrebna toplota za ogrevanje in koeficient specifičnih transmisijskih izgub. Razliko opazimo pri rabi primarne energije. Gre za energijo, ki je potrebna za delovanje stavbe. V kolikor spreminjamo sestavne karakteristike zunanega ovoja, stanja ne izboljšamo bistveno, pri menjavi energenta pa so razlike očitne. Z vgradnjo toplotne črpalke voda voda, se letna raba primarne energije zniža za 54%, medtem bo se pri uporabi lesne biomase raba energije zniža za približno 80%. Razlika med zadnjima ukrepoma nastaja, ker se letna primarna energija po TSG4 določa tako, da se letna dovedena energija za delovanje sistemov v stavbi pomnoži s faktorjem pretvorbe, ki je odvisen od uporabljenega energenta. Le-ta je pri električni energiji, ki poganja toplotno črpalko 2,5, pri lesni biomasi pa je izjemno nizek in sicer 0,1.

Preglednica 25: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z vgraditvijo kotla na lesene sekance pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za vgraditev kotla na lesene sekance	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [W/m ² K]	1,00	1,00
max H_T' [W/m ² K]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	467.019	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m ³]	50,65	50,65
max Q_{NH} [kWh/m ³]	11,18	11,18
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	50,30	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	18,19	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	68,49	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	11,68	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	7,98	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	19,66	19,66

Preglednica 26: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z vgraditvijo toplotne črpalke voda voda pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za vgraditev toplotne črpalke voda voda	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [W/m ² K]	1,00	1,00
max H_T' [W/m ² K]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	1.033.836	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m ³]	50,65	50,65
max Q_{NH} [kWh/m ³]	11,18	11,18
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	50,30	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	18,19	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	68,49	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	11,68	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	7,98	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	19,66	19,66

5.3.4 Kombinacija ukrepov

V prejšnjem poglavju smo analizirali posamezne predloge za prenovo in pregledali na katere količine imajo vpliv. Pri primerjanju različnih zasteklitev se je za najbolj ugodno (z vidika najmanjše porabe letne energije za ogrevanje) izkazal izbor kombinacije zasteklitve 3a po celotnem ovoju stavbe. V primeru da bi kombinirali ta ukrep z dodatno izolacijo strehe, je bilo s programom TOST izračunano, da bi dobili potrebno energijo za hlajenje, torej bi se stavba v poletnih mesecih pregrevala. Ta ukrep ni zaželen, saj ne želimo v objekt vgrajevati naprav za hlajenje. Zato bo v nadaljevanju predstavljen izbor zasteklitev 3a (na južni, vzhodni in zahodni strani) in 13b (na severni strani) v kombinaciji z drugimi obravnavanimi ukrepi. Vplivov na posamezne količine med posameznimi predlogi za prenovo ne smemo linearno seštevati, zato bomo naredili dve kombinaciji predlogov za prenovo:

- Varianta predlogov 1: vključuje zamenjavo kombinacije zasteklitev 3a in 13b, dodatno izolacijo strehe in zamenjavo energenta z biomaso.

- Varianta predlogov 2: vključuje zamenjavo kombinacije zasteklitev 3a in 13b, dodatno izolacijo strehe in zamenjavo energenta s toplotno črpalko voda voda..

V Preglednicah 27 in 28 so podani rezultati za navedeni varianti. Opazimo lahko, da so vse vrednosti razen rabe primarne letne energije med varianto predlogov 1 in 2 enake. Razlog je v tem, da je v obeh primerih poseg v zunanji ovoj narejen na enak način: dodatna izolacija strehe in kombinacija zasteklitev 3a in 13b. Koeficient specifičnih transmisijских izgub H_T' se z vrednostjo 0,72 izmed vseh do sedaj obravnavanih predlogov najbolj približa mejni vrednosti, čeprav jo še vedno presega za 67 %. Ravno tako velja za letno potrebno toploto, ki z vrednostjo 39,75 kWh/m³ presega mejno vrednost za 3,5-krat.

Do največje razlike pride, če opazujemo letno primarno energijo, ki pri varianti predlogov 1 z vrednostjo 446.911 kWh za več kot 2-krat večja od variante predlogov 2 (931.683 kWh).

Preglednica 27: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z varianto predlogov 1 pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za varianto predlogov 1	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [W/m ² K]	0,72	1,00
max H_T' [W/m ² K]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	446.911	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m ³]	39,75	50,65
max Q_{NH} [kWh/m ³]	11,18	11,18
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	36,95	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	18,06	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	55,01	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	11,36	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	5,08	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	16,44	19,66

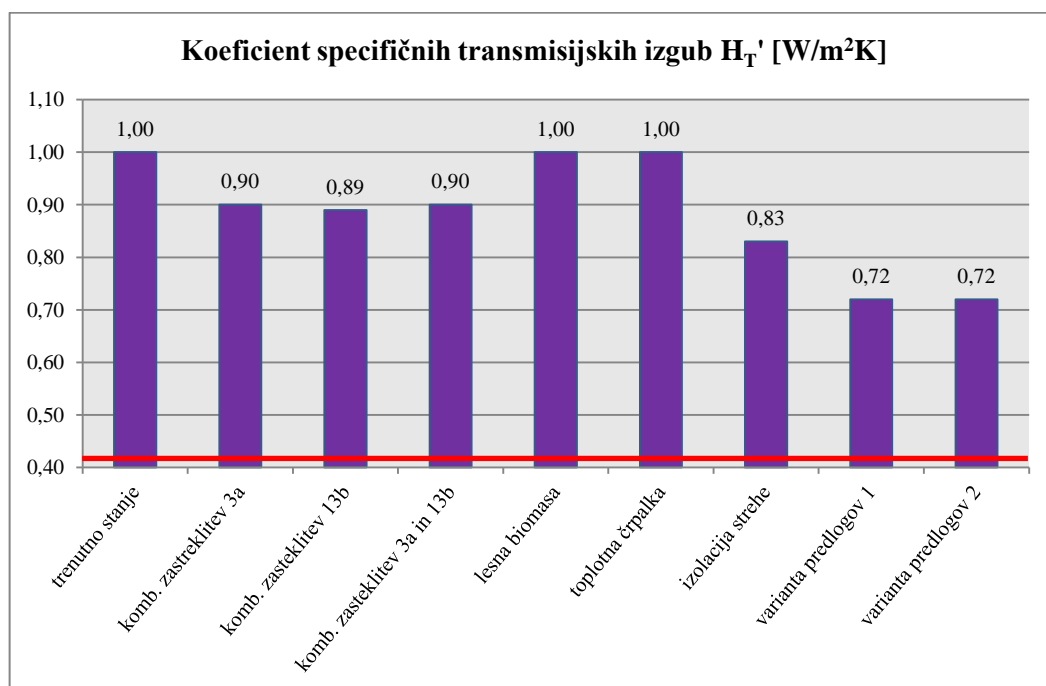
Preglednica 28: Rezultati za izboljšavo energetske bilance objekta z varianto predlogov 2 pridobljeni s programom TOST.

Rezultati	Rezultati za varianto predlogov 2	Rezultati za trenutno stanje
H_T' [W/m ² K]	0,72	1,00
max H_T' [W/m ² K]	0,43	0,43
Q_P [kWh]	931.683	2.225.605
Q_{NH} [kWh/m ³]	39,75	50,65
max Q_{NH} [kWh/m ³]	11,18	11,18
transmisijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	36,95	50,30
ventilacijske izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	18,06	18,19
skupne izgube (ogrevanje) [kWh/m ³]	55,01	68,49
notranji dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	11,36	11,68
solarni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	5,08	7,98
skupni dobitki (ogrevanje) [kWh/m ³]	16,44	19,66

5.3.5 Primerjava med rezultati

V tem poglavju bomo primerjali vse obravnavane predloge za sanacijo po posameznih obravnavanih količinah. Na grafu na Sliki 35 so prikazani vsi obravnavani predlogi za sanacijo in mejna vrednost $0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$, ki je bila izračunana skladno s PURES 2010. Opazimo lahko da so vse vrednosti visoko nad mejo, ki jo predpisuje PURES 2010 in ji tudi s kombinacijo večih predlogov za sanacijo ne bomo mogli zadovoljiti. Po drugi strani pa lahko v primerjavi s trenutnim stanjem bistveno znižamo H_T' .

Za 11% se izguba toplote skozi stavbni ovoj izboljša pri spremembi zasteklitve (na vrednost $0,89 \text{ W/m}^2\text{K}$ pri izbiri kombinacije zasteklitev 13b) in za 17%, če bi bila streha izolirana (na vrednost $0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$). V kolikor bi istočasno izvedla dodatna izolacija strehe in zamenjava stavbnega pohištva s kombinacijami zasteklitev 3a in 13b, bi se H_T' izboljšal za 28% na vrednost $0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pa je še vedno $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ nad dovoljeno mejno vrednostjo, vendar je izboljšanje očitno. Razumljivo je, da se pri menjavi energenta, kjer ne posegamo v toplotni ovoj stavbe koeficient H_T ne spremeni, kar smo omenili že v poglavju 5.3.3.



Slika 35: Graf primerjave koeficienta specifičnih toplotnih izgub med predlogi za sanacijo.

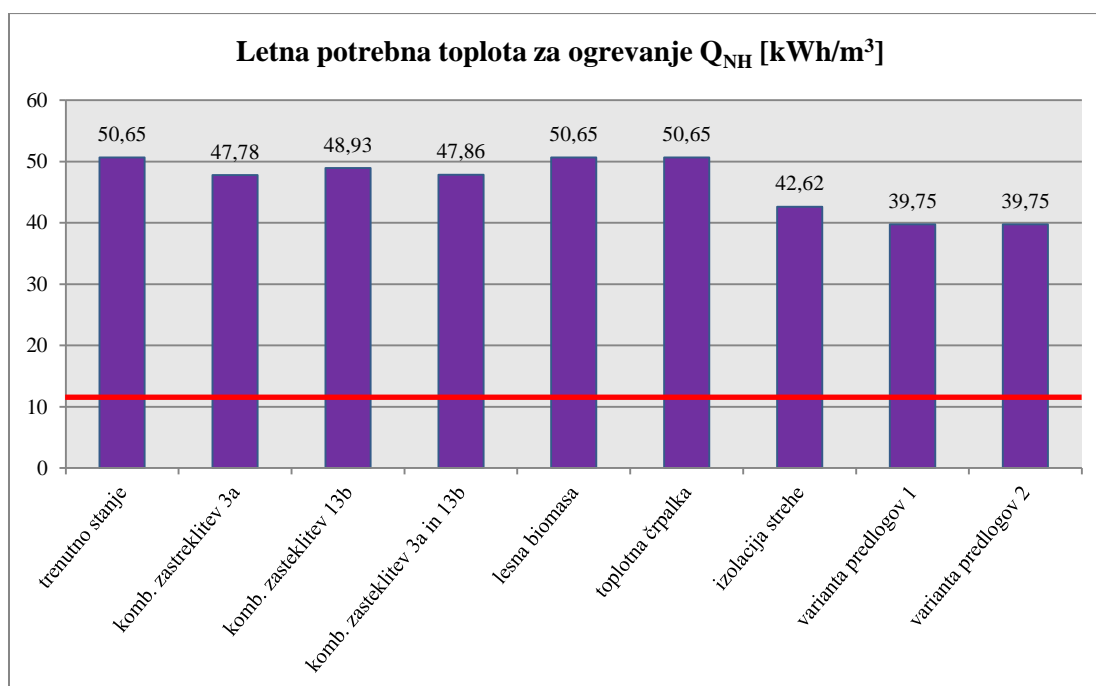
Če pogledamo rezultate ukrepov pri letni potrebni toploti za ogrevanje na grafu na Sliki 36, lahko ugotovimo, da je trend naraščanja in padanja podoben kakor pri koeficientu transmisijskih izgub skozi ovoj stavbe. Višji, ko je ta koeficient, višja je raba potrebne toplote za ogrevanje. Če opazujemo samo posamezne predloge za sanacijo, do največje razlike pride pri izolaciji strehe za 16 % (vrednost pade na $42,62 \text{ kWh/m}^3$) in pri zamenjavi zasteklitve za do 5% (vrednost pade na $47,78 \text{ kWh/m}^3$, če bi uporabili kombinacijo zasteklitev 3a in 13b). Menjava energenta na rabo potrebne toplote za ogrevanje razumljivo ne vpliva. V kolikor bi istočasno zamenjali stavbno pohištvo s kombinacijama zasteklitev 3a in 13b ter dodatno izolirali streho bi potrebovali za 22 % manj letne potrebne toplote za ogrevanje, kot v trenutnem stanju in sicer $39,75 \text{ kWh/m}^3$.

Po PURES 2010 glede na karakteristike stavbe program preračuna največjo dovoljeno potrebno toploto za ogrevanje. V našem primeru ta vrednost znaša 172.894 kWh oziroma preračunano enoto kondicionirane prostornine to znaša 11,18 kWh/m³. Trenutno stanje je od mejne vrednosti večje za faktor 4,5 (50,65 kWh/m³), v kolikor bi objekt sanirali z enim od predlogov varianta 1 ali varianta 2, bi se ta faktor zmanjšal na 3,5.

Če se osredotočimo samo na sledeče predloge za sanacijo:

- kombinacijo zasteklitev 3a,
- kombinacijo zasteklitev 13b,
- kombinacijo zasteklitev 3a in 13b (13b na severni strani in 3a na ostalih straneh)

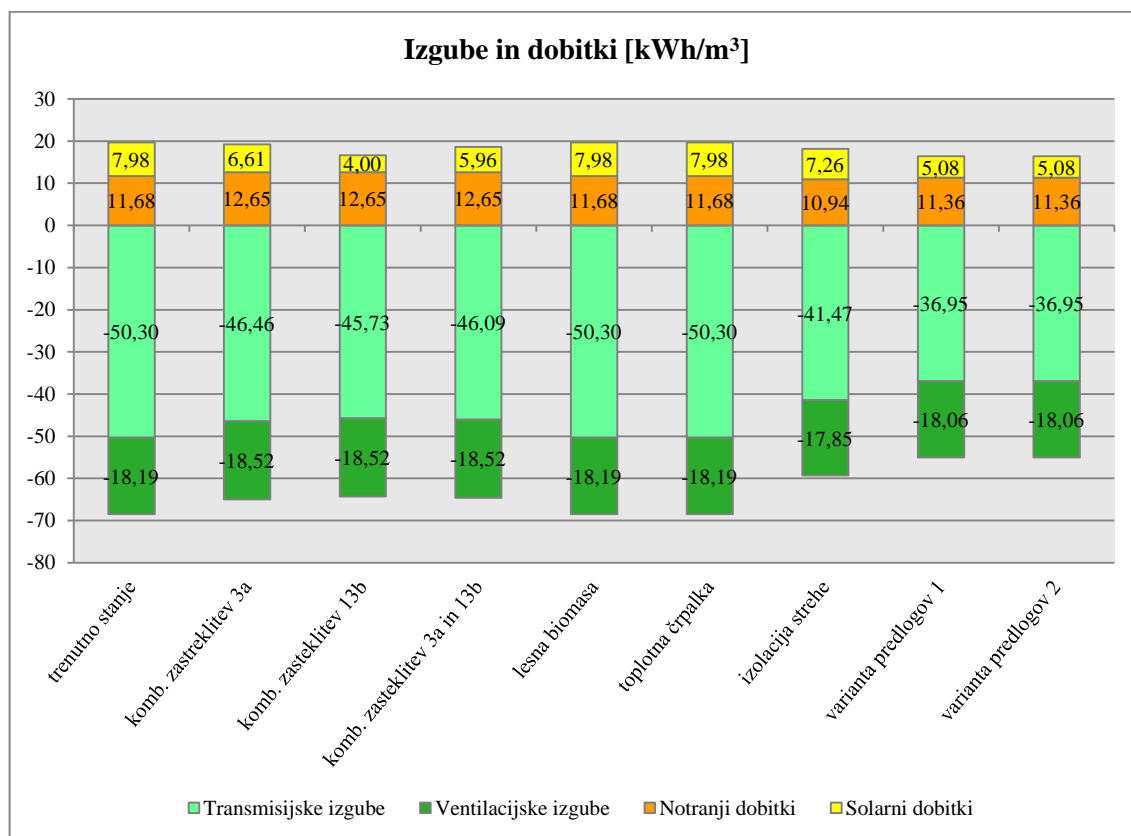
in opazujemo H_T' (Slika 35) in Q_{NH} (Slika 36), vidimo, da kombinacija 13b, ki smo jo izbrali za zasteklitev z zelo nizkim U_g faktorjem sicer ima od izbranih kombinacij zasteklitev najmanjši H_T' , vendar bi zaradi vgraditve take zasteklitve objekt potreboval največ toplote za ogrevanje. Res je, da je izolacija take zasteklitve dobra, vendar je tudi prepustnost za sončno sevanje nizka, kar se odraža v nizkem g faktorju, ki je tudi značilen za kombinacijo zasteklitev 13b.



Slika 36: Graf primerjave letne potrebne toplote za ogrevanje med predlogi za sanacijo.

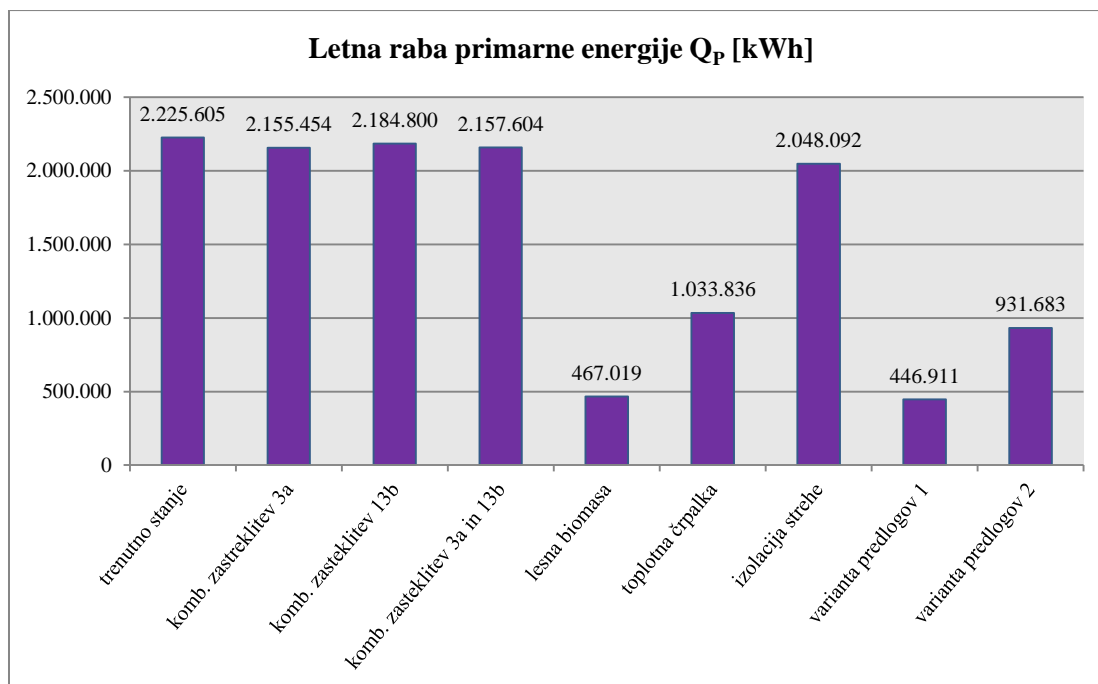
Na grafu na Sliki 37 so prikazani dobitki (notranji in solarni) in izgube (transmisijske in ventilacijske) preračunane na enoto volumna. Ne glede na predloge, ki smo jih analizirali, prezračevanje ostaja enako, zato so tudi ventilacijske izgube pri različnih ukrepih večinoma enake in se gibljejo okrog 18 kWh/m³. Drugače je pri transmisijskih izgubah, kjer je trend naraščanja in padanja podoben kot pri koeficientu specifičnih toplotnih transmisijskih izgub H_T' , ki je bil prikazan na grafu na Sliki 35. Povezava je razumljiva, boljša ko je toplotna izolativnost konstrukcijskih sklopov, nižji je H_T' in manjše so izgube na ta račun.

Pri notranjih dobitkih in prav tako pri solarnih dobitkih ne opazimo razlik pri menjavi energenta in od tega niso odvisni. Notranji dobitki se tudi pri ostalih predlogih ne razlikujejo veliko, od trenutnega stanja se vrednosti razlikujejo po absolutno vrednosti za manj kot 1 kWh/m³ po posameznih predlogih. Pri solarnih dobitkih lahko zaznamo največjo razliko pri spremembi zasteklitve. Spremembe so povezane z g faktorjem zasteklitve, ki pove koliko sončne energije preide skozi zasteklitev. Trenutna zasteklitev ima relativno visok g faktor (0,786) in so zato solarni dobitki tudi visoki ter znašajo 7,98 kWh/m³. Zasteklitev s kombinacijo 3a ima nekoliko nižji g faktor (0,575), kombinacija 13b pa še manjši (0,352). Glede na velikost te vrednosti se nižajo tudi solarni dobitki, in sicer 6,61 kWh/m³ pri kombinaciji zasteklitev 3a in 4,00 kWh/m³ pri kombinaciji zasteklitev 13b. Nekoliko nižje dobitke vidimo tudi pri ukrepu z dodatno izolacijo strehe v primerjavi s trenutnim stanjem. Prehodnost toplote se pri dodatnih 20 cm izolacije bistveno zniža. Zmanjša se prehod toplote iz prostorov v okolje, hkrati pa tudi prehod sončne toplote v prostore skozi konstrukcijski sklop, spremeni se ogrevalna sezona in zato so solarni dobitki nekoliko manjši. Dobitki in izgube so pri predlogih varianta 1 in varianta 2 enaki, ker niso odvisni od izbire energenta, sta pa pri teh dveh primerih združena predloga dodatne izolacije strehe in izbire kombinacije zasteklitev 3a in 13b. Skupne izgube (ventilacijske in transmisijske) pri predlogih varianta 1 in varianta 2 znašajo 55,01 kWh/m³, kar je najmanj v primerjavi z ostali predlogi. Skupni dobitki znašajo 16,44 kWh/m³ in razlika med izgubami in dobitki je tudi najmanjša v primerjavi z ostalimi predlogi, kar je razlog, da z zadnjima dvema predlogoma potrebujemo najmanj letne potrebne toplote za ogrevanje, kakor prikazano na grafu zgoraj na Sliki 36.



Slika 37: Graf izgub in dobitkov med predlogi za sanacijo.

Pri prejšnjih obravnavanih količinah izbira energenta ni vplivala na rezultate. Ravno obratno je pri opazovanju letne rabe primarne energije, ki je prikazana na grafu na Sliki 38. Opazimo lahko, da pri poseganju v stavbni ovoj (zamenjava zasteklitev in izolacija strehe) ne vplivamo veliko na rabo primarne energije, menjava energenta pa izrazito. Najnižjo vrednost da predlog varianta 1, ki z 446.911 kWh izboljša trenutno porabo primerne energije (2.225.604 kWh) za 5-krat.



Slika 38: Graf letne rabe primarne energije med predlogi za sanacijo.

Letnega potrebnega hladu ne dobimo pri nobenem od obravnavanih ukrepov razen nekaj pri ukrepu z izolacijo strehe in sicer 9 kWh/m^3 . V primeru, da bi se odločili samo za poseg z dodatno izolacijo strehe, bi morali objekt v poletnem času hladiti, kar pa posledično pomeni dodatne investicije, kar pa si trenutni upravljavec. V kolikor se sanacija izvede celostno in se sočasno izvede več ukrepov (kot že predstavljeni varianti predlogov 1 in 2), za objekt ne potrebujemo energije za hlajenje, kar pomeni, da ne pride do pregrevanja v poletnem času in ni potrebe po dodatnem klimatiziranju.

6 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil analizirati trenutno energetska učinkovitost objekta Vile Bled in v skladu z dovoljenimi posegi v zunanji ovoj predlagati način sanacije. Pregledana je bila zakonodaja z vidika energetske učinkovitosti s poudarkom na PURES 2010, ki predpisuje uporabo TSG4. Omejitve predpisane v omenjenih dokumentih so bile vzete kot vrednosti h katerim smo težili z zavedanjem, da so za obravnavan objekt težko dosegljive, zaradi omejenih posegov v stavbni ovoj. Kulturnovarstvena zaščitnost stavbe preprečuje izvedbo običajnih ukrepov pri sanacijah kot npr. dodajanje toplotne izolacije po zunanjih stenah na zunanji strani, saj v zunanji izgled objekta ne smemo posegati. Opravljen je bil pregled objekta, pogovori z zaposlenimi na Vili Bled in pogovori z vodstvom podjetja, ki je trenutno upravljavec objekta o namelih, ki jih imajo z objektom v prihodnje. Prav tako so bile pregledane že izdelane študije, ki so že podale predloge za energetska sanacijo in pridobljeni kulturnovarstveni pogoji, ki so bili na podlagi ene od študij izdani v letu 2012.

Analizirani so bili konstrukcijski sklopi in preverjena njihova ustreznost z omejitvami TSG4. Ugotovljeno je bilo, da z vidika toplotne prehodnosti noben od konstrukcijskih sklopov ne ustreza zahtevam in od njih bistveno odstopajo. V dovoljenih posegih v prostor bi se z dodatno izolacijo lahko izboljšala le streha in bi imela toplotno prehodnost manjšo od predpisane $0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$. Z izračunom osončenosti objekta smo dobili vpliv lege in senčenja okolice na zajem sončnega sevanja. Podatki, pridobljeni z analizo ustreznosti konstrukcijskih sklopov in izračun osončenosti so bili tudi podatki potrebni pri oceni energetske bilance trenutnega stanja, če bi objekt obratoval tekom celega leta. PURES 2010 predpisuje mejno vrednost potrebne letne toplote za ogrevanje, ki za obravnavan objekt znaša $11,18 \text{ kWh/m}^3$. Ocenjeno trenutno stanje presega navedeno vrednost za faktor 5. Prav tako je letna poraba primarne energije s $2.225.605 \text{ kWh}$ izredno visoka.

Obravnavani predlogi za sanacijo so bili: zamenjava stavbnega pohišstva s tremi obravnavanimi kombinacijami zasteklitev, dodatno izolirana streha in zamenjava energenta z lesno biomaso ali toplotno črpalko voda voda. Pregledali smo kako posamezni ukrepi vplivajo na posamezne količine. Zamenjava stavbnega pohišstva in izolacija najbolj vplivata na potrebno letno toploto za ogrevanje, medtem ko zamenjava energenta za ogrevanje najbolj na letno primarno energijo. Na koncu je bilo ugotovljeno, da se najbolj približamo priporočenim vrednostim po PURES 2010 s kombinacijo obravnavanih ukrepov, kjer na severno stran objekta namestimo zasteklitve z nižjo toplotno prehodnostjo, na ostale stranice zasteklitev z višjo prepustnostjo za sončno sevanje, dodatno izoliramo streho in zamenjamo energent z lesno biomaso. S tako kombinacijo ukrepov še vedno presegamo največjo potrebno letno toploto za faktor 3,5, vendar je razlika očitna. Prav tako bistveno zmanjšamo porabo primarne letne energije in sicer za faktor 5.

Z izvedenimi predlogi nismo dosegli kriterijev, ki jih predpisuje zakonodaja na področju energetske učinkovitosti, vendar se stanje v primerjavi bistveno izboljša. S primerno sanacijo objekta bi se zmanjšali tudi stroški obratovanja, kar bi omogočalo, da bi hotel obratoval tekom celega leta in ne samo v toplejših mesecih, ko so stroški ogrevanja nižji. Na objektu so okna že dotrajana, prav tako obstoječi kotel na ELKO, dodatna izolacija na strehi pa z izvedbenega vidika ne predstavlja večjega

problema. Videti je, da upravljavec razmišlja o investiciji za sanacijo in glede na pridobljeno znanje in rezultate te diplomske naloge bi predlagali, da je pomembno kakšne zasteklitve se vgrajujejo in kateri energent za ogrevanje se izbere.

7 VIRI

- [1] Občinski prostorski načrt Občine Bled. 2014. Uradno glasilo slovenskih občin.
<http://www.e-bled.si/wp-content/uploads/veljavni-predpisi-obcine/Ob%C4%8Dinski-prostorski-na%C4%8Drt-01082014.pdf> (Pridobljeno 7.7.2016)
- [2] McMullan, R. 2007. Environmental Science in Building. New York, Palgrave Macmillan: 390 str.
- [3] Učinkovita raba energije. Ministrstvo za infrastrukturo.
http://www.mzi.gov.si/si/delovna_podrocja/energetika/ucinkovita_raba_energije/ (Pridobljeno dne 29.7.2016)
- [4] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS 52-2856/2010: 7840.
- [5] Akcijski načrt za energetske učinkovitost.
<http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/akcijski-nacrt-za-energetske-ucinkovitost/> (Pridobljeno dne 29.7.2016)
- [6] Energijska učinkovitost pri novogradnjah in prenovi stavb.
<http://energetskaizkaznica.si/nasveti/energijska-ucinkovitost-pri-novogradnjah-in-prenovi-stavb/>
(Pridobljeno dne 29.7.2016)
- [7] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Tehnična mernica št. 0071-101/2009
- [8] Hajdinjak, R., 2009. Gradimo s steklom.
http://www.reflex.si/si/files/default/knjiga-gradimo-s-steklom/Gradimo_s_steklom_Book_SLO_web.pdf (Pridobljeno dne 15.4.2016)
- [9] Opis nepremičnine kulturne dediščine Vila Bled. 2016. Register nepremičnine kulturne dediščine.
<http://giskd2s.situla.org/rkd/Opis.asp?Esd=13106> (Pridobljeno 7.7.2016)
- [10] Opis nepremičnine kulturne dediščine Grobišče v Mlinem. 2016. Register nepremičnine kulturne dediščine.
<http://giskd2s.situla.org/rkd/Opis.asp?Esd=13079> (Pridobljeno 7.7.2016)
- [11] Zemljevid Slovenije s prikazom lokacij objektov in območij varovanih kot kulturna dediščina. 2016. Register nepremičnine kulturne dediščine.
<http://giskd6s.situla.org/giskd/> (Pridobljeno dne 7.7.2016)
- [12] SIST EN 12207: 2000. Okna in vrata – Odpornost proti obremenitvam z vetrom – Klasifikacija – *Windows and doors – Resistance to wind load – Classification.*
- [13] Mravlje, N. 2016. Vila, iz katere je Titov gost odnesel posteljo, v njej pa sta prespala tudi McCartney in montypythonovec.
<http://siol.net/trendi/kultura/vila-iz-katere-je-titov-gost-odnesel-posteljo-v-njej-pa-sta-prespala-tudi-mccartney-in-montypythonovec-414453> (Pridobljeno dne 6.7.2016)
- [14] Slikovni prikaz zunanosti in notranosti Vile Bled. 2016. Booking.com B.V.
<http://www.booking.com/hotel/si/vila-bled.sl.html> (Pridobljeno dne 3.8.2016)

- [15] Krainer, A., Perdan, R.. 2012. Računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [16] Razširjen energetski pregled Vile Bled. 2014. Generalni sekretariat vlade RS.
- [17] Grobovšek, B.. Gradbeni inštitut ZRMK. Toplotna zaščita ravnih streh.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT18.htm> (Pridobljeno dne 23.8.2016)
- [18] Krainer, A., Perdan, R.. 2012. Računalniški program TOST. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [19] Krainer, A., Perdan, R. 2012. Računalniški program TOST – Uporabniški priročnik. Ljubljana, UL FGG, KSKE: 47 str.
- [20] Trimble Navigation Limited. 2016. Računalniški program Google SketchUp Make 2016 User.
- [21] Huizenga, C., Arasteh, D., Curcija, C. idr. 2016. Program Berkeley Lab Window v7.4.8.0. Regents of the University of California.
- [22] 1 Načrt arhitekture. 2014. Generalni sekretariat vlade RS
- [23] Spletna stran podjetja Glas Trösch Holding AG.
<https://www.glastroesch.com/en/home.html> (Pridobljeno dne 5.8.2016)
- [24] Euroglas. 2014. Products and Data.
https://www.euroglas.com/uploads/tx_lwgtbrochures/EUROGLAS%20Products%20and%20Data.pdf
(Pridobljeno dne 2.6.2016)
- [25] Uw prevodnosti oken nagode. 2016. Okna in vrata Nagode d.o.o.
http://nagode.si/okna/uw_vrednosti_oken/ (Pridobljeno dne 16.6.2016)
- [26] Klimatološka povprečja 1981-2010 za lokacijo Lesce.
http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/table/sl/by_location/lesce/climate-normals_81-10_Lesce.pdf (Pridobljeno 8.6.2016)
- [27] Toplotna prehodnosti in difuzija vodne pare. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. Katerdra za stavbe in konstrukcijske elemente.
<ftp://ftp.fgg.uni-lj.si/Sendable/Patricia/STAVBARSTVO/Stavbarstvo%20II%202009-10/%8Eiva%20Teorija%20PDFji/3toplotna%20prehodnost%20in%20difuzija%20vodne%20pare.pdf>
(Pridobljeno dne 26.7.2016)
- [28] Glas Trösch AG – spletna stran podjetja. 2016. Glas Trösch Holding AG.
<https://www.glastroesch.com/en/home.html> (Pridobljeno dne 15.7.2016)
- [29] Grobovšek, B. Uporaba stekla v gradbeništvo (plin argon ekonomsko upravičen).
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT155.htm> (Pridobljeno dne 15.7.2016)
- [30] Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, Agencija RS za učinkovito rabo energije. Energijsko učinkovita okna in zasteklitve.
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-10.PDF> (Pridobljeno dne 17.7.2016)
- [31] Hall, A., 2016. Računalniški program SunHours.

[32] Delovanje kotla na lesno biomaso. 2014. Eko les energetika d.o.o.

<http://ekoles.si/wp-content/uploads/2014/09/turbomat.pdf> (Pridobljeno dne 27.7.2016)

[33] Grobovšek, B., 2007. Gradbeni inštitut ZRMK. Primerjava učinkovitost toplotnih črpalk za ogrevanje.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT318.htm> (Pridobljeno dne 15.7.2016)

[34] Delovanje toplotne črpalke. Diem d.o.o.

<http://www.varcno-ogrevanje.si/delovanje-toplotne-crpalke.html> (pridobljeno 27.7.2016)

KAZALO PRILOG

PRILOGA A	Kulturnovarstveni pogoji izdani leta 2012
PRILOGA B	Rezultati osončenosti za južno in vzhodno stran
PRILOGA C	Rezultati osončenosti za severno in zahodno stran
PRILOGA D	Rezultati osončenosti za horizontalne površine
PRILOGA E	Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – zunanja stena proti zraku
PRILOGA F	Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – zunanja stena proti terenu
PRILOGA G	Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – obstoječi strop
PRILOGA H	Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – tla na terenu
PRILOGA I	Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – medetažna konstrukcija
PRILOGA J	Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – dodatno izoliran strop

PRILOGA A: Kulturnovarstveni pogoji iz leta 2012

Jagodić, Marolt

Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije



Območna enota Kranj

JAVNI GOSPODARSKI ZAVOD
PROTOKOLARNE STORITVE
REPUBLIKE SLOVENIJE

Prejeto 26-09-2012	Sig.z.:
Šifra zadeve: 3314-2/2012-1	Pril.:
	Vred.:

Številka: I-739/3-12
Datum: 24.09.2012

Javni zavod Republike Slovenije za varstvo kulturne dediščine, Območna enota Kranj, Tomšičeva 7, 4000 Kranj, izdaja na podlagi 1. ročke drugega odstavka 84. člena Zakona o varstvu kulturne dediščine (Uradni list RS, št. 16/08, 123/08, 8/11 in 30/11-Odl. US; v nadaljnjem besedilu: ZVKD-1) na zahtevo stranke JGZ Protokolarne storitve Brdo, Predoslje 39, 4000 Kranj, ki jo zastopa Iris Kociper Haas, v.d. direktorja, v zadevi izdaje kulturnovarstvenih pogojev za poseg v registrirano nepremično dediščino, naslov: Vila Bled, Cesta svobode 18, 4260 Bled, št. EŠD: 13106 Bled – Vila Bled, nepremičnina parc. št. 876/1, 876/2 in 877/5, vse k.o. Želeče, naslednje

KULTURNOVARSTVENE POGOJE

I. Investitor JGZ Protokolarne storitve Brdo, Predoslje 39, 4000 Kranj mora pred posegom zamenjave oken v registrirani nepremični dediščini, naslov: Vila Bled, Cesta svobode 18, 4260 Bled, št. EŠD: 13106 Bled – Vila Bled, nepremičnina parc. št. 876/1, 876/2, 877/5, vse k.o. Želeče, izpolniti naslednje kulturnovarstvene pogoje:

- 1.) dovoljena je zamenjava oken v stavbi vile Bled pod pogojem, da so nova okna lesena in oblikovana identično, kot obstoječa okna. V prtiličju naj bodo nova okna izdelana iz hrastovega lesa brez opleskov, v nadstropjih pa so lahko izdelana iz smrekovega lesa in pleskana v beli barvi. (Izvirno so bili v nadstropjih okvirji izdelani v naravnem lesu, krila pa so bila pleskana belo).
- 2.) Velikih polkrožnih oken ni dovoljeno členiti.
- 3.) Okovje naj bo čimbolj slično obstoječemu okovju. Predlagamo, da izbrano okovje in vzorec okna potrdi pristojni konservator ZVKDS.

II. Investitor mora pred začetkom izvajanja posega opraviti naslednje predhodne raziskave: raziskave niso potrebne.

III. Kulturnovarstveni pogoji veljajo 1 leto od dneva njihove vročitve investitorju.

IV. Stroški organu v tem postopku niso nastali; investitor sam krije svoje stroške postopka.

Obrazložitev:

Drugi odstavek 49.c člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04-UPB1 – uradno prečiščeno besedilo (14/05 popr.), 92/05-ZJC-B, 93/05-ZVMS, 111/05-Odl.US, 120/06-Odl.US, 126/07, 57/09-Skl.US, 108/09; 61/10-ZRud-1 (62/10-popr.), 20/11-Odl.US in 57/12; ZGO-1) določa, da so s posebnimi predpisi določena varovana območja, v katerih je treba pridobiti posebno soglasje zaradi varstvenega režima, ki velja na teh območjih oziroma nepremičninah.

Prvi odstavek 29. člena ZVKD-1 tako določa, da je pred izdajo kulturnovarstvenega soglasja, razen za soglasje za raziskave ali za iskanje arheoloških ostalin, treba pridobiti kulturnovarstvene pogoje Javnega zavoda Republike Slovenije za varstvo kulturne dediščine. Pridobitev in upoštevanje

Tomšičeva 7, SI-4000 Kranj
telefon: +386 (0)4 280 73 11, telefaks: +386 (0)4 280 73 29
e-pošta: tajnistvo.ockranj@zvkds.si

Registracija: 1/32177/02, Matična številka: 1423215-001
Standardna kvalifikacija dejavnosti/šifra podrazreda: 92.522
Davčna številka: 45901413

Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije

kulturnovarstvenih pogojev je pogoj za izdajo kulturnovarstvenega soglasja, ki je podlaga za izvedbo posega v nepremično kulturno dediščino.

Kulturnovarstveno soglasje, pred tem pa kulturnovarstvene pogoje, je v skladu s 1. alineo drugega odstavka 28. člena ZVKD-1 potrebno pridobiti tudi za vzdrževalna dela, ki posegajo v varovane vrednote in služijo ohranitvi spomenika. Vzdrževalna dela se štejejo za poseg v dediščino, če kakor koli spreminjajo videz, strukturo, notranja razmerja in uporabo dediščine ali če dediščino uničujejo, razgrajujejo ali spreminjajo njeno lokacijo (26. točka prvega odstavka 3. člena ZVKD-1).

V skladu s četrtnim odstavkom 29. člena ZVKD-1 se kulturnovarstveni pogoji za poseg v spomenik ali vplivno območje spomenika določijo v skladu z aktom o razglasitvi ali z določbami prostorskega akta oziroma akta o določitvi varstvenih območij dediščine, za poseg v registrirano nepremično dediščino pa v skladu z določbami prostorskega akta ali akta o določitvi varstvenih območij dediščine.

Javni zavod Republike Slovenije za varstvo kulturne dediščine, Območna enota Kranj, (v nadaljnjem besedilu: ZVKDS), je dne 19.09.2012 prejel zahtevo investitorja za pridobitev kulturnovarstvenih pogojev za poseg v Vilo Bled, naslov: Cesta svobode 18, 4260 Bled, št. EŠD: 13106 Bled – Vila Bled, nepremičnina parc. št. 876/1, 876/2, 877/5, vse k.o. Želeče. Investitor zahtevi ni priložil nobene dokumentacije:

Iz investitorjeve zahteve izhaja, da namerava opraviti naslednji poseg: zamenjati okna v celorni stavbi. Pooblaščenca ZVKDS je dne 21.09.2012 opravila razgovor s pooblaščenim predstavnikom investitorja Francijem Jagodcem v zvezi s predvidenimi posegi in finančnih omejitvah investitorja in pregledala arhivsko dokumentacijo v zvezi z izvirnim izgledom stavbe.

Podlaga za določitev teh kulturnovarstvenih pogojev je kulturnovarstveni režim, ki je določen:

1. v 39. členu PUP planska celota Bled (Ur. l. RS št. 54/2004, 96/2004, 120/2005).

Navedeni kulturnovarstveni režim določa:

39. člen (kulturna dediščina)

Sestavni del tega odloka je kulturna dediščina, registrirana po predpisih o kulturni dediščini, razvidna iz Strokovnih podlag za varstvo kulturne dediščine za spremembe in dopolnitve prostorskih sestavin dolgoročnega in srednjeročnega plana občine Bled, ki jih je izdelal Zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine v Kranju v letu 2001. Vse registrirane enote kulturne dediščine, njihova vplivna območja in območje kompleksnega varstva kulturne dediščine so razvidne iz grafičnega dela tega odloka oziroma iz zgoraj navedenih Strokovnih podlag.

Kulturno dediščino varujemo optimalno v njenem vplivnem območju, kar predstavlja poleg njene fizične ohranitve tudi ohranitev skladne krajinske podobe, ohranitev obstoječih funkcionalnih navezav in gospodarske osnove ter celovitosti.

Za vse vrste posegov, na objekte ali v območja kulturne dediščine in za posege, ki bi vplivali na vedute na enote kulturne dediščine, je potrebno pred izdelavo projekta pridobiti kulturnovarstvene pogoje ter k projektni dokumentaciji kulturnovarstveno soglasje.

2. oziroma v 132. členu (varstvene usmeritve registrirane dediščine) ZVKD -1:

Navedeni kulturnovarstveni režim določa:

Če v registru za registrirano dediščino, ki je bila vanj vpisana do uveljavitve tega zakona, ni drugače določeno, se pri posegih vanjo, za katere je po predpisih, ki urejajo graditev, potrebno gradbeno

Tomšičeva 7, SI 4000 Kranj
telefon: +386 (0)4 280 73 11, telefaks: +386 (0)4 280 73 29
e-pošta: tajnistvo.oekranj@zvkd.si

Registracija: 1/32177/02, Matična številka: 1423215-001
Standardna kvalifikacija dejavnosti/šifra podrazreda: 92.522
Davčna številka: 45991413

Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije

dovoljenje, upoštevajo naslednje varstvene usmeritve za prostorsko načrtovanje in za izdajanje kulturnovarstvenih soglasij:

- pri posameznih nepremičninah: ohranjajo se njihovi gabariti, zunanjščina, razmerja s sosednjimi nepremičninami in njihova uporaba.

ZVKDS je glede na določen kulturnovarstveni režim izrekel naslednje kulturnovarstvene pogoje, in sicer:

1.) dovoljena je zamenjava oken zaradi dotrajanosti in energetske potratnosti (predvidena je vgradnja termopan zasteklitve), pri čemer ni dovoljeno spreminjati izgleda fasad, zato morajo nova okna vključno z okovjem ohraniti izvorno substanco in izgled. Investitorju se določi obveznost potrditve vzorcev (oblika oken in okovje) za izvedbo pred samim pričetkom del.

ZVKDS je na podlagi vsega navedenega odločil, da je predlagani poseg investitorja možen v obsegu in na način, kot je določen v izreku teh kulturnovarstvenih pogojev.

Ti kulturnovarstveni pogoji veljajo 1 leto od dneva njihove vročitve investitorju.

Na izvedbeno projektno dokumentacijo, ki upošteva izdane kulturnovarstvene pogoje, si mora investitor v skladu z 28. členom ZVKD-1 pridobiti kulturnovarstveno soglasje.

Stroški postopka:

Prvi odstavek 113. člena Zakona o splošnem upravnem postopku (Uradni list RS, št. 80/99, z nadaljnjimi sprem. in dopoln.; ZUP) določa, da gredo stroški, ki nastanejo organu ali stranki med postopkom ali zaradi postopka v breme tistega, na katerega zahtevo se je postopek začel. Ker se ta odločba izdaja na podlagi zahteve investitorja, je ZVKDS zaradi navedenih določil odločil, da investitor sam krije svoje stroške postopka, organu pa stroški v postopku niso nastali.

Kulturnovarstveni pogoji so oproščeni plačila upravne takse po 22. točki 28. člena Zakona o upravnih taksah (Uradni list RS, št. 106/10-UPB4 – uradno prečiščeno besedilo; v nadaljnjem besedilu: ZUT).

POUK O PRAVNEM SREDSTVU:

Zoper izdane kulturnovarstvene pogoje je v petnajstih (15) dneh od vročitve dovoljena pritožba, o kateri bo odločalo Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport. Pritožba se lahko pošlje po pošti ali se vloži neposredno ali ustno na zapisnik na naslov Javnega zavoda Republike Slovenije za varstvo kulturne dediščine, Metelkova 6, 1000 Ljubljana. Šteje se, da je pritožba vložena pravočasno, če je bila na naslov zavoda poslana zadnji dan roka s priporočeno pošto pošiljko. Na podlagi 22. točke 28. člena ZUT se za pritožbo ne plača upravna taksa.

Postopek vodil/a:

Mag. Nika Leben, univ. dipl.um.zgod.

Odločil/a:

Miloš Ekar, univ. dipl.um. zgod. in sociolog

Vročiti: investitorju : JGZ Protokolarne storitve Brdo pri Kranju, Predoslje 39, 4000 Kranj

V vednost:

- Upravna enota Radovljica, Gorenjska cesta 16, 4240 Radovljica
- Občina Bled, Cesta svobode 13, 4260 Bled

Tomšičeva 7, SI-4000 Kranj
telefon: +386 (0)4 280 73 11, telefaks: +386 (0)4 280 73 29
e-pošta: tajnistvo.oekranj@zvkd.si

Registracija: 1/32177/02, Matična številka: 1423215-001
Standardna kvalifikacija dejavnosti/šifra podrazreda: 92.522
Davčna številka: 45991413

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA B: Rezultati osončenosti za južno in vzhodno stran

21.1.2015		stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	4.051	1.390	6.356	4.794	4.850	4.036	4.287	5.595	6.067	3.255	5.591	6.032	0.000	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico							
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	1.759	1.000	2.059	3.503	3.039	3.777	3.296	4.237	2.722	2.900	5.317	5.556	0.000	
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							
	0.434	0.719	0.324	0.731	0.627	0.936	0.769	0.757	0.449	0.891	0.951	0.921	1	
	povp. 0.628						povp. 0.820							

21.02.15		stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	4.71	1.96	6.61	5	5.44	4.56	4.23	6.27	7	3.5	5.52	6.94	0.02	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico							
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	3.14	1.24	3.42	4.35	3.7	4.56	3.66	4.87	3.73	3.34	5.52	6.94	0.02	
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							
	0.67	0.64	0.52	0.87	0.68	1	0.87	0.78	0.53	0.96	1	1	1	
	povp. 0.728						povp. 0.876							

21.03.15		stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	5.51	2.52	6.8	5.17	5.24	4.44	3.96	6.31	7.22	3.81	6.17	7.19	0.6	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico							
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	4.58	1.79	4.07	5.06	3.66	4.44	3.74	5.44	3.79	3.77	6.17	7.19	0.52	
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							
	0.83	0.71	0.6	0.98	0.7	1	0.94	0.86	0.52	0.99	1	1	0.88	
	povp. 0.803						povp. 0.886							

21.04.15		stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	5.51	2.52	6.8	5.17	5.25	4.44	4.28	6.06	7.22	3.57	5.91	7.19	2.17	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico							
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	5.34	1.26	5.27	5.08	4.4	4.21	4.02	5.8	3.98	3.57	5.91	7.19	2.11	
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							
	0.97	0.5	0.77	0.98	0.84	0.95	0.94	0.96	0.55	1	1	1	0.97	
	povp. 0.836						povp. 0.917							

21.05.15		stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	5.95	2.89	6.09	4.6	5.46	3.6	4.21	6.57	8.17	3.86	6.43	8.14	3.8	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico							
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	5.8	1.49	4.6	4.6	4.63	3.6	3.9	6.57	4.68	3.86	6.43	8.14	3.77	
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							
	0.97	0.51	0.76	1	0.85	1	0.92	1	0.57	1	1	1	0.99	
	povp. 0.849						povp. 0.927							

21.06.15		stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	5.25	2.85	5.41	4.43	4.91	3.58	4.07	6.53	8.17	3.84	6.43	8.14	4.06	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico							
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	5.18	1.49	4.35	4.43	4.18	3.58	3.75	6.53	4.76	3.84	6.43	8.14	3.93	
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							
	0.99	0.52	0.8	1	0.85	1	0.92	1	0.58	1	1	1	0.97	
	povp. 0.861						povp. 0.925							

21.07.15	stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice								
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	5.56	2.73	5.71	4.72	5.12	3.47	4.15	6.37	8	3.68	6.13	8	3.51		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico								
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	5.34	1.13	4.66	4.72	4.37	3.47	3.85	6.36	4.46	3.68	6.13	8	3.51		
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							povp.	
	0.96	0.41	0.82	1	0.85	1	0.93	1	0.56	1	1	1	1	0.841	0.926

21.08.15	stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice								
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	6.26	2.95	6.8	5.09	5.18	4	4.28	6.08	7.22	3.63	5.96	7.33	2.26		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico								
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	5.39	1.48	5.2	5.09	4.06	4	4.02	5.85	3.99	3.63	5.96	7.33	2.16		
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							povp.	
	0.86	0.5	0.76	1	0.78	1	0.94	0.96	0.55	1	1	1	0.96	0.819	0.916

21.09.15	stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice								
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	5.51	2.53	6.91	5.16	5.4	4.7	4.21	6.01	7	3.35	5.39	7	0.33		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico								
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	4.42	1.32	4.2	4.84	3.98	4.7	3.96	5.12	3.86	3.32	5.39	7	0.33		
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							povp.	
	0.8	0.52	0.61	0.94	0.74	1	0.94	0.85	0.55	0.99	1	1	1	0.767	0.905

21.10.15	stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice								
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	4.7	1.91	6.27	5.03	5.2	4.33	3.91	5.44	6.22	3.25	5.26	6.17	0.01		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico								
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	3.18	1.37	3.15	4.34	3.4	4.32	3.58	4.69	2.94	3.08	5.26	6.17	0.01		
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							povp.	
	0.68	0.72	0.5	0.86	0.65	1	0.92	0.86	0.47	0.95	1	1	1	0.735	0.886

21.11.15	stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice								
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	4.05	1.39	6.36	4.79	4.85	4.08	4.29	5.6	6.07	3.25	5.35	6.03	0		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico								
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	1.7	0.46	2.02	3.47	2.93	3.78	3.32	4.28	2.78	2.9	5.32	5.58	0		
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							povp.	
	0.42	0.33	0.32	0.72	0.6	0.93	0.77	0.76	0.46	0.89	0.99	0.93	1	0.554	0.830

21.12.15	stran J - rezultati brez okolice						stran V - rezultati brez okolice								
GRID ID na prvem modelu	11	8	12	9	7	10	6	11	12	9	8	10	7		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	3.72	1.07	5.95	4.57	4.42	3.98	4.67	5.61	6.07	3.09	4.91	5.43	0		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran J - rezultati z okolico						stran V - rezultati z okolico								
	4	5	1	3	2	6	8	7	10	11	13	12	9		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	1.13	0.33	2.13	2.96	2.61	3.28	2.44	3.88	2.91	2.62	4.88	4.79	0		
	$F_{sh,ob}$						$F_{sh,ob}$							povp.	
	0.3	0.31	0.36	0.65	0.59	0.82	0.52	0.69	0.48	0.85	0.99	0.88	1	0.506	0.774

PRILOGA C: Rezultati osončenosti za severno in zahodno stran

21.01.15	stran S - rezultati brez okolice								stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals							totals	totals
	0	0	0	0	0	0	0	2.52	0	0	2.7	2.74	0.81		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati z okolico							
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	0	0	0	0	0	0	0	1.37	0	0	1.76	0.42	0.05		
	$F_{sh,ob}$							povp.	$F_{sh,ob}$						povp.
	1	1	1	1	1	1	1	1.000	0.55	1	1	0.65	0.15	0.07	0.569

21.02.15	stran S - rezultati brez okolice								stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals							totals	totals
	0.82	0	0.21	0	0	0	0	3.26	0.1	0	3.32	3.54	0.84		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati z okolico							
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	0.7	0	0.21	0	0	0	0	1.37	0	0	1.76	0.42	0.06		
	$F_{sh,ob}$							povp.	$F_{sh,ob}$						povp.
	0.86	1	1	1	1	1	1	0.980	0.42	0.02	1	0.53	0.12	0.07	0.360

21.03.15	stran S - rezultati brez okolice								stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals							totals	totals
	2.09	0.07	1.88	0	0	0	1.13	4	0.32	0	4	4.1	1.11		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati z okolico							
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	1.71	0.07	1.84	0	0	0	0.62	2.85	0.32	0	3.08	2.67	0.53		
	$F_{sh,ob}$							povp.	$F_{sh,ob}$						povp.
	0.82	1	0.98	1	1	1		0.829	0.71	1	1	0.77	0.65	0.48	0.769

21.04.15	stran S - rezultati brez okolice								stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals							totals	totals
	3	0.21	2.54	0.02	0.1	0.13	2.09	4.24	0.94	0	4.72	4.76	1.26		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati z okolico							
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	2.51	0.21	2.35	0.02	0.04	0	2.04	3.84	0.94	0	3.94	3.56	0.41		
	$F_{sh,ob}$							povp.	$F_{sh,ob}$						povp.
	0.84	1	0.92	1.1	0.39	0	0.98	0.746	0.91	1	1	0.83	0.75	0.32	0.802

21.05.15	stran S - rezultati brez okolice								stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals							totals	totals
	4.42	0.79	4.81	0.35	0.66	1.09	3.98	4.32	2.27	0.39	5.37	5.27	1.83		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati z okolico							
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	3.82	0.79	4.21	0.1	0.47	0.39	3.91	4.17	2.27	0.39	4.58	4.18	0.57		
	$F_{sh,ob}$							povp.	$F_{sh,ob}$						povp.
	0.86	1	0.88	0.29	0.71	0.36	0.98	0.726	0.97	1	1	0.85	0.79	0.31	0.820

21.06.15	stran S - rezultati brez okolice								stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals							totals	totals
	5.14	0.88	5.41	0.42	1.03	1.36	4.54	4.3	2.87	0.53	5.61	5.46	1.66		
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati z okolico							
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23		
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals		
	4.43	0.88	4.77	0.13	0.84	0.49	4.49	4.15	2.87	0.53	4.84	4.48	0.56		
	$F_{sh,ob}$							povp.	$F_{sh,ob}$						povp.
	0.86	1	0.88	0.31	0.81	0.36	0.99	0.744	0.97	1	1	0.86	0.82	0.33	0.830

21.07.15	stran S - rezultati brez okolice							stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	4.22	0.68	4.4	0.28	0.43	0.88	3.72	4.32	2.48	0.42	5.37	5.4	1.52	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati z okolico						
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	3.61	0.67	3.9	0.08	0.32	0.31	3.62	4.15	2.48	0.42	4.59	4.33	0.48	
	$F_{sh,ob}$							$F_{sh,ob}$						povp.
	0.86	0.98	0.89	0.29	0.74	0.35	0.97	0.96	1	1	0.86	0.8	0.32	0.822

21.08.15	stran S - rezultati brez okolice							stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	3.09	0.16	2.57	0.02	0.12	0.4	2.14	2.52	0	0	2.7	2.74	0.81	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati brez okolice						
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	2.56	0.16	2.34	0.03	0.05	0.01	2.1	1.37	0	0	1.76	0.42	0.05	
	$F_{sh,ob}$							$F_{sh,ob}$						povp.
	0.83	1	0.91	1.88	0.43	0.02	0.98	0.55	1	1	0.65	0.15	0.07	0.569

21.09.15	stran S - rezultati brez okolice							stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	1.45	0	1.03	0	0	0	0.61	3.88	0.33	0	3.96	4.12	1.16	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati brez okolice						
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	1.05	0	1.03	0	0	0	0.61	2.83	0.33	0	3.03	2.87	0.54	
	$F_{sh,ob}$							$F_{sh,ob}$						povp.
	0.72	1	1	1	1	1		0.73	1	1	0.77	0.7	0.46	0.776

21.10.15	stran S - rezultati brez okolice							stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	0.09	0	0.02	0	0	0	0	3.29	0.07	0	3.39	3.48	0.94	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati brez okolice						
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	0.08	0	0.02	0	0	0	0	2.09	0.07	0	2.37	1.11	0.38	
	$F_{sh,ob}$							$F_{sh,ob}$						povp.
	0.86	1	1	1	1	1	1	0.64	1	1	0.7	0.32	0.4	0.676

21.11.15	stran S - rezultati brez okolice							stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	0	0	0	0	0	0	0	2.52	0	0	2.7	2.74	0.81	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati brez okolice						
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	0	0	0	0	0	0	0	1.36	0	0	1.76	0.42	0.05	
	$F_{sh,ob}$							$F_{sh,ob}$						povp.
	1	1	1	1	1	1	1	0.54	1	1	0.65	0.15	0.07	0.569

21.12.15	stran S - rezultati brez okolice							stran Z - rezultati brez okolice						
GRID ID na prvem modelu	15	13	18	17	14	19	16	24	23	25	20	22	21	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	0	0	0	0	0	0	0	2.15	0	0	2.28	2.38	0.78	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	stran S - rezultati z okolico							stran Z - rezultati brez okolice						
	20	18	15	14	16	19	17	22	21	25	24	26	23	
	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	totals	
	0	0	0	0	0	0	0	1.17	0	0	1.24	0.41	0	
	$F_{sh,ob}$							$F_{sh,ob}$						povp.
	1	1	1	1	1	1	1	0.55	1	1	0.54	0.17	0	0.543

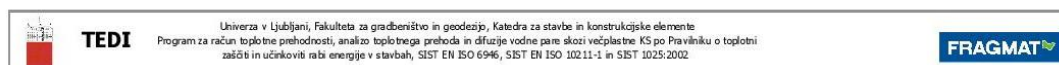
PRILOGA D: Rezultati osončenosti za horizontalne površine

21.01.15	horizontalna - rezultati brez okolice						21.07.15	horizontalna - rezultati brez okolice					
GRID ID	23	25	24	21	22		GRID ID	23	25	24	21	22	
na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals		na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals	
	2.3	3.43	3.57	2.37	2.58			3.56	4	3.85	3.17	3.47	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico						pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico					
	30	29	27	32	31			30	29	27	32	31	
	totals	totals	totals	totals	totals			totals	totals	totals	totals	totals	
	0.54	2	2.07	2.37	2.56			2.33	3.76	3.57	3.17	3.47	
	$F_{sh,ob}$					povp.		$F_{sh,ob}$					povp.
	0.23	0.58	0.58	1	0.99	0.677		0.66	0.94	0.93	1	1	0.905
21.02.15	horizontalna - rezultati brez okolice						21.08.15	horizontalna - rezultati brez okolice					
GRID ID	23	25	24	21	22		GRID ID	23	25	24	21	22	
na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals		na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals	
	2.65	3.81	3.91	2.69	2.84			3.27	3.99	3.89	2.95	3.28	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico						pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico					
	30	29	27	32	31			30	29	27	32	31	
	totals	totals	totals	totals	totals			totals	totals	totals	totals	totals	
	0.68	2.32	2.34	2.69	2.84			2.05	3.35	3.38	2.95	3.28	
	$F_{sh,ob}$					povp.		$F_{sh,ob}$					povp.
	0.26	0.61	0.6	1	1	0.693		0.63	0.84	0.87	1	1	0.867
21.03.15	horizontalna - rezultati brez okolice						21.09.15	horizontalna - rezultati brez okolice					
GRID ID	23	25	24	21	22		GRID ID	23	25	24	21	22	
na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals		na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals	
	3	4.1	4.1	2.92	3.15			3	3.86	3.85	2.75	2.99	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico						pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico					
	30	29	27	32	31			30	29	27	32	31	
	totals	totals	totals	totals	totals			totals	totals	totals	totals	totals	
	1.59	2.88	3.07	2.92	3.15			1.64	2.63	3	2.75	2.99	
	$F_{sh,ob}$					povp.		$F_{sh,ob}$					povp.
	0.53	0.7	0.75	1	1	0.796		0.55	0.68	0.78	1	1	0.801
21.04.15	horizontalna - rezultati brez okolice						21.10.15	horizontalna - rezultati brez okolice					
GRID ID	23	25	24	21	22		GRID ID	23	25	24	21	22	
na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals		na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals	
	3.25	3.96	3.85	2.92	3.24			2.64	3.62	3.75	2.48	2.69	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico						pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico					
	30	29	27	32	31			30	29	27	32	31	
	totals	totals	totals	totals	totals			totals	totals	totals	totals	totals	
	2	3.26	3.32	2.92	3.24			0.67	2.15	2.42	2.48	2.69	
	$F_{sh,ob}$					povp.		$F_{sh,ob}$					povp.
	0.62	0.82	0.86	1	1	0.860		0.25	0.59	0.65	1	1	0.698
21.05.15	horizontalna - rezultati brez okolice						21.11.15	horizontalna - rezultati brez okolice					
GRID ID	23	25	24	21	22		GRID ID	23	25	24	21	22	
na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals		na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals	
	3.55	4.14	4.01	3.3	3.64			2.3	3.43	3.57	2.38	2.58	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico						pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico					
	30	29	27	32	31			30	29	27	32	31	
	totals	totals	totals	totals	totals			totals	totals	totals	totals	totals	
	2.33	3.87	3.73	3.3	3.64			0.53	1.96	2.08	2.38	2.54	
	$F_{sh,ob}$					povp.		$F_{sh,ob}$					povp.
	0.66	0.94	0.93	1	1	0.904		0.23	0.57	0.58	1	0.99	0.674
21.06.15	horizontalna - rezultati brez okolice						21.12.15	horizontalna - rezultati brez okolice					
GRID ID	23	25	24	21	22		GRID ID	23	25	24	21	22	
na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals		na prvem modelu	totals	totals	totals	totals	totals	
	3.65	4.08	4	3.31	3.69			2.17	3.25	3.36	2.34	2.47	
pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico						pripadajoč GRID ID na drugem modelu	horizontalna - rezultati z okolico					
	30	29	27	32	31			30	29	27	32	31	
	totals	totals	totals	totals	totals			totals	totals	totals	totals	totals	
	2.34	3.9	3.84	3.31	3.69			0.51	1.78	1.92	2.1	2.35	
	$F_{sh,ob}$					povp.		$F_{sh,ob}$					povp.
	0.64	0.96	0.96	1	1	0.912		0.23	0.55	0.57	0.9	0.95	0.642

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA E: Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – zunanja stena proti zraku

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS



Zunanja stena (proti zraku)

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0	Računska temperatura zunaj (°C)	5.0
Temperatura notri (°C)	21.0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti



Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	17.0	apnena malta	0.0100	1,600	1,050	0.810	10.0		1
2	1.1	polna opeka	0.5000	1,800	920	0.760	12.0		1
3	17.0	apnena malta	0.0100	1,600	1,050	0.810	10.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente 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	
--	---

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	18.6	18.3
2	18.3	6.0
3	6.0	5.8

$$U_{\text{izračunani}} = 1.173 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = 0.280 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

KS NE ODGOVARJA**REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE**

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak	2,486.0	
<i>Na stikih plasti</i>		
Številka plasti	Notri	Zunaj
1	2,136.7	2,105.9
2	2,105.9	933.9
3	933.9	918.9
Zunanji zrak	872.0	

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, Pa)

Notranji zrak	1,491.6
Zunanji zrak	784.8

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q _{m1}	kg/m ² h
q _{m2}	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

q _{m'}	kg/m ² h
q _{mz'}	kg/m ² h

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza!

X _r	%
X _{max}	%

X _{dif}	%
X _{sk}	%

Izsuševanje KS



Čas potreben za izsušitev KS	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	dan

KS ODGOVARJA**REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST**

Temperaturno dušenje	129.68	
Temperaturna zakasnitev	16.99	ura

PRILOGA F: Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – zunanja stena proti terenu

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI 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	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente 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	
---	--	---

Zunanja stena klet

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	1. - Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom, tla nad neogrevanim prostorom ali zunanjim zrakom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0	Računska temperatura zunaj (°C)	5.0
Temperatura notri (°C)	21.0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti



Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	17.0	apnena malta	0.0100	1,600	1,050	0.810	10.0		1
2	1.1	polna opeka	0.5000	1,800	920	0.760	12.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente 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	

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	18.5	18.3
2	18.3	5.8

 $U_{\text{izračunani}} = 1.190 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = 0.280 \text{ (W/m}^2\text{K)}$
KS NE ODGOVARJA**REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE**Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak	2,486.0	
<i>Na stikih plasti</i>		
Številka plasti	Notri	Zunaj
1	2,131.9	2,100.8
2	2,100.8	919.6
Zunanji zrak	872.0	

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, Pa)

Notranji zrak	1,491.6
Zunanji zrak	784.8

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	kg/m ² h
q_{m2}	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

$q_{m'}$	kg/m ² h
$q_{mz'}$	kg/m ² h

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza!

X_r	%
X_{max}	%

X_{dif}	%
X_{sk}	%

Izsuševanje KS



Čas potreben za izsušitev KS	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	dan

KS ODGOVARJA**REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST**

Temperaturno dušenje	129.68	
Temperaturna zakasnitev	16.99	ura

PRILOGA G: Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – obstoječi strop

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI 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	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente 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	
---	--	---

Strop (obstoječi)

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	6. - Strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0	Računska temperatura zunaj (°C)	5.0
Temperatura notri (°C)	21.0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65



Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	40.1	betoni iz kamnitega agregata	0.2000	2,500	960	2.330	90.0		1
2	63.2	les - smreka, bor	0.0300	500	2,090	0.140	70.0		1
3	170.3	heraklit	0.0500	400	1,656	0.080	6.0		2

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Pri sestavi sklopa je uporabljen material, ki ni sestavni del standardne knjižnice materialov.
Slojev med hidroizolacijo in zunanjim zrakom pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente 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	
---	--	---

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19.1	17.8
2	17.8	14.7
3	14.7	5.6

$$U_{\text{izračunani}} = 0.913 \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad > \quad U_{\text{max}} = 0.200 \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

KS NE ODGOVARJA**REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE**

Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak	2,486.0	
<i>Na stikih plasti</i>		
Številka plasti	Notri	Zunaj
1	2,209.8	2,043.3
2	2,043.3	1,673.4
3	1,673.4	908.3
Zunanji zrak	872.0	

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, Pa)

Notranji zrak	1,491.6
Zunanji zrak	784.8

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}		kg/m ² h
q_{m2}		kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

$q_{m'}$		kg/m ² h
$q_{mz'}$		kg/m ² h

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza!

X_r		%
X_{max}		%

X_{dif}		%
X_{sk}		%

Izsuševanje KS



Čas potreben za izsušitev KS		dan
Dolžina obdobja izsuševanja		dan

KS ODGOVARJA**REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST**

Temperaturno dušenje	48.16	
Temperaturna zakasnitev	9.46	ura

PRILOGA H: Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – tla na terenu

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkovitih rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002	
---	--	---

Tla na terenu

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	7. - Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe)
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0	Računska temperatura zunaj (°C)	10.0
Temperatura notri (°C)	21.0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m^2K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m^2K/W)	0.00

Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	40.1	betoni iz kamnitega agregata	0.1500	2,500	960	2.330	90.0		1
2	170.1	Cementni estrih 2200	0.0600	2,200	1,050	1.400	30.0		5



Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Pri sestavi sklopa je uporabljen material, ki ni sestavni del standardne knjižnice materialov.

Slojev med hidroizolacijo in terenom pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

Račun difuzije vodne pare ni potreben, 21. člen Pravilnika.

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente 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	

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	15.0	12.0
2	12.0	10.0

 $U_{\text{izračunani}} = 4.215 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = 0.350 \text{ (W/m}^2\text{K)}$
KS NE ODGOVARJA**REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE**Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak	2,486.0	
<i>Na stikih plasti</i>		
Številka plasti	Notri	Zunaj
1	1,701.0	1,400.8
2	1,400.8	1,227.0
Zunanji zrak	1,227.0	

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, Pa)

Notranji zrak	1,491.6
Zunanji zrak	1,104.3

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}		kg/m ² h
q_{m2}		kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

$q_{m'}$		kg/m ² h
$q_{mz'}$		kg/m ² h

Račun difuzije vodne pare ni potreben, 21. člen Pravilnika.

X_r		%
X_{max}		%

X_{dif}		%
X_{sk}		%

Izsuševanje KS



Čas potreben za izsušitev KS		dan
Dolžina obdobja izsuševanja		dan

KS ODGOVARJA**REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST**

Temperaturno dušenje	6.79	
Temperaturna zakasnitev	6.23	ura

PRILOGA I: Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – medetažna konstrukcija

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI Program za račun toplotne prehodnosti, analiza 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	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analiza 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	
---	--	---

medetažna konstrukcija

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	6. - Strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0	Računska temperatura zunaj (°C)	5.0
Temperatura notri (°C)	21.0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04



Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
					C	λ	μ		
				ρ	J/kg K	W/m K	-		
				m	kg/m ³				
1	79.0	hrastov parket	0.0200	700	1,670	0.210	15.0		1
2	170.1	Cementni estrih 2200	0.0400	2,200	1,050	1.400	30.0		5
3	81.0	polietilenske folije	0.0050	1,000	1,250	0.190	80000.0		1
4	113.0	mineralna in steklena volna	0.0400	200	840	0.041	1.0		1
5	40.1	betoni iz kamnitega agregata	0.2000	2,500	960	2.330	90.0		1
6	17.0	apnena malta	0.0100	1,600	1,050	0.810	10.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Pri sestavi sklopa je uporabljen material, ki ni sestavni del standardne knjižnice materialov.

Slojev med hidroizolacijo in zunanjim zrakom pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente 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	

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	19.5	18.4
2	18.4	18.1
3	18.1	17.8
4	17.8	6.6
5	6.6	5.6
6	5.6	5.5

$$U_{\text{izračunani}} = 0.717 \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad > \quad U_{\text{max}} = 0.200 \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

KS NE ODGOVARJA**REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE**



Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak	2,486.0	
<i>Na stikih plasti</i>		
Številka plasti	Notri	Zunaj
1	2,266.6	2,117.3
2	2,117.3	2,074.2
3	2,074.2	2,035.4
4	2,035.4	973.3
5	973.3	909.4
6	909.4	900.4
Zunanji zrak	872.0	

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, Pa)

Notranji zrak	1,491.6
Zunanji zrak	784.8

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analiza 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	
---	---	---

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}		$\text{kg/m}^2\text{h}$
q_{m2}		$\text{kg/m}^2\text{h}$

Izračun količine kondenzirane vodne pare

q_m'		$\text{kg/m}^2\text{h}$
q_{mz}'		$\text{kg/m}^2\text{h}$

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza!

X_r		%
X_{\max}		%

X_{diff}		%
X_{sk}		%

Izsuševanje KS

Čas potreben za izsušitev KS		dan
Dolžina obdobja izsuševanja		dan

KS ODGOVARJA



REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST

Temperaturno dušenje	88.20	
Temperaturna zakasnitev	8.95	ura

»Ta stran je namenoma prazna.«

PRILOGA J: Vhodni podatki in rezultati za program TEDI – dodatno izoliran strop

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkovitih rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002	
---	---	---

Strop novi

Vrsta konstrukcijskega sklopa po 9. členu Pravilnika	6. - Strop proti neogrevanemu prostoru, ravna in poševna streha nad ogrevanim prostorom
Vrsta stavbe po 9. členu Pravilnika	1. - Stavbe s temperaturo notranjega zraka pozimi nad 19oC ali poleti hlajene pod 26oC
Neklimatizirana / klimatizirana stavba	1. - Neklimatizirana stavba in stavba brez procesov z večjim nastajanjem vodne pare

Difuzijsko navlaževanje - zima - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	10.0	Računska temperatura zunaj (°C)	5.0
Temperatura notri (°C)	21.0		
Relativna vlažnost zunaj (%)	90		
Relativna vlažnost notri (%)	60		

Difuzijsko sušenje - poletje - projektne vrednosti

Temperatura zunaj (°C)	18.0
Temperatura notri (°C)	18.0
Relativna vlažnost zunaj (%)	65
Relativna vlažnost notri (%)	65

Zunanja površinska upornost R_{se} (m ² K/W)	0.13
Notranja površinska upornost R_{si} (m ² K/W)	0.04



Št. plasti	Šifra	Material	Debelina	Gostota	Specifična toplota	Toplotna prevodnost	Difuzijska upornost vodni pari	HI	Tip
				ρ	C	λ	μ		
			m	kg/m ³	J/kg K	W/m K	-		
1	40.1	betoni iz kamnitega agregata	0.2000	2,500	960	2.330	90.0		1
2	63.2	les - smreka, bor	0.0300	500	2,090	0.140	70.0		1
3	170.3	heraklit	0.0500	400	1,656	0.080	6.0		2
4	113.0	mineralna in steklena volna	0.2000	200	840	0.041	1.0		1

Tip: 1 - material po pravilniku, 2 - material po standardu, 3 - material z izjavo o skladnosti, 4 - material s sistemskim certifikatom ETA, 5 - material brez 1-4

Pri sestavi sklopa je uporabljen material, ki ni sestavni del standardne knjižnice materialov.

Slojev med hidroizolacijo in zunanjim zrakom pri računu U in difuzije vodne pare ne upoštevamo.

Račun toplotne prehodnosti, analiza toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS

 TEDI	Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente Program za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkovitih rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002	

REZULTATI : TOPLOTNA PREHODNOST

Temperature na stikih plasti v °C

Številka plasti	Notri	Zunaj
1	20.7	20.4
2	20.4	19.8
3	19.8	18.2
4	18.2	5.1

$$U_{\text{izračunani}} = 0.167 \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad < \quad U_{\text{max}} = 0.200 \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

KS ODGOVARJA**REZULTATI : DIFUZIJA VODNE PARE**Temperaturam pripadajoči tlaki nasičenja vodne pare p' (Pa)

Notranji zrak	2,486.0	
<i>Na stikih plasti</i>		
Številka plasti	Notri	Zunaj
1	2,433.2	2,398.9
2	2,398.9	2,315.0
3	2,315.0	2,085.6
4	2,085.6	878.6
Zunanji zrak	872.0	

Relativni tlaki vodne pare v zraku (za pripadajočo relativno vlažnost, Pa)

Notranji zrak	1,491.6
Zunanji zrak	784.8

Gostota difuzijskega toka vodne pare

q_{m1}	kg/m ² h
q_{m2}	kg/m ² h

Izračun količine kondenzirane vodne pare

$q_{m'}$	kg/m ² h
$q_{mz'}$	kg/m ² h

Račun difuzije vodne pare ni potreben, ker v KS ne pride do nastanka kondenza!

X_r	%
X_{max}	%

X_{dif}	%
X_{sk}	%

Izsuševanje KS

Čas potreben za izsušitev KS	dan
Dolžina obdobja izsuševanja	dan

KS ODGOVARJA**REZULTATI : TOPLOTNA STABILNOST**

Temperaturno dušenje	946.54	
Temperaturna zakasnitev	18.53	ura