

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:

Marinčič, A., 2015. Primerjava vplivov lokacije na izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M., somentorica Kristl, Ž.): 43 str.

Datum arhiviranja: 18-09-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Marinčič, A., 2015. Primerjava vplivov lokacije na izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M., co-supervisor Kristl, Ž.): 43 p.

Archiving Date: 18-09-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

ANDRAŽ MARINČIČ

**PRIMERJAVA VPLIVOV LOKACIJE NA IZBOLJŠANJE
ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI STAVBE**

Diplomska naloga št.: 179/B-GR

**INFLUENCE OF LOCATION ON IMPROVEMENT
OF ENERGY EFFICIENCY OF A BUILDING**

Graduation thesis No.: 179/B-GR

Mentor:

doc. dr. Mitja Košir

Predsednik komisije:

Somentorica:

dr. Živa Kristl

Ljubljana, 29. 06. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna«

IZJAVE

Podpisani **Andraž Marinčič** izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »**PRIMERJAVA VPLIVOV LOKACIJE NA IZBOLJŠANJE ENERGIJSKE UČINKOVITOSTI STAVBE**«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Trebnje, 4.6.2015

Andraž Marinčič

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

UDK:	620.91:697:699.8(043.2)
Avtor:	Andraž Marinčič
Mentor:	doc. dr. Mitja Košir
Somentorica:	doc. dr. Živa Kristl
Naslov:	Primerjava vplivov lokacije na izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe
Tip dokumenta:	diplomsko delo – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	43 str., 13 pregl., 13 graf., 9 sl., 1 pril.
Ključne besede:	energijska učinkovitost, stavbni ovoj, poraba energije v stavbi, solarni pritoki, povprečna letna temperatura zraka

Izvleček

Poraba energije (toplota in hlad) v stavbah je odvisna od vrste dejavnikov. V diplomski nalogi sem se omejil na vpliv konstrukcijskih dejavnikov. Analiziral sem ukrepe za izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe na nivoju zasnove transparentnega in netransparentnega dela stavbnega ovoja. Relativno učinkovitost posameznega ukrepa sem preverjal v odvisnosti od klimatskih parametrov izbranih krajev v Sloveniji.

S pomočjo računalniškega programa za izračun energetske bilance stavbe TOST, sem analiziral vpliv petih izbranih ukrepov na izboljšanje energijske učinkovitosti stavbe. Glede na izračunano količino potrebne toplote za ogrevanje in potrebnega hlada za hlajenje stavbe sem predstavil učinkovitost posameznega ukrepa in kombinacijo vseh. Za raziskavo vpliva lokacije stavbe na porabo energije sem na podlagi prejete količine sončnega sevanja (kWh/m^2) in povprečne letne temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$) izbral deset klimatsko čimbolj raznolikih krajev v Sloveniji. Dokazal sem, da je za načrtovanje gradnje in obnove stavb v Sloveniji zelo pomemben dejavnik lokacija stavbe oziroma njene podnebne značilnosti.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 620.91:697:699.8(043.2)
Author: Andraž Marinčič
Supervisor: Assist. Prof. Mitja Košir, Ph. D.
Cosupervisor: Assist. Prof. Živa Kristl, Ph. D.
Title: Influence of location on improvement of energy efficiency of a building
Document type: Graduation Thesis - University studies
Obseg in oprema: 43 p., 13 tab., 13 graph., 9 fig., 1 ann.
Ključne besede: energy efficiency, building envelope, energy consumption in building, solar gains, annual average air temperature

Izveček

Energy consumption (heat and coolness) of buildings depends on numerous factors. In the diploma thesis, I have focused on the influence of construction elements. I have analysed the measures for improvement of energy efficiency of a building, on the level of development of transparent and non-transparent building envelope. Relative efficiency of an individual measure was tested in relation to the climate parameters of the selected locations in Slovenia.

Using a computer programme for calculation of energy balance TOST, I have analysed the influence of five selected measures for improvement of energy efficiency of a building. The efficiency of an individual measure and the combined efficiency of all measures are discussed, with regards to the calculated amount of heat required for heating of the building, and coolness required for cooling. For the research of location influence on energy consumption, I have selected ten locations in Slovenia that differ the most in terms of solar radiation (kWh/m²) and the average air temperature (°C). I have successfully proven that the location of a building and its climate characteristics are important factors in planing of building construction and renovation.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Mitju Koširju in somentorici doc. dr. Živi Kristl za strokovne nasvete in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Za nesebično podporo in pomoč v času študija se posebej zahvaljujem svojim najbližnjim in vsem prijateljem.

KAZALO VSEBINE

STRAN ZA POPRAVKE	I
PRAZNA STRAN	II
IZJAVE	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	IV
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	V
ZAHVALA	VI
KAZALO VSEBINE	VII
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO GRAFIKONOV	IX
KAZALO SLIK	X
1 UVOD.....	1
1.1 Hipoteze	2
1.2 Metoda.....	2
2 O ENERGETSKI UČINKOVITOSTI	3
2.1 Zakonodaja na področju energetske učinkovitosti	3
3 IZHODIŠČNI ROBNI POGOJI	5
3.1 Klimatski parametri.....	5
3.2 Vplivi na porabo energije.....	7
3.3 Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti	7
3.4 Opis obravnavane stavbe v izhodiščnem stanju	8
3.5 Izbor ukrepov	11
4 IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE.....	12
4.1 Izhodiščno stanje	12
4.2 Kondicionirana cona	13
4.3 Nekondicionirana cona z neogrevano kletjo	14
4.4 Predstavitev izračunanih energetskih kazalnikov za izhodiščno stanje.....	15
5 VPLIV UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE ...	17
5.1 Nočna izolacija.....	17
5.2 Senčila	20
5.3 Trojna zasteklitev	23
5.4 Povečanje debeline toplotne izolacije	26
5.5 Povečanje površine transparentnega ovoja.....	29
6 KOMBINACIJE UKREPOV IN UVRSTITEV STAVBE V ENERGIJSKE RAZREDE ...	33
7 ZAKLJUČEK.....	39
VIRI.....	41

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Klimatski podatki po lokacijah.....	7
Preglednica 2: Površine in toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov	8
Preglednica 3: Podatki o transparentnih površinah	10
Preglednica 4: Karakteristike prezračevalnega sistema.....	13
Preglednica 5: Predstavitev energetskih vrednosti za izhodiščno stanje	15
Preglednica 6: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - NI.....	19
Preglednica 7: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - senčila	22
Preglednica 8: Sprememba zasteklitve	23
Preglednica 9: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - trojna zasteklitev	25
Preglednica 10: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - dodatna toplotna izolacija	28
Preglednica 11: Podatki o transparentnih površinah	29
Preglednica 12: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - povečanje transparentnega ovoja	32
Preglednica 13: Primerjava izhodiščnega stanja s kombinacijo ukrepov	36

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Klimatski podatki po lokacijah, prikazana je količina prejete letne sončne energije in povprečne letna temperatura	6
Grafikon 2: Predstavitev letne potrebne toplote za ogrevanje po lokacijah.....	16
Grafikon 3: Predstavitev letnega potrebnega hladu za hlajenje po lokacijah.....	16
Grafikon 4: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - NI (ogrevanje).....	18
Grafikon 5: Primerjava izhodiščnega stanja in ukrepa - senčila (ogrevanje).....	21
Grafikon 6: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - trojna zasteklitev (ogrevanje).....	23
Grafikon 7: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - trojna zasteklitev (hlajenje).....	24
Grafikon 8: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - dodatna toplotna izolacija (ogrevanje).....	26
Grafikon 9: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - dodatna toplotna izolacija (hlajenje).....	27
Grafikon 10: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - povečanje površine transparentnega ovoja (ogrevanje)	29
Grafikon 11:Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - povečanje površine transparentnega ovoja (hlajenje)	30
Grafikon 12: Primerjava izhodiščnega stanja s kombinacijo ukrepov (hlajenje).....	34
Grafikon 13: Primerjava izhodiščnega stanja s kombinacijo ukrepov in prikaz energijskih razredov po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [14].....	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Elementi trajnostne graditve (vir:[6]).....	1
Slika 2: Lega izbranih lokacij na karti Slovenije na kateri so prikazane povprečne letne temperature zraka (vir:[15]).....	6
Slika 3: Pogled na južno (leva slika) in zahodno (desna slika) fasado (vir:[23])	8
Slika 4: Tloris kleti (vir:[23])	9
Slika 5: Tloris pritličja (vir:[23])	9
Slika 6: Tloris mansarde (vir:[23])	10
Slika 7: Medsebojna odvisnost ukrepov in lokacij	11
Slika 8: Roletna lamela (vir:[20])	17
Slika 9: Zunanje žaluzije (vir:[21])	20
Slika 10: Prikaz lege izbranih lokacij s podatki o potrebni toploti za ogrevanje (kWh/m ²) in ustreznem energijskem razredu za izhodiščno stanje in kombinacijo ukrepov (vir:[15]).....	37

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

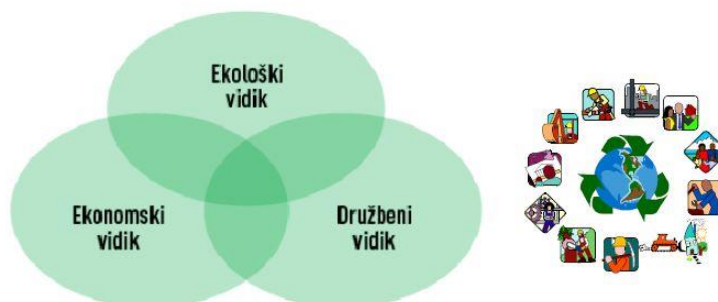
Eden osrednjih ciljev današnje okoljske politike Evropske unije, je zmanjševanje porabe energije v stavbah, kar obenem pomeni tudi povečano skrb za okolje [1]. V razvitih državah stavbe porabijo kar 40% celotne energije, s čimer so največji potrošnik pred industrijskim in transportnim sektorjem [2]. Stavbe torej predstavljajo velik potencial za varčevanje z energijo. Z ukrepi za izboljšanje energijske učinkovitosti stavb v Evropski uniji (EU) lahko porabo celotne energije v EU zmanjšamo za približno 5% do 6% glede na sedanjo rabo [3].

K uporabi različnih ukrepov za izboljšanje energetske učinkovitosti pa nas ne vodi samo okoljska ozaveščenost, temveč tudi višanje cen energentov in zakonodaja, ki z direktivami, uredbami, zakoni in pravilniki ureja to področje (slika 1). Republika Slovenija (RS) spodbuja energetske učinkovite obnove in trajnostno gradnjo preko Slovenskega okoljskega javnega sklada (Eko sklad [4]) z mehanizmi kot so posojila z nizko obrestno mero in nepovratnimi finančnimi spodbudami.

V diplomski nalogi sem se odločil preveriti kako geografska lega stavbe v povezavi z ukrepi na stavbnem ovoju pripomorejo k izboljšanju energetske učinkovitosti stavbe. Z lego so pogojeni osenčenost, izpostavljenost vetru ter podnebni dejavniki, kot sta povprečna letna temperatura in količina sončnega sevanja. Preveril bom ukrepe na nivoju transparentnega in netransparentnega dela stavbnega ovoja. V sklopu te naloge bom spreminjal zadnja dva parametra glede na lokacije v slovenskem prostoru in tako spremljal relativno učinkovitost posameznih ukrepov. Izračune bom opravil z računalniškim programom za izračun energetske bilance stavb TOST [5].

Trajnostna graditev / stavba

Trije stebri presoje trajnostne graditve:
okoljski, ekonomski in družbeni vidik



Slika 1: Elementi trajnostne graditve (vir:[6])

1.1 Hipoteze

Slovenija je kljub relativni majhnosti geografsko zelo razgibana. Posledica tega pa se kaže v razlikah med vrednostmi podnebnih spremenljivk. Kot sem že omenil, bosta v tej nalogi pomembni povprečna letna temperatura zraka ter prejeta letna sončna energija. Pričakujem, da bo:

- v krajih z nižjo povprečno letno temperaturo zraka in manjšo količino prejete sončne energije potrebno več energije za ogrevanje stavbe ter manj energije za hlajenje ter obratno, v krajih z višjo letno temperaturo zraka in več sončne energije, potrebno manj toplote za ogrevanje in več hladu za hlajenje.
- Predvidevam, da bo v krajih z nižjo temperaturo zraka in večjo količino prejetega sončnega sevanja ugodno na energetske bilanco stavbe vplival ukrep povečanja površine transparentnih elementov stavbnega ovoja..
- V krajih, za katere je značilna velika količina prejetega sončnega sevanja ter hkrati visoka povprečna letna temperatura, pričakujem, da bo pomemben ukrep za zmanjšanje porabe energije uporaba senčenja transparentnih elementov stavbnega ovoja.

1.2 Metoda

V diplomski nalogi bom s pomočjo računalniškega programa za izračun energetske bilance TOST [5] preveril kako določeni gradbeni ukrepi na nivoju ovoja enostanovanjske stavbe vplivajo na porabo energije v odvisnosti od klimatskih danosti izbranih lokacij v Sloveniji. Smiselnost posameznega ukrepa bom primerjal z izhodiščnim stanjem tako, da bom spremljal spremembe letne potrebne energije za ogrevanje in hlajenje.

Spremljal bom transmisijske izgube, solarne dobitke ter koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe (H_T). Za vse lokacije bom na koncu ocenil vpliv kombinacije ustreznih ukrepov.

2 O ENERGETSKI UČINKOVITOSTI

»Energetska učinkovitost stavbe pomeni izračunano ali izmerjeno količino energije, potrebno za zadovoljevanje potreb po energiji, povezanih z običajno uporabo stavbe, ki med drugim vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljavo« (EZ-1, 313.člen – Uradni list RS, št. 17/2014).

Uporabniki oziroma lastniki stanovanjskih stavb so predvsem iz razloga preudarnega ravnanja z energijo vse bolj motivirani spremljati porabo energije. Stavbe lahko med seboj primerjamo po energetske učinkovitosti tako, da določimo standardno rabo stavbe in izračunamo porabo energije.

2.1 Zakonodaja na področju energetske učinkovitosti

Na podlagi Direktive EU o energetske učinkovitosti stavb 2002/91/ES (Direktiva EPBD) [7] je bila v Sloveniji z Energetskim zakonom (2006) sprejeta uvedba izdaje energetskih izkaznic, ki se je iz različnih razlogov začela izvajati šele v juliju 2013. Energetska izkaznica je javna listina, ki vsebuje podatke o energetske učinkovitosti stavbe. Pomemben del izkaznice pa so tudi priporočila za stroškovno učinkovite ukrepe, ki pripomorejo k izboljšanju energetske učinkovitosti [8]. V nalogi ne bom upošteval ekonomske smotrnosti ukrepov in se bom osredotočil zgolj na energetske učinkovitost. Uvedba energetske izkaznice omogoča kupcem ali najemnikom medsebojno primerjavo energetskega stanja stanovanjskih nepremičnin in s tem preudarno izbiro glede porabe energije. Energetske izkaznice morajo zagotoviti lastniki stavb ali posameznih delov stavb pri prodaji stavbe ali njenega posameznega dela, in pri oddaji v najem za obdobje enega leta ali več. Pri novogradnji pa je energetska izkaznica obvezna sestavina projekta izvedenih del.

Trenutno na območju EU energetske politiko v stavbah ureja prenovljena Direktiva EU o energetske učinkovitosti stavb - 2010/31/EU (direktiva EPBD-r) [2], ki še bolj zaostreuje začrtane cilje njene predhodnice, direktive iz leta 2002, EPBD 2002/91/EC. V Sloveniji direktivo povzemajo in implementirajo trije zakoni:

- **Zakon o graditvi objektov (ZGO-1)**, ki določa metodologijo izračuna učinkovitosti stavbe in minimalne zahteve za novogradnje in prenove obstoječih stavb [9];
- **Energetski zakon (EZ-1)**, ki med drugim predpisuje energetske izkaznice stavb, redne preglede klimatskih sistemov in študije izvedljivosti alternativnih energetskih virov [8];
- **Zakon o varstvu okolja (ZVO-1E)**, katerega namen je spodbujanje in usmerjanje družbenega razvoja, ki omogoča dolgoročne pogoje za človekovo zdravje, počutje in kakovost življenja [10].

Na podlagi ZGO-1 sta bila izdana tudi pravilnika:

- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) [11], ki se uporablja hkrati s tehnično smernico za graditev TSG-1-004:2010, Učinkovita raba energije (TSG4) [12]. PURES 2010 določa tehnične zahteve za učinkovito rabo energije na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavb. TSG4 pa določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev, ki so določene v PURES 2010 ter metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavb;
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb [13], ki določa tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo stavb ter tehnične zahteve za mehanske prezračevalne sisteme, če se ti vgradijo v stavbo.

Na podlagi EZ-1 [8] pa je bil izdan:

- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [14]. Ta pravilnik določa podrobnejšo vsebino in obliko energetskih izkaznic stavbe, metodologijo za izdajo ter vsebino podatkov, način vodenja registra in prijave energetske izkaznice v register.

Ločimo dve vrsti energetskih izkaznic:

- Računska energetska izkaznica (rEI) se lahko izdelata in izda za vsako stavbo in je predvidena za stanovanjske objekte. Upoštevajo se robni pogoji tako glede klime na lokaciji kot glede režima uporabe. Na izračun pa ne vplivajo življenjske navade stanovalcev,
- Merjena energetska izkaznica (mEI) pa je izdelana na podlagi dejanske rabe, ki zajema 3-letno povprečje. Namenjena je obstoječim nestanovanjskim stavbam.

3 IZHODIŠČNI ROBNI POGOJI

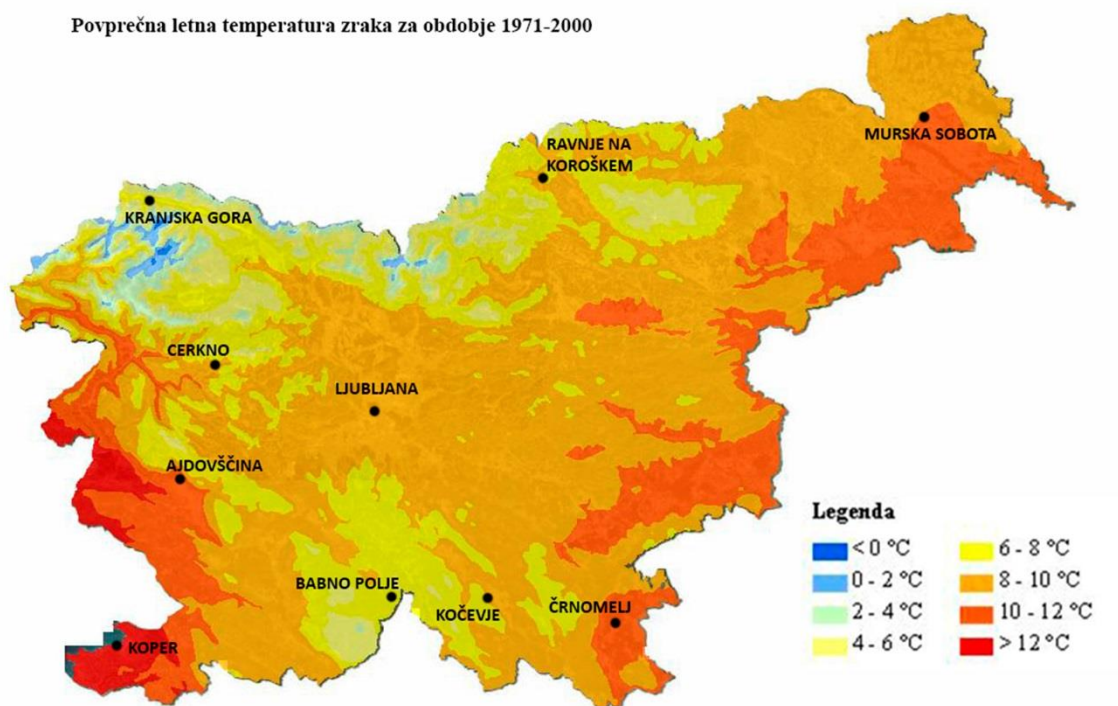
Povečanje energetske učinkovitosti v stavbah lahko dosežemo z različnimi ukrepi, ki so predstavljeni v poglavju 3.3. V tej nalogi se bom omejil na konstrukcijske ukrepe, ki zadevajo transparentni in netransparentni del stavbnega ovoja. Vse izbrane ukrepe bom preverjal glede na lokacijo stavbe v Sloveniji. Odločil sem se za deset slovenskih krajev s katerimi želim zajeti čimbolj reprezentativne klimatske lastnosti Slovenije (slika 2 in preglednica 1). V poglavju 3.2 so opisani še ostali vplivi na porabo energije v stavbi.

3.1 Klimatski parametri

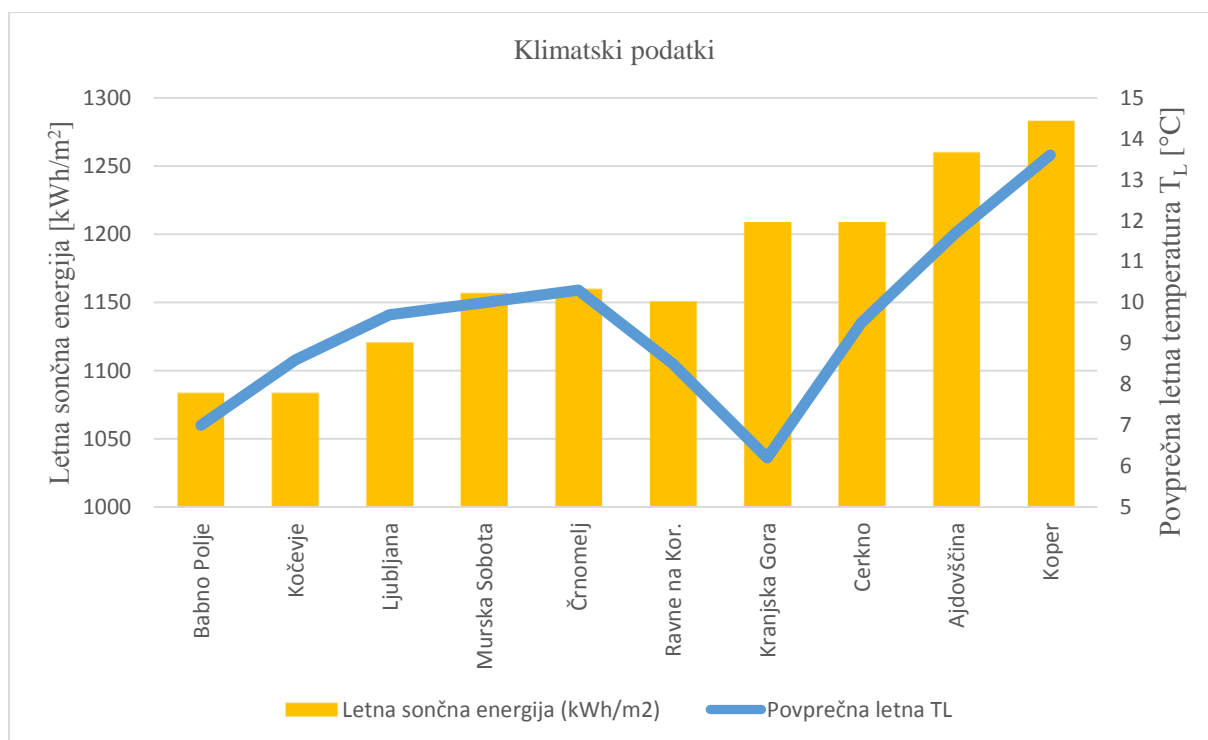
Lega stavbe v Sloveniji je za načrtovanje gradnje pomembna zaradi podnebne raznolikosti. Za raziskavo vpliva lokacije sem na podlagi prejete količine sončnega sevanja (kWh/m^2) in povprečne letne temperature zunanega zraka T_L ($^{\circ}\text{C}$) izbral deset klimatsko čimbolj raznolikih krajev, ki obenem predstavljajo skoraj vse slovenske regije (slika 2). Povprečna letna temperatura zraka v obalnem delu Slovenije presega 13°C , v gorskem delu pa na najvišjih legah ne preseže 0°C . Omejil sem se seveda na naseljene kraje, tako je izbrani kraj z najvišjo nadmorsko višino Kranjska Gora na 806 m , najnižje pa je Koper na 3 m . Najnižjo povprečno letno temperaturo zunanega zraka za obdobje od 1971-2000 med izbranimi lokacijami ima Kranjska Gora $6,2^{\circ}\text{C}$, najvišjo pa Koper $13,6^{\circ}\text{C}$. V poletnih mesecih je več sonca na Primorskem, v nižinah in kotlinah, ker se v hribovitem delu pojavi konvekcija in je tam posledično več oblačnosti. Obratno je v hladni polovici leta, z izjemo Primorske, v hribovitih predelih več sonca, ker se zaradi formacije jezer hladnega zraka v kotlinah in dolinah pogosto zadržuje megla ali nizka oblačnost [15]. Tako ima torej največ prejete količine sončne energije Koper 1283 kWh/m^2 , najmanj pa Babno Polje in Kočevje 1084 kWh/m^2 . V Kranjski Gori pa je sončno obsevanje takoj za Primorsko, in sicer 1209 kWh/m^2 . Ostali podatki o povprečni letni temperaturi zraka, količini letne sončne energije, nadmorske višine ter trajanja kurilne sezone so prikazani v grafikonu 1 in preglednici 1.

Podatek o sončni energiji je pomemben parameter za oblikovanje in orientacijo transparentnega dela stavbnega ovoja. Velik vpliv predstavlja tudi izpostavljenost stavbe vetru (vpliv na zrakotesnost), vendar sem ta parameter zanemaril, ker je v slovenskem okolju v večini primerov odvisen od mikrolokacije stavbe. Na osnovi koordinat posameznega kraja lahko v programu TOST pridobimo klimatske podatke s spletne strani Agencije Republike Slovenije za okolje ARSO.

Povprečna letna temperatura zraka za obdobje 1971-2000



Slika 2: Lega izbranih lokacij na karti Slovenije na kateri so prikazane povprečne letne temperature zraka (vir:[15])



Grafikon 1: Klimatski podatki po lokacijah, prikazana je količina prejete letne sončne energije in povprečne letna temperatura

Preglednica 1: Klimatski podatki po lokacijah

LOKACIJA	Y	X	Povprečna letna temperatura $T_L(^{\circ}\text{C})$	Letna sončna energija (kWh/m^2)	Trajanje kurilne sezone (dan)	Nadmorska višina (m)
Murska Sobota	590124	168828	10	1157	235	189
Ravne na Kor.	497780	155646	8,5	1151	260	410
Kranjska Gora	407446	150071	6,2	1209	315	806
Babno Polje	465146	55737	7	1084	325	761
Kočevje	489215	55275	8,6	1084	265	466
Ajdovščina	415157	83290	11,7	1260	215	106
Koper	400822	45771	13,6	1283	200	3
Ljubljana	461578	100963	9,7	1121	230	295
Cerkno	422229	109878	9,5	1209	250	332
Črnomelj	515202	47889	10,3	1160	230	174

3.2 Vplivi na porabo energije

Dejavniki, ki vplivajo na porabo energije v stavbi so:

- Toplotno tehnična zasnova stavbe:
 - oblika stavbe,
 - delež transparentnega in netransparentnega dela ovoja stavbe,
 - materialne značilnosti konstrukcijskih sklopov.
- Geografsko-klimatski pogoji (temperatura zraka, sončno sevanje, jakost vetra, topografske značilnosti, orientacija stavbe).
- Zrakotesnost stavbnega ovoja in toplotni mostovi.
- Režim uporabe stavbe.
- Način ogrevanja, prezračevanja in hlajenja (vrsta ogrevalnega in hladilnega sistema, način upravljanja, naravno oz. mehansko prezračevanje).

3.3 Ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti

Tehnologije za izboljšanje energetske učinkovitosti so:

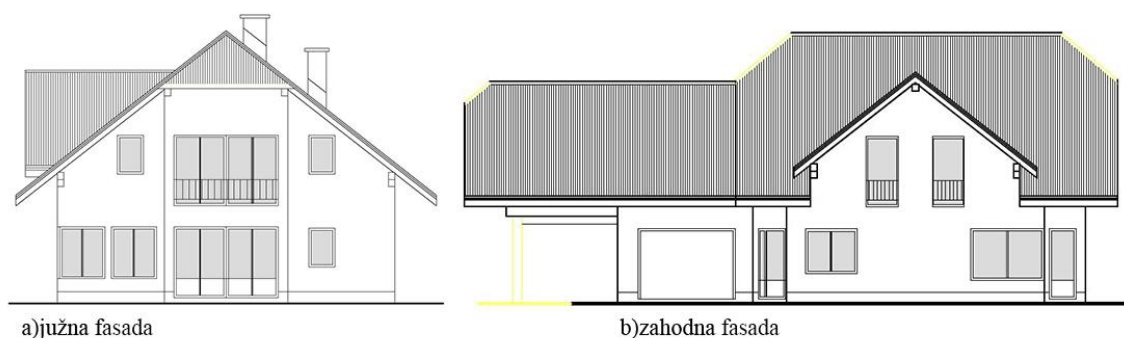
- ukrepi na ovoju stavbe (toplotna zaščita zunanjih sten, tal na terenu, strehe, izboljšana zasteklitev, povečanje zrakotesnosti, itd.),
- učinkoviti sistemi ogrevanja, hlajenja in prezračevanja,
- raba obnovljivih virov energije (OVE),
- gospodarno upravljanje s stavbo.

3.4 Opis obravnavane stavbe v izhodiščnem stanju

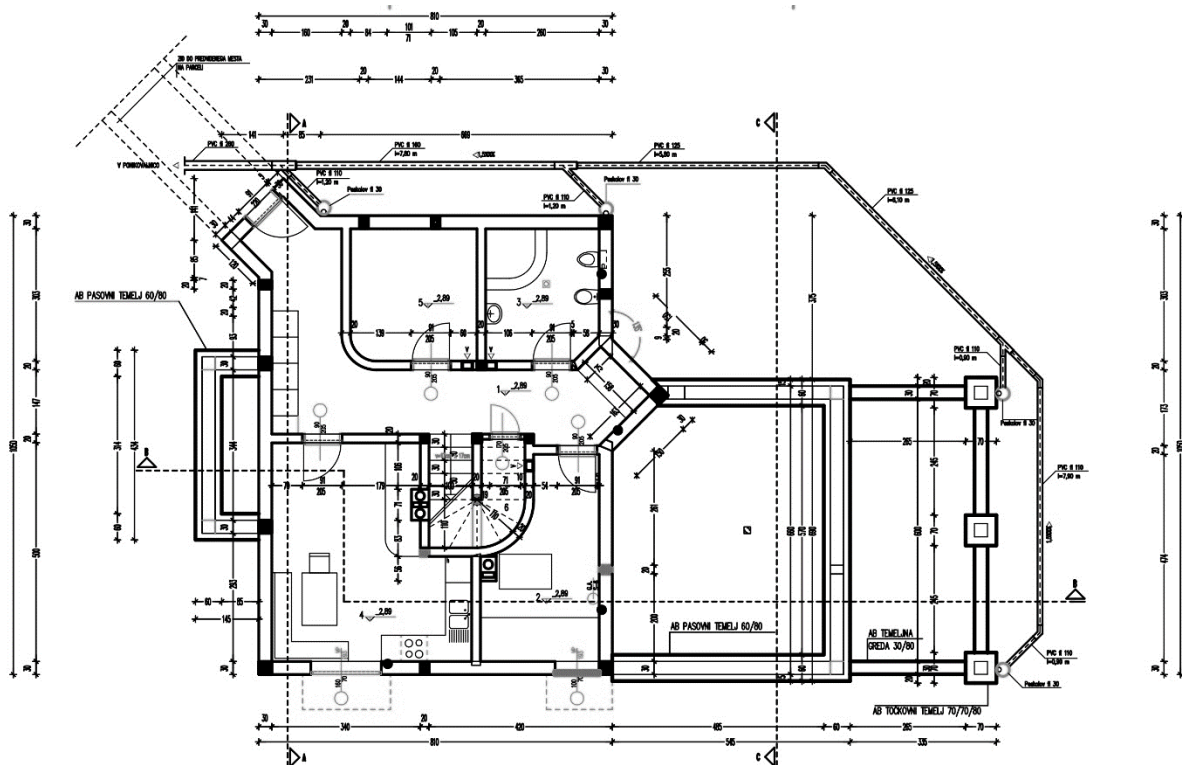
Ukrepe za zmanjšanje potrebe po energiji sem preverjal na enostanovanjski hiši (slika 3), ki je bila zgrajena v letu 2012. Neto bivalna površina objekta meri 207,80 m², svetla etažna višina je 2,55 m, kolenčni zid v mansardi 0,85 m. Stavba ima v celoti vkopano nekondicionirano klet (slika 4), v pritličju (slika 5) in mansardi (slika 6) pa je bivalni del. Neto površina kletnega dela je 69,34 m², pritličje in mansarda skupaj merita 207,80 m². Zidovi so v kletnem delu zgrajeni iz betonskih blokov, ostali pa iz modularnih opečnih. Plošče so armiranobetonske debeline 14 cm, streha je dvokapnica s frčadami v naklonu 40° prekrita z opečno kritino. Fasadna toplotna izolacija je debeline 15 cm iz ekspandiranega polistirena (EPS) z dodatkom grafita. Stene proti terenu so izolirane z 10 cm EPS, mansardni strop pa s celuloznimi vlakni v debelini 30 cm. Površine in faktorji toplotne prehodnosti so predstavljeni v preglednici 2. Toplotno prehodnost posameznih konstrukcijskih sklopov sem izračunal s programom za račun toplotne prehodnosti, analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS TEDI [16]. Podrobnejši opisi sestave konstrukcijskih sklopov so predstavljeni v prilogi A.

Preglednica 2: Površine in toplotna prehodnost konstrukcijskih sklopov

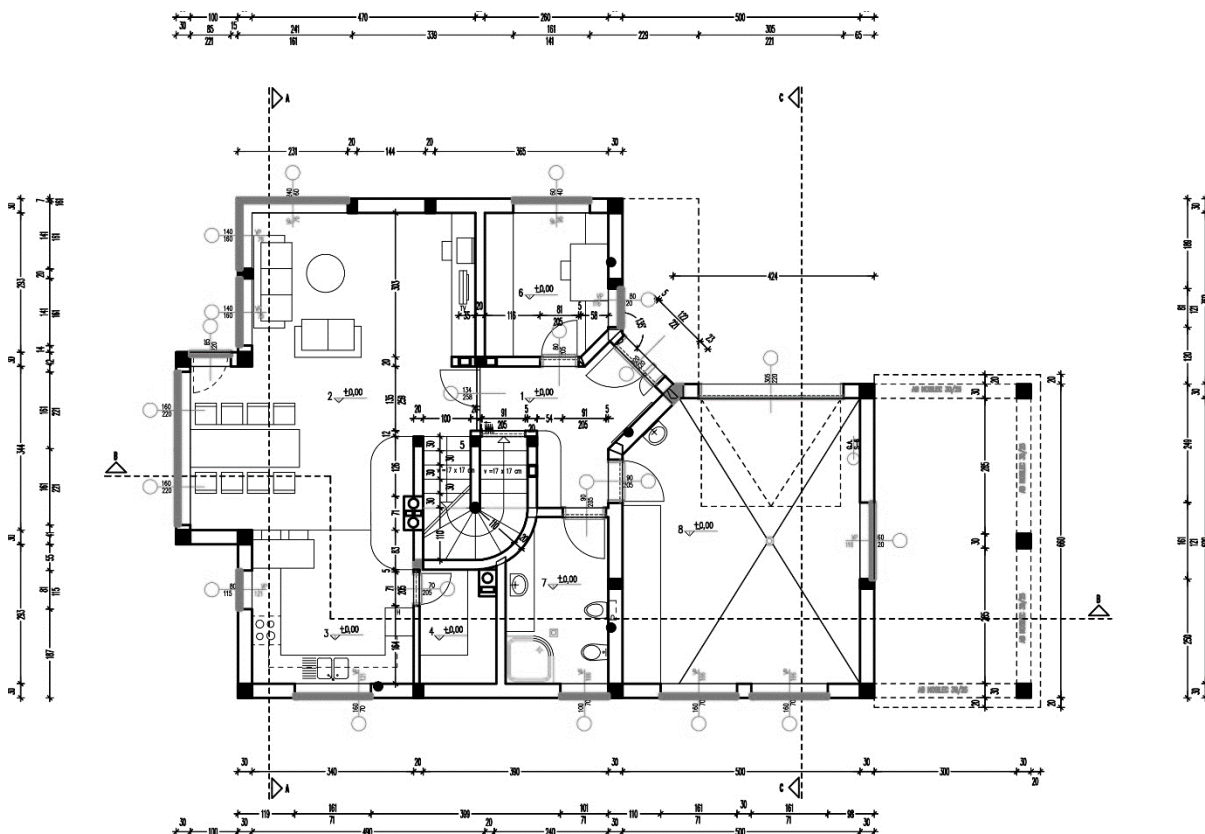
Konstrukcijski sklop	Površina (m ²)	Faktor toplotne prehodnosti (W/m ² K)
Zunanja stena nad terenom	188,77	0,187
Zunanja stena pod terenom	124,60	0,285
Streha	158,83	0,129
Tla v kleti	92,74	0,344



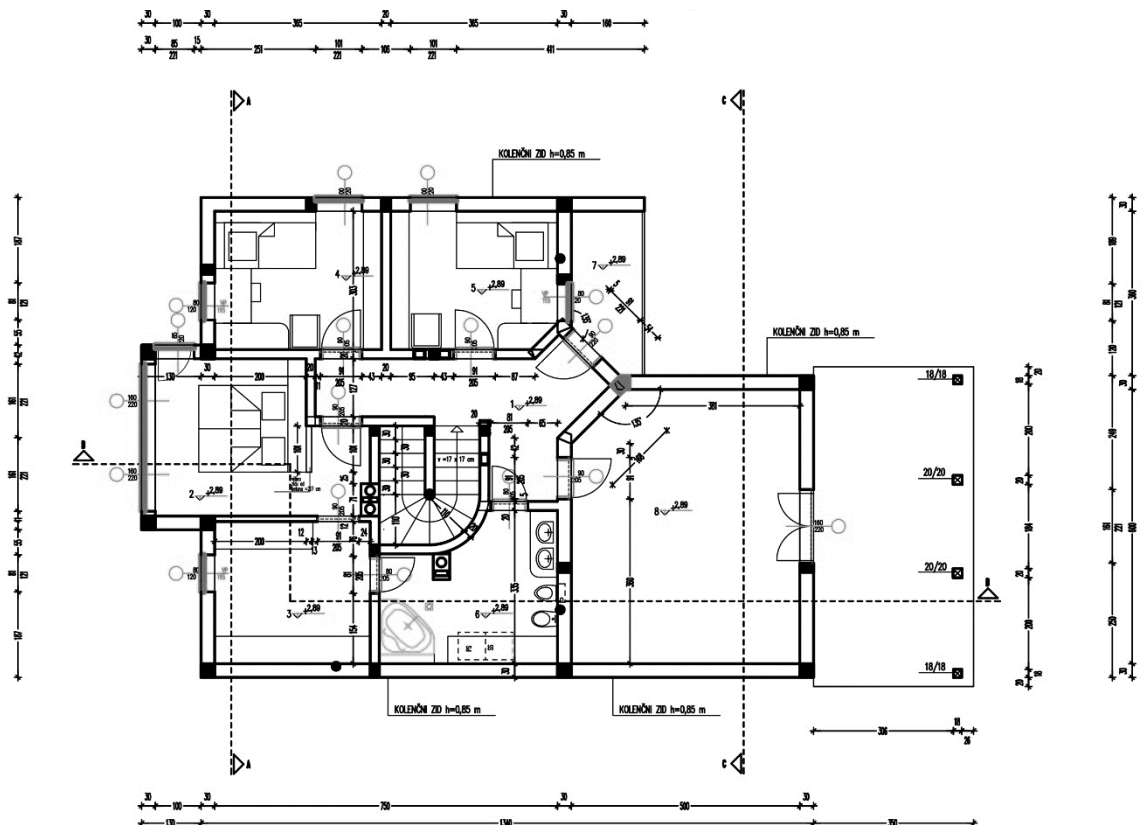
Slika 3: Pogled na južno (leva slika) in zahodno (desna slika) fasado (vir:[23])



Slika 4: Tloris kleti (vir:[23])



Slika 5: Tloris pritličja (vir:[23])



Slika 6: Tloris mansarde (vir:[23])

PVC okna z dvojno zasteklitvijo in plinskim polnjenjem so v večini orientirana proti jugu in zahodu. Izhodiščno stanje objekta je brez nočne izolacije in senčil (preglednica 3). Stavba je v bivalnem delu mehansko prezračevana s sistemom rekuperacije, ki vrača 85 odstotkov toplote. Za ploskovno ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode se uporablja toplotna črpalka zrak-voda z izkoristkom 3,5.

Preglednica 3: Podatki o transparentnih površinah

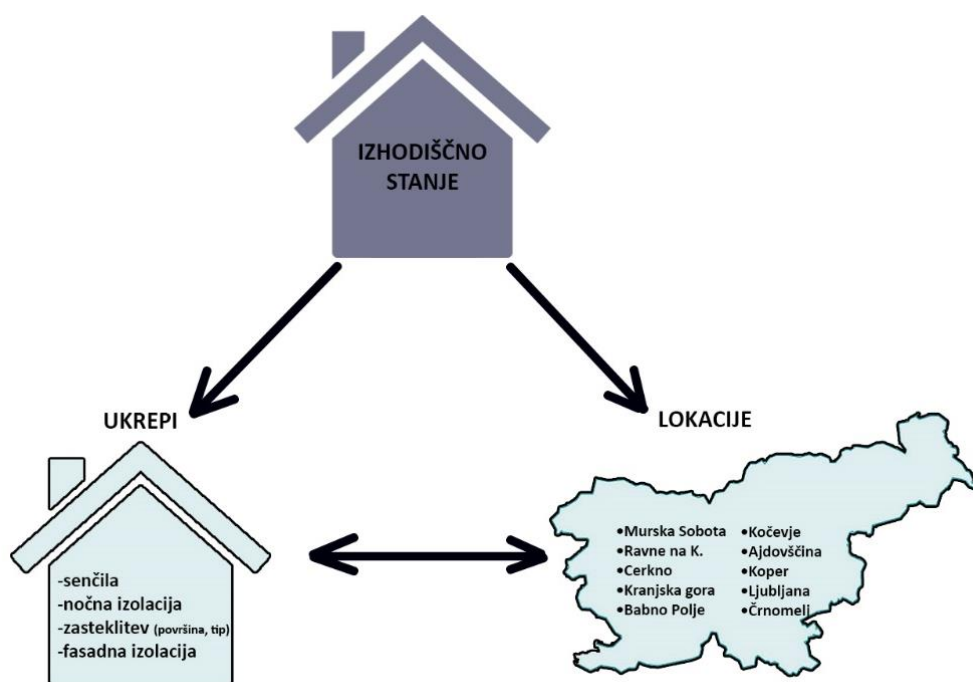
Stran neba	Površina elementov A_w (m^2)	Toplotna prehodnost U_w (W/m^2K)	Faktor prepustnosti sončne energije $g_{gl,q}$	Faktor okvirja FF_w	Toplotni upor nočne izolacije $R_{NI,w}$ (m^2K/W)
J	19,48	1,2	0,62	0,25	0
S	10,06	1,2	0,62	0,25	0
Z	19,49	1,2	0,62	0,3	0
V	5	1,2	0,62	0,25	0

3.5 Izbor ukrepov

Glede na izhodiščno stanje stavbe sem preveril kako določeni ukrepi vplivajo na energetska učinkovitost. Ker preverjam odziv ukrepov glede na klimatske pogoje, sem iz nabora ukrepov izbral naslednje (slika 7):

1. uporaba nočne izolacije (NI),
2. uporaba senčil,
3. povečanje površine zasteklitve za 20 odstotkov,
4. sprememba tipa zasteklitve iz dvojne na trojno,
5. povečanje debeline fasadne izolacije za 5 cm.

Podrobnejši opisi posameznih ukrepov so predstavljeni v nadaljnjih poglavjih.



Slika 7: Medsebojna odvisnost ukrepov in lokacij

4 IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE

Računalniški program TOST [5] omogoča izračun energetske bilance stavbe in izdelavo končnega poročila oziroma dokaza ustreznosti o toplotni zaščiti v skladu s standardom SIST EN ISO 13790 in pravilnikom PURES 2010 ter TSG4.

V program sem vnesel podatke o stavbi (vhodni podatki):

- tip stavbe po CC-SI – enostanovanjska stavba 11100 [17] ,
- lokacija (klimatski podatki),
- način ogrevanja, hlajenja in priprave tople vode, ki se definirajo s pomočjo izbire energenta ter faktorjev učinkovitosti na nivoju generacije, distribucije in emisije,
- toplotne cone,
- lastnosti konstrukcijskih sklopov stavbnega ovoja.

Rezultati, ki sem jih uporabil za ugotavljanje vplivov izbranih ukrepov in lokacije so naslednji (izhodni podatki):

- koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub H'_T ,
- letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine Q_{NH}/A_u ,
- letni potrebni hlad za hlajenje na enoto neto uporabne površine Q_{NC}/A_u ,
- solarni dobitki,
- transmisijske izgube.

4.1 Izhodiščno stanje

V nadaljnjih poglavjih bom opisal postopek vnosa vhodnih podatkov za izhodiščno stanje obravnavane stavbe.

Pri vnosu splošnih podatkov sem določil, da se mejne vrednosti upoštevajo po PURES-u 2010 [11] veljavnem do 31. decembra 2014, ker je bila stavba projektirana v letu 2008 . Vpliv toplotnih mostov bom pri vseh izračunih zanemaril. Za toplotno prevodnost zemljine (λ_g) bom vzel privzeto vrednost 2,0 W/mK. Energent za ogrevanje, hlajenje in pripravo tople vode je toplotna črpalka z učinkovitostjo generacije 3,5, distribucije 0,9 in emisije 0,8. Računskih obdobij nisem določil, ker po TSG4 za stanovanjske stavbe ni predvideno prekinjeno ogrevanje in hlajenje. Izhodiščno stanje ne bo imelo nočne izolacije in senčil, zato privzetih vrednosti v programu ne spreminjam. Hišo sem razdelil na dve kondicionirani coni in sicer na ogrevani bivalni del, ki ga sestavljata pritličje in mansarda ter na neogrevano klet.

4.2 Kondicionirana cona

Ogrevano cono torej tvorita pritličje in mansarda s skupno neto etažno površino:

- $A_u = A_u(\text{pritličje}) + A_u(\text{mansarda}) = 104,73 + 103,06 = 207,80 \text{ m}^2$

Neto prostornina ogrevane cone V_e :

- $V_e = 0,8 * (V_{\text{bruto(mansarda)}} + V_{\text{bruto(pritličje)}) = 0,8 * (281,64 + 320,92) = 482,05 \text{ m}^3$

Izberem srednjo vrsto konstrukcije glede na toplotno kapaciteto, na podlagi česar program izračuna efektivno toplotno kapaciteto obravnavane kondicionirane cone; $C = 33,99 \text{ MJ/K}$.

Določim projektno notranjo temperaturo pozimi $\theta_{\text{iph}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ in poleti $\theta_{\text{ipc}} = 26 \text{ }^\circ\text{C}$.

Notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi določim po poenostavljenem načinu predvidenim v TSG4 za stanovanjske stavbe:

- $\phi = 5 \text{ W/m}^2 * A_u = 5 * 200 = 1039 \text{ W} \approx 1000 \text{ W}$

Stavbo prezračuje rekuperacijski prezračevalni sistem z minimalno urno izmenjavo zraka $n_{\text{min}} = 0,6 \text{ h}^{-1}$.

Ostali parametri prezračevalnega sistema so predstavljeni v preglednici 4.

Preglednica 4: Karakteristike prezračevalnega sistema

Količina odtoka zraka V_{ex}	m^3/s	0,06
Količina dotoka zraka V_{su}	m^3/s	0,08
Pretok zraka pri naravnem prezračevanju V_o	m^3/s	0,00
Projektna vrednost količine pretoka prezračevalnega sistema $V_{\text{t,d}}$	m^3/s	0,08
Delež časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni β	(-)	0,75
Učinkovitost rekuperacijskega sistema η_v	(-)	0,85
Urna izmenjava pri tlačni razliki 50Pa n_{50}	h^{-1}	2,00
Koeficient zaščite proti vetru e		0,07
Koeficient izpostavljenosti vetru f		15,00

Sestava konstrukcijskega sklopa netransparentnega dela zunanje stene v izhodiščnem stanju stavbe je opisana v prilogi A, površina in toplotna prehodnost pa znašata:

- $A = 188,77 \text{ m}^2$
- $U = 0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$

Streha, ki je toplotno izolirana s celuloznimi vlakni (priloga A) pa ima naslednje karakteristike:

- $A = 158,83 \text{ m}^2$
- $U = 0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$

V naslednjem koraku sem izpolnil podatke o transparentnih konstrukcijskih sklopih. Zasteklitev oken s PVC okvirji je dvoslojna z nizkoemisijemskim nanosom in 61,5% prepustnostjo za celoten spekter sončnega sevanja (g faktor) [18]. Površine, orientacije in vsi potrebni gradbeno-fizikalni parametri transparentnega dela stavbnega ovoja so prikazani v preglednici 3.

Za dokončanje vnosa podatkov o kondicionirani coni je bil potreben le še vnos lastnosti stične površine med ogrevano in neogrevano cono stavbe - medetažna konstrukcija med pritličjem in kletjo (priloga A). Površina stične ploskve in faktor toplotne prehodnosti:

- $A=125,85 \text{ m}^2$
- $U=0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

V stavbi je zagotovljena topla sanitarna voda 365 dni v letu, gostota moči svetil v prostorih pa znaša; $PN=8 \text{ W/m}^2$.

4.3 Nekondicionirana cona z neogrevano kletjo

Nekondicionirano cono tvori popolnoma vkopana klet. Uporabna površina in neto prostornina cone sta:

- $A_u = 69,34 \text{ m}^2$
- $V_e = 0,8 * V_{\text{bruto(klet)}} = 0,8 * 240,20 = 192,16 \text{ m}^3$

Prezračevanje v kleti je naravno z urno izmenjavo zraka $0,3 \text{ h}^{-1}$. Zunanja stena proti terenu je zgrajena iz betonskih blokov ter na zunanji strani izolirana s ploščami iz ekspaniranega polistirena (EPS) za vkopane stene (priloga A). Na vzhodni strani stavbe so svetlobni jaški z okni z enakimi karakteristikami kot v bivalnem delu. Površina in toplotna prehodnost stene v stiku z zemljino sta:

- $A=124,60 \text{ m}^2$
- $U=0,285 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nato je bilo potrebno definirati še površino, toplotno prehodnost oziroma toplotni upor tal (priloga A). Površina tal je:

- $A_{\text{bf}}=92,74 \text{ m}^2$

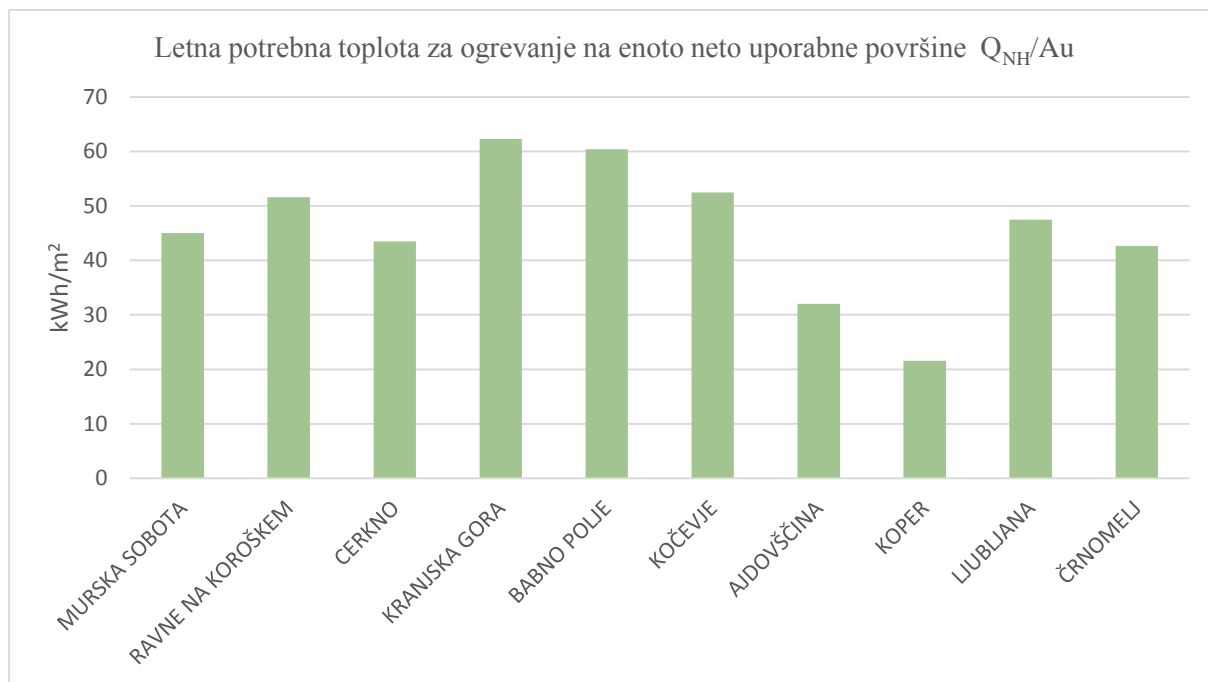
4.4 Predstavitev izračunanih energetskih kazalnikov za izhodiščno stanje

Kot sem pričakoval, dobim velik raztros vrednosti energetskih kazalnikov za stavbo na različnih lokacijah v Sloveniji. Podatki o potrebni toploti za ogrevanje, potrebnem hladu za hlajenje, transmisijskih izgubah in solarnih dobitkih so prikazani v preglednici 5.

Preglednica 5: Predstavitev energetskih vrednosti za izhodiščno stanje

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{nh}/Au (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{nc}/Au (kWh/m ²)	Transmisijske izgube (kWh/m ²)	Solarni dobitki (kWh/m ²)
MURSKA SOBOTA	45,02	21,72	79,74	66,10
RAVNE/KOROŠKEM	51,58	16,94	88,38	68,28
CERKNO	43,47	21,99	82,74	72,73
KRANJSKA GORA	62,28	12,24	102,79	75,08
BABNO POLJE	60,41	10,34	96,24	64,34
KOČEVJE	52,46	15,09	87,25	62,66
AJDOVŠČINA	32,05	32,11	73,07	77,89
KOPER	21,59	40,34	62,07	99,94
LJUBLJANA	47,49	21,47	81,25	65,59
ČRNOMELJ	42,67	24,02	78,74	82,19

Pričakovano največ toplote za ogrevanje potrebuje stavba v Kranjski Gori, kjer je povprečna letna temperatura zraka najnižja in so transmisijske izgube največje 102,79 kWh/m². Potrebna toplota je 62,28 kWh/m², zgolj dobro tretjino te vrednosti pa potrebuje stavba v Kopru in sicer 21,59 kWh/m². Razlika med skrajnima vrednostma znaša 40,69 kWh/m² (grafikon 2).



Grafikon 2: Predstavitev letne potrebne toplote za ogrevanje po lokacijah

Pričakoval sem, da bo v Kranjski Gori najmanjša potreba po hladu za hlajenje stavbe, vendar se izkaže, da je zaradi manjših solarnih dobitkov v Babnem Polju, tu potreba po hladu najmanjša in sicer 10,34 kWh/m². Največ potrebnega hladu 40,34 kWh/m² je v Kopru, kjer so solarni dobitki največji 99,94 kWh/m². Razlika v potrebnem hladu med Babnim Poljem in Koperom je tako 30,00 kWh/m² (grafikon 3).



Grafikon 3: Predstavitev letnega potrebnega hladu za hlajenje po lokacijah

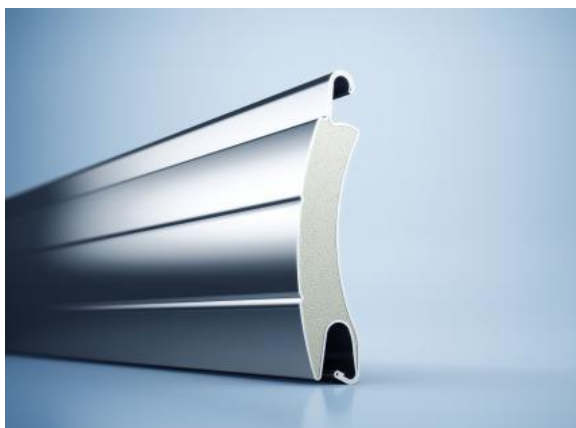
5 VPLIV UKREPOV ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE

Preveril sem vpliv posamičnih ukrepov navedenih v poglavju 3.5 na energetske učinkovitost stavbe hkrati pa sem variiral tudi lokacijo stavbe po Sloveniji. Z lokacijo sta pogojena povprečna letna temperatura in energija sončnega sevanja, ki neposredno vpliva na solarne dobitke v stavbi. Preveriti sem želel relativni učinek in s tem smiselnost določenega ukrepa na energetske učinkovitost stavbe na specifični lokaciji.

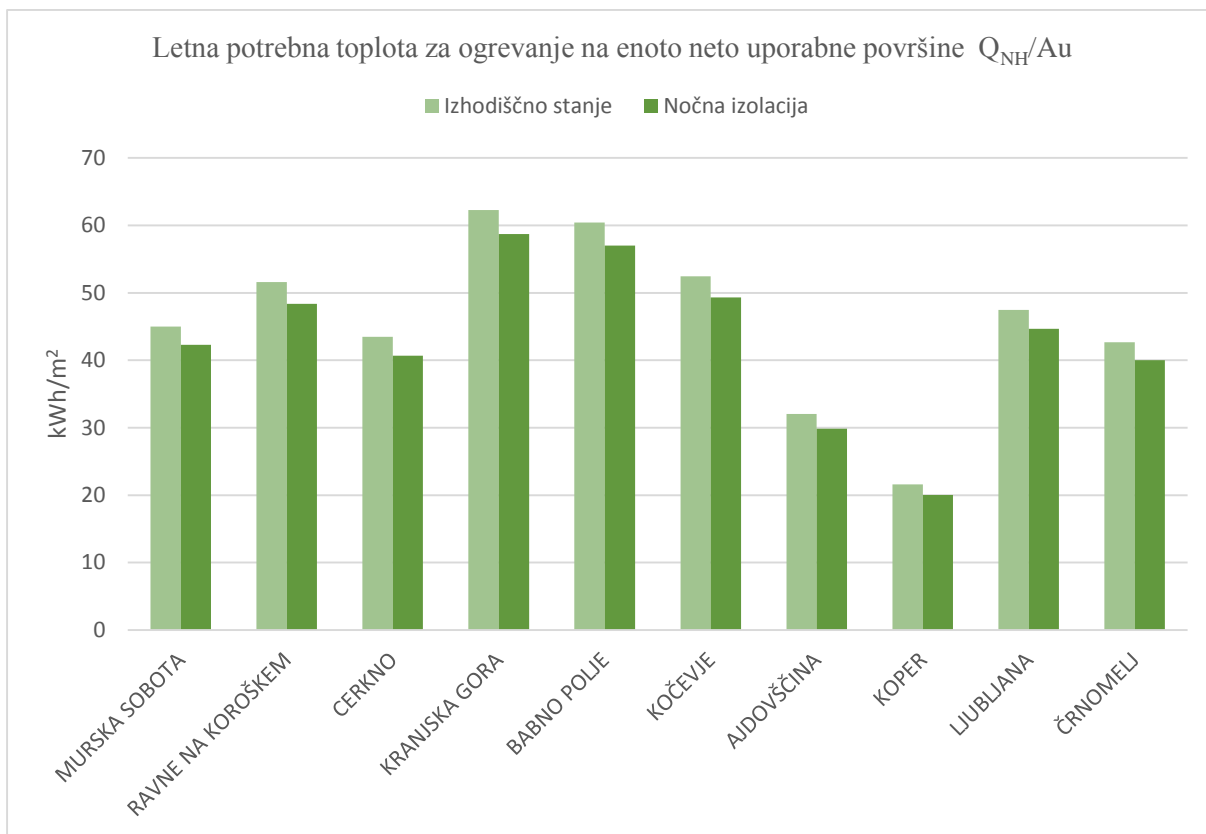
5.1 Nočna izolacija

Uporaba nočne izolacije (NI) je smiselna v obdobju ogrevanja v nočnem času, ko je veliko toplotnih izgub skozi transparentne dele ovoja, hkrati pa niso možni solarni dobitki in/ali kontakt z okolico. Nočno izolacijo predstavljajo npr. aluminijaste roletne lamele (slika 8), ki so polnjenje s poliuretansko peno. Polnilo prispeva k povečani toplotni upornosti in s tem k zmanjšanju toplotnih izgub skozi okna. V izračunu sem upošteval uporabo NI od oktobra do aprila. Vrednost toplotnega upora nočne izolacije je:

- $R_{NI}=0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ [19]



Slika 8: Roletna lamela (vir:[20])



Grafikon 4: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - NI (ogrevanje)

Rezultati vpliva uporabe NI so prikazani na grafikonu 4 in v preglednici 6. Uporaba NI vpliva na zmanjšanje transimisijskih izgub. Koefficient specifičnih transimisijskih izgub H_T se sicer ne spremeni in ostaja $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$. V povprečju se nam transimisijske izgube zmanjšajo za 3,36 %. Posledično to pomeni manj potrebne toplote za ogrevanje. V Kranjski Gori se izkaže, da znaša absolutna sprememba na enoto površine $3,58 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša 5,75 %, medtem ko v Kopru $1,58 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša 7,29 %. Kot sem pričakoval, nočna izolacija na vseh lokacijah ugodno vpliva na zmanjšanje porabe energije.

Preglednica 6: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - NI

	Potrebna toplota za ogrevanje Q _{nh} /Au (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q _{nc} /Au (kWh/m ²)	Transmisijske izgube (kWh/m ²)	Solarni dobitki (kWh/m ²)
MURSKA SOBOTA				
Izhodiščno stanje	45,02	21,72	79,74	66,10
Ukrep	42,28	21,73	77,14	66,34
Relativna sprememba (%)	-6,08	0,05	-3,26	0,36
RAVNE/KOROŠKEM				
Izhodiščno stanje	51,58	16,94	88,38	68,28
Ukrep	48,37	16,90	85,13	68,32
Relativna sprememba (%)	-6,22	-0,24	-3,68	0,06
CERKNO				
Izhodiščno stanje	43,47	21,99	82,74	72,73
Ukrep	40,69	21,95	80,2	72,95
Relativna sprememba (%)	-6,40	-0,18	-3,07	0,30
KRANJSKA GORA				
Izhodiščno stanje	62,28	12,24	102,79	75,08
Ukrep	58,70	12,05	98,84	74,78
Relativna sprememba (%)	-5,75	-1,55	-3,84	-0,40
BABNO POLJE				
Izhodiščno stanje	60,41	10,34	96,24	64,34
Ukrep	57,02	10,14	92,31	63,89
Relativna sprememba (%)	-5,61	-1,93	-4,08	-0,70
KOČEVJE				
Izhodiščno stanje	52,46	15,09	87,25	62,66
Ukrep	49,30	15,04	84,05	62,65
Relativna sprememba (%)	-6,02	-0,33	-3,67	-0,02
AJDOVŠČINA				
Izhodiščno stanje	32,05	32,11	73,07	77,89
Ukrep	29,84	32,28	70,61	77,72
Relativna sprememba (%)	-6,90	0,53	-3,37	-0,22
KOPER				
Izhodiščno stanje	21,59	40,34	62,07	99,94
Ukrep	20,01	40,74	60,61	100,36
Relativna sprememba (%)	-7,29	0,99	-2,35	0,42
LJUBLJANA				
Izhodiščno stanje	47,49	21,47	81,25	65,59
Ukrep	44,66	21,47	78,59	65,82
Relativna sprememba (%)	-5,96	0,00	-3,27	0,35
ČRNOMELJ				
Izhodiščno stanje	42,67	24,02	78,74	82,19
Ukrep	40,04	24,08	76,36	82,56
Relativna sprememba (%)	-6,16	0,25	-3,02	0,45

5.2 Senčila

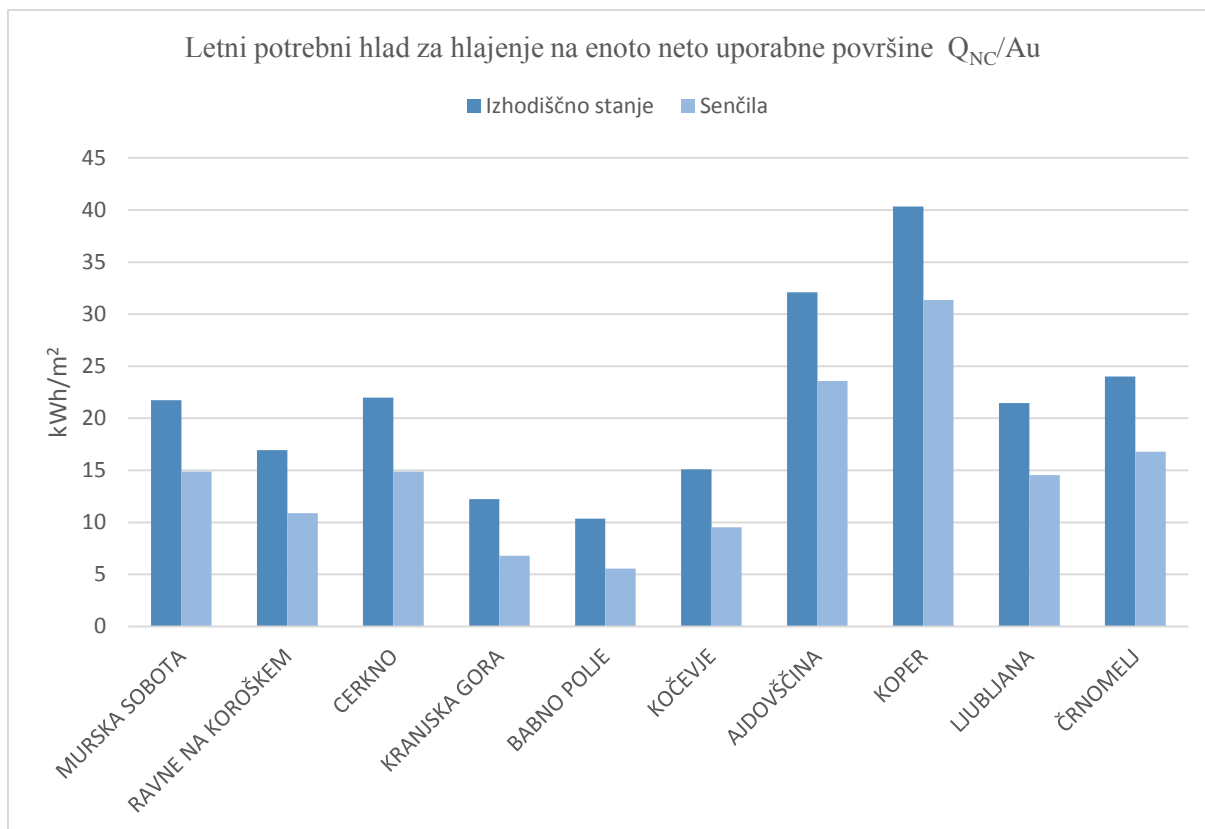
S senčili (slika 9) zmanjšujemo pretok solarnih dobitkov v stavbo in preprečujemo potencialno pregrevanje prostorov. Uporaba senčil je smiselna v poletnih mesecih, ko se pojavlja potreba po hlajenju prostorov. Z namestitvijo senčil tako zmanjšamo potrebo po energiji za hlajenje Q_{NC} . Uporabo senčil sem upošteval v mesecih od junija do avgusta. S senčenjem transparentnih površin zmanjšamo faktor prepustnosti celotnega sončnega obsevanja g , ki pomeni razmerje vpadle in prepuščene gostote energijskega toka sončnega obsevanja. Določi se kot produkt faktorjev prepustnosti posamičnih plasti (stekla g_{st} in senčila g_s) [12]. Upošteval sem 30° nagib zunanjih žaluzij, g_s znaša 0,5, g_{st} pa 0,62.

Izračun faktorja prepustnosti celotnega sončnega obsevanja:

- $g = g_{st} * g_s = 0,62 * 0,5 = 0,31$



Slika 9: Zunanje žaluzije (vir:[21])



Grafikon 5: Primerjava izhodiščnega stanja in ukrepa - senčila (ogrevanje)

Rezultati vpliva senčil so prikazani v grafikonu 5 in preglednici 7. Z zmanjšanjem faktorja prepustnosti sončnega obsevanja se v stavbi zmanjšajo solarni pritoki. V povprečju se zmanjšajo za 12,58 %. Največje absolutno zmanjšanje solarnih pritokov je po pričakovanju v Kopru in sicer 16,41 kWh/m², kar znaša 16,42 %, najmanjše pa v Kočevju 7,43 kWh/m², kar znaša 11,86 %.

Senčila zmanjšajo potrebo po hlajenju v povprečju za 33,86 %. Največja absolutna razlika v potrebnem hladu za hlajenje prostorov je tam, kjer je največje pregrevanje stavbe, to je v Kopru. Ta znaša 8,99 kWh/m², kar znaša 22,29 %. Najmanjša absolutna razlika je v Babnem Polju 4,79 kWh/m², kar znaša 46,33 %. Senčila so torej smiselna na vseh lokacijah, saj je za stavbo v izhodiščni varianti potrebno hlajenje.

Preglednica 7: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - senčila

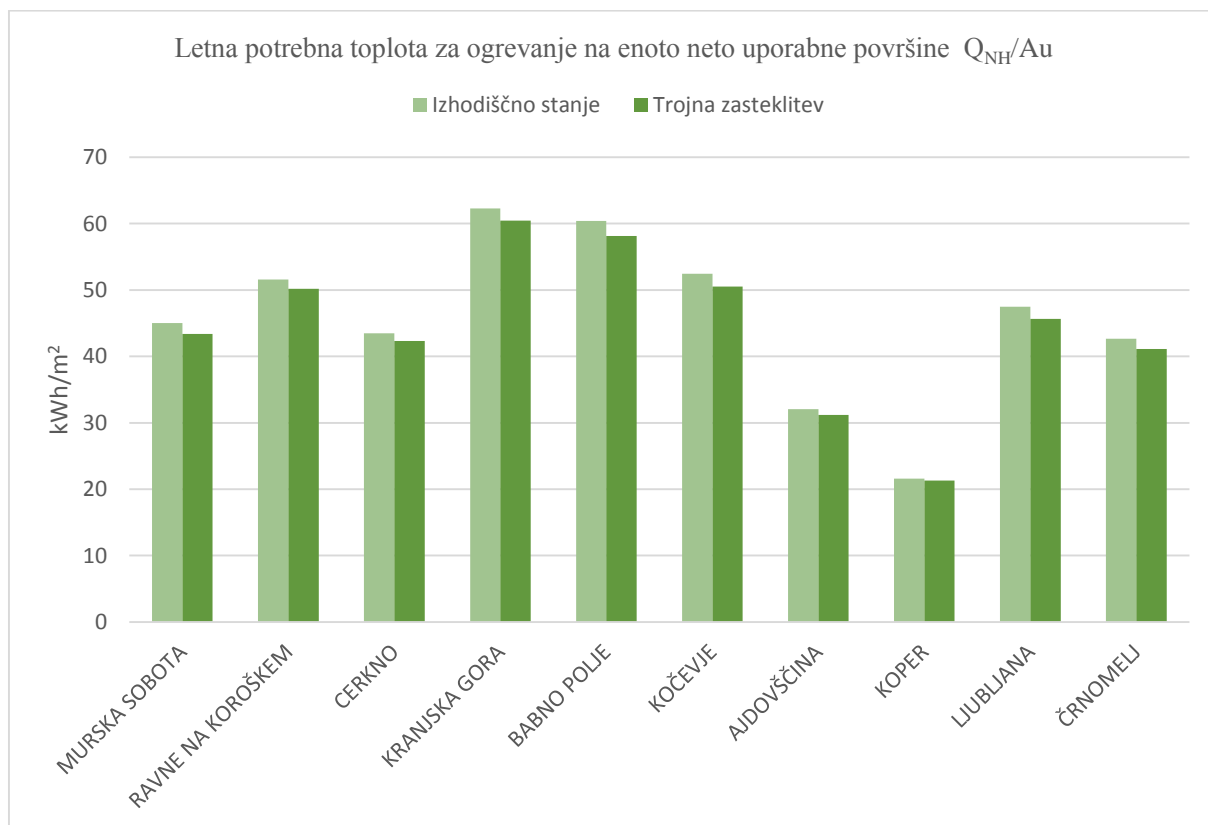
	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{nh}/Au (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{nc}/Au (kWh/m ²)	Transmisijske izgube (kWh/m ²)	Solarni dobitki (kWh/m ²)
MURSKA SOBOTA				
Izhodiščno stanje	45,02	21,72	79,74	66,10
Ukrep	45,02	14,88	79,74	58,21
Relativna sprememba %	0,00	-31,49	0,00	-11,94
RAVNE/KOROŠKEM				
Izhodiščno stanje	51,58	16,94	88,38	68,28
Ukrep	51,58	10,87	88,38	60,56
Relativna sprememba %	0,00	-35,83	0,00	-11,31
CERKNO				
Izhodiščno stanje	43,47	21,99	82,74	72,73
Ukrep	43,47	14,87	82,74	64,35
Relativna sprememba %	0,00	-32,38	0,00	-11,52
KRANJSKA GORA				
Izhodiščno stanje	62,28	12,24	102,79	75,08
Ukrep	62,28	6,80	102,79	66,95
Relativna sprememba %	0,00	-44,44	0,00	-10,83
BABNO POLJE				
Izhodiščno stanje	60,41	10,34	96,24	64,34
Ukrep	60,41	5,55	96,24	55,95
Relativna sprememba %	0,00	-46,32	0,00	-13,04
KOČEVJE				
Izhodiščno stanje	52,46	15,09	87,25	62,66
Ukrep	52,46	9,51	87,25	55,23
Relativna sprememba %	0,00	-36,98	0,00	-11,86
AJDOVŠČINA				
Izhodiščno stanje	32,05	32,11	73,07	77,89
Ukrep	32,05	23,59	73,07	68,88
Relativna sprememba %	0,00	-26,53	0,00	-11,57
KOPER				
Izhodiščno stanje	21,59	40,34	62,07	99,94
Ukrep	21,59	31,35	62,07	83,53
Relativna sprememba %	0,00	-22,29	0,00	-16,42
LJUBLJANA				
Izhodiščno stanje	47,49	21,47	81,25	65,59
Ukrep	47,49	14,55	81,25	57,64
Relativna sprememba %	0,00	-32,23	0,00	-12,12
ČRNOMELJ				
Izhodiščno stanje	42,67	24,02	78,74	82,19
Ukrep	42,67	16,79	78,74	69,71
Relativna sprememba %	0,00	-30,10	0,00	-15,18

5.3 Trojna zasteklitev

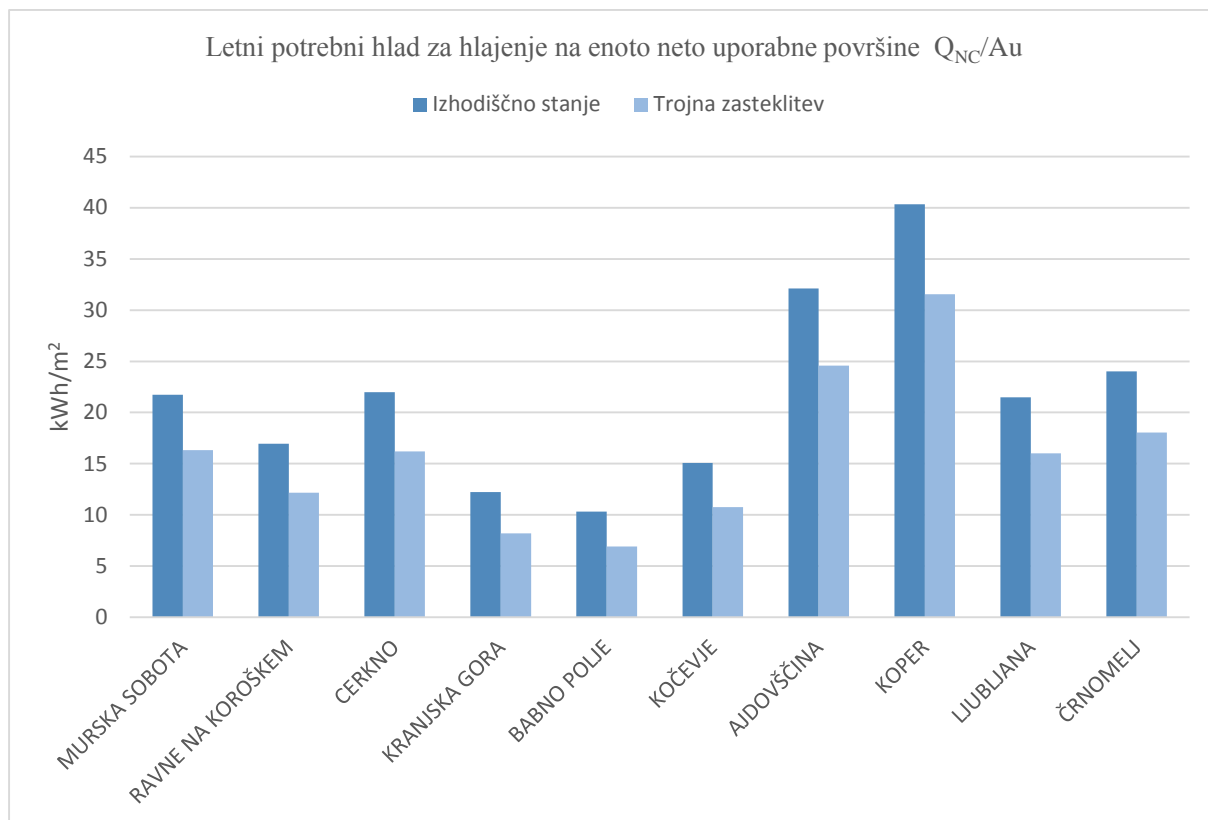
Skozi transparentni ovoja stavba pridobiva energijo sončnega sevanja (solarni dobitki), vendar so hkrati skozi okna tudi največje transmisijske toplotne izgube saj imajo le ta v primerjavi z netransparentnim delom ovoja veliko večji U faktor.. Za zmanjšanje izgub skozi okna je pomembna pravilna izbira kvalitetnih okenskih profilov, vgradnja, načrtovanje izolacije roletnih omaric in ne nazadnje kvaliteta zasteklitve. Danes so praktično vsa okna pri novogradnjah zastekljena vsaj z dvojnimi stekli z nizkoemisijemskim nanosom in plinskim polnjenjem. Kot ukrep za izboljšanje učinkovitosti stavbe sem predvidel trojno zasteklitev. Troslojno steklo pomeni zmanjšanje faktorja toplotne prehodnosti, vendar ob enem tudi zmanjšanje prepustnosti za sončno sevanje, tako v vidnem, kot tudi v bližnjem infrardečem spektru. Lastnosti v izračunu uporabljene troslojne zasteklitve so prikazane v preglednici 8.

Preglednica 8: Sprememba zasteklitve

	Faktor U_w [W/m^2K]	g
Dvojna zasteklitev	1,2	0,62
Trojna zasteklitev	0,88	0,49



Grafikon 6: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - trojna zasteklitev (ogrevanje)



Grafikon 7: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - trojna zasteklitev (hlajenje)

Rezultati vpliva trojne zasteklitve so prikazani v grafikonih 6 in 7 ter v preglednici 9. Trojna zasteklitev zmanjša koeficient specifičnih transmisijskih izgub H_T za $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$, ki tako znaša $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$. S tem je dosežena tudi najnižja vrednost H_T izmed vseh ukrepov .

V Babnem Polju se z uporabo trojne zasteklitve potrebna toplota za ogrevanje zmanjša za največ $2,26 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $3,74 \%$, najmanjša razlika pa se pričakovano pokaže v Kopru in sicer $0,31 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $1,41 \%$. Trojna zasteklitev v primerjavi z dvojno prispeva le minimalno k zmanjšanju ogrevanja, kar je v nasprotju z mojimi pričakovanji.

Je pa ta ukrep veliko bolj učinkovit glede zmanjšanja potrebne energije za hlajenje stavbe v poletnem času. Zaradi nižjega faktorja g se izkaže, da stavba v povprečju potrebuje $26,95 \%$ manj energije za hlajenje kot v izhodiščni varianti. Največja absolutna razlika je v Kopru, ta znaša $8,80 \text{ kWh/m}^2$, kar predstavlja $21,81 \%$ znižanje, najmanjša razlika pa v Babnem Polju $3,42 \text{ kWh/m}^2$, kar sicer znaša $33,08 \%$ glede na izhodiščno situacijo.

Preglednica 9: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - trojna zasteklitev

	Potrebna toplota za ogrevanje Q _{nh} /Au (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q _{nc} /Au (kWh/m ²)	Transmisijske izgube (kWh/m ²)	Solarni dobitki (kWh/m ²)
MURSKA SOBOTA				
Izhodiščno stanje	45,02	21,72	79,74	66,1
Ukrep	43,39	16,32	68,99	51,06
Relativna sprememba %	-3,62	-24,86	-13,48	-22,75
RAVNE/KOROŠKEM				
Izhodiščno stanje	51,58	16,94	88,38	68,28
Ukrep	50,2	12,17	77,08	52,88
Relativna sprememba %	-2,68	-28,16	-12,79	-22,55
CERKNO				
Izhodiščno stanje	43,47	21,99	82,74	72,73
Ukrep	42,31	16,2	71,42	56,1
Relativna sprememba %	-2,67	-26,33	-13,68	-22,87
KRANJSKA GORA				
Izhodiščno stanje	62,28	12,24	102,79	75,08
Ukrep	60,47	8,21	87,84	57,27
Relativna sprememba %	-2,91	-32,92	-14,54	-23,72
BABNO POLJE				
Izhodiščno stanje	60,41	10,34	96,24	64,34
Ukrep	58,15	6,92	82,11	49,02
Relativna sprememba %	-3,74	-33,08	-14,68	-23,81
KOČEVJE				
Izhodiščno stanje	52,46	15,09	87,25	62,66
Ukrep	50,5	10,76	75,67	48,42
Relativna sprememba %	-3,74	-28,69	-13,27	-22,73
AJDOVŠČINA				
Izhodiščno stanje	32,05	32,11	73,07	77,89
Ukrep	31,21	24,58	62,64	60,49
Relativna sprememba %	-2,62	-23,45	-14,27	-22,34
KOPER				
Izhodiščno stanje	21,59	40,34	62,07	99,94
Ukrep	21,28	31,54	52,87	77,94
Relativna sprememba %	-1,43	-21,81	-14,82	-22,01
LJUBLJANA				
Izhodiščno stanje	47,49	21,47	81,25	65,59
Ukrep	45,65	16,03	70,19	50,51
Relativna sprememba %	-3,87	-25,34	-13,61	-22,99
ČRNOMELJ				
Izhodiščno stanje	42,67	24,02	78,74	82,19
Ukrep	41,14	18,05	67,7	63,69
Relativna sprememba %	-3,59	-24,85	-14,02	-22,51

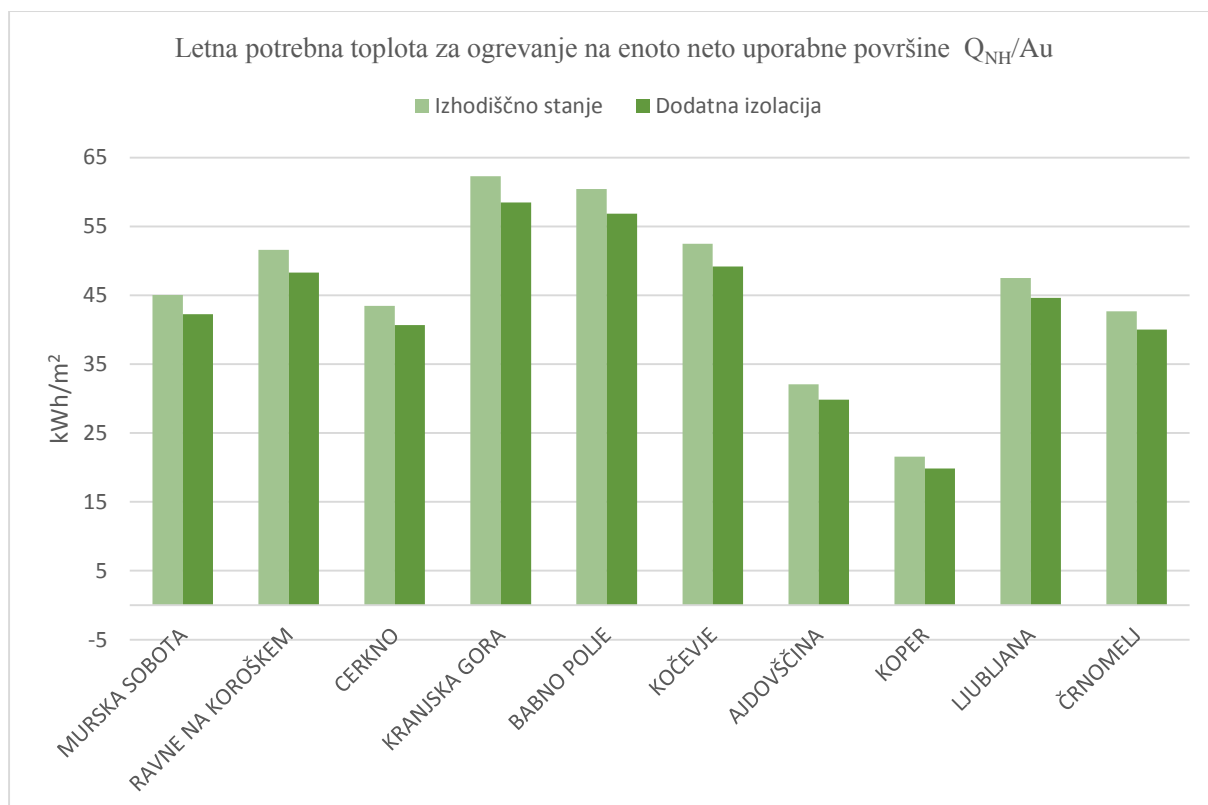
5.4 Povečanje debeline toplotne izolacije

Kot naslednji ukrep, ki sem ga preučil je povečanje debeline toplotne izolacije. Za ukrep sem predvidel zgolj povečanje debeline toplotne izolacije fasadnega ovoja, ne pa tudi strehe. Za to sem se odločil zaradi relativno velike razlike med U faktorjem zunanje stene ($0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$), in strehe ($0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$).

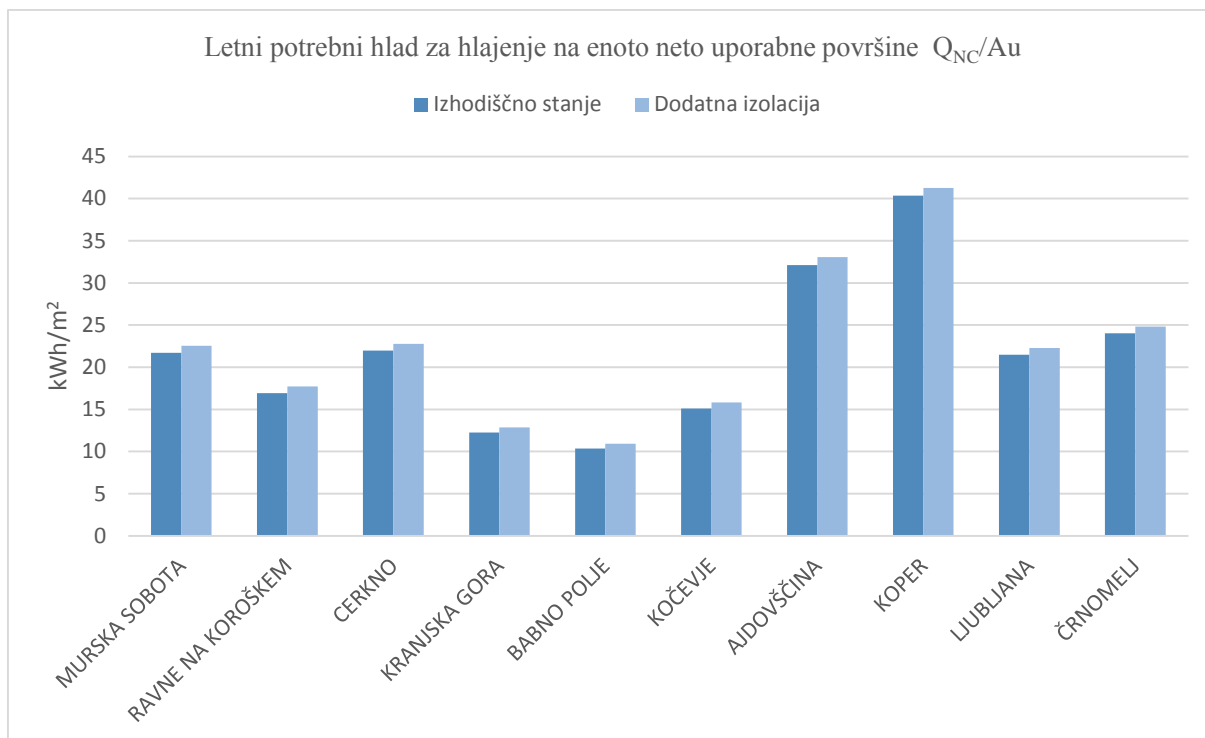
Toplotna izolacija je najpomembnejši in stroškovno najučinkovitejši ukrep za varčevanje z energijo. Obstajajo razne študije povezane z optimalno debelino toplotne izolacije. V [22] je predstavljena ekonomična debelina kontaktne toplotne izolacije fasadnega sloja, ki je primerna za klimatske pogoje v Sloveniji. Študija temelji na ekonomskih dejavnikih kot so: stroški gradnje, vzdrževanja, obratovanja stavbe, trendi gibanja cen energije, materialov, ipd. Na podlagi teh dejavnikov je ocenjena ekonomična debelina toplotne izolacije na 26 cm.

Ker namen te naloge ni stroškovna učinkovitost, vendar zgolj prikaz vpliva spremembe, sem se odločil, da glede na izhodiščno varianto povečam debelino toplotne izolacije za 5 cm.

Stavba ima v izhodiščnem stanju 15 cm debelo toplotno izolacijo, z ukrepom jo povečam na 20 cm ($U=0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$). Tu so bila pričakovanja glede prihranka energije za ogrevanje največja. Sestava konstrukcijskega sklopa je predstavljena v prilogi A.



Grafikon 8: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - dodatna toplotna izolacija (ogrevanje)



Grafikon 9: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - dodatna toplotna izolacija (hlajenje)

Rezultati vpliva povečanja toplotne izolacije so predstavljeni v grafikonih 8 in 9 ter preglednici 10. Kljub temu, da je stavba v izhodiščnem stanju že precej dobro izolirana pa dodatnih 5 cm fasadne toplotne izolacije največ pripomore k prihranku energije potrebne za ogrevanje. Zaradi zmanjšanja transmisijskih izgub skozi ovoj pa se poveča tudi potreba energije za hlajenje v času pregrevanja prostorov. Koefficient specifičnih transmisijskih izgub H_T' znaša $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar je za $0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$ manj kot v primeru izhodiščnega stanja.

V Ajdovščini je največja sprememba glede potrebne energije za hlajenje in sicer se poveča za $0,95 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $2,96 \%$. Najmanj se spremeni v Babnem Polju, kjer se poveča za $0,60 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $5,80 \%$. Torej povečanje debeline toplotne izolacije ne vpliva bistveno na potrebo po hladu, je pa najbolj učinkovit ukrep glede zmanjšanja potrebne toplote za ogrevanje. V povprečju se zmanjša za $2,89 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $6,43 \%$. Največja absolutna razlika je v Kranjski Gori $3,79 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $6,09 \%$. V Kopru pa je ta razlika $1,73 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $8,01 \%$.

Ukrep torej pozitivno vpliva na porabo energije za ogrevanje in negativno na porabo energije za hlajenje. Povečanje debeline toplotne izolacije vpliva ugodno na skupno porabo energije (toplota in hlad). Povprečna kumulativna sprememba porabe energije se zmanjša za $2,11 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $3,13 \%$. Najbolj ugoden vpliv se pokaže v Kranjski Gori, kjer se skupna poraba energije zmanjša za $3,15 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $4,23 \%$, najmanjši vpliv ukrepa pa je v Kopru, kjer razlika znaša le $0,81 \text{ kWh/m}^2$, kar predstavlja $1,31 \%$ zmanjšanje.

Preglednica 10: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - dodatna toplotna izolacija

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{nh}/Au (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{nc}/Au (kWh/m ²)	Transmisijske izgube (kWh/m ²)	Solarni dobitki (kWh/m ²)
MURSKA SOBOTA				
Izhodiščno stanje	45,02	21,72	79,74	66,1
Ukrep	42,27	22,53	76,09	66,46
Relativna sprememba %	-6,11	3,73	-4,58	0,54
RAVNE/KOROŠKEM				
Izhodiščno stanje	51,58	16,94	88,38	68,28
Ukrep	48,28	17,74	83,99	68,49
Relativna sprememba %	-6,40	4,72	-4,97	0,31
CERKNO				
Izhodiščno stanje	43,47	21,99	82,74	72,73
Ukrep	40,67	22,76	79,11	73,02
Relativna sprememba %	-6,44	3,50	-4,39	0,40
KRANJSKA GORA				
Izhodiščno stanje	62,28	12,24	102,79	75,08
Ukrep	58,49	12,88	97,75	74,89
Relativna sprememba %	-6,09	5,23	-4,90	-0,25
BABNO POLJE				
Izhodiščno stanje	60,41	10,34	96,24	64,34
Ukrep	56,83	10,94	91,62	64,13
Relativna sprememba %	-5,93	5,80	-4,80	-0,33
KOČEVJE				
Izhodiščno stanje	52,46	15,09	87,25	62,66
Ukrep	49,18	15,82	83,04	62,86
Relativna sprememba %	-6,25	4,84	-4,83	0,32
AJDOVŠČINA				
Izhodiščno stanje	32,05	32,11	73,07	77,89
Ukrep	29,83	33,06	69,63	77,74
Relativna sprememba %	-6,93	2,96	-4,71	-0,19
KOPER				
Izhodiščno stanje	21,59	40,34	62,07	99,94
Ukrep	19,86	41,26	59,43	99,89
Relativna sprememba %	-8,00	2,28	-4,25	-0,05
LJUBLJANA				
Izhodiščno stanje	47,49	21,47	81,25	65,59
Ukrep	44,63	22,27	77,54	65,93
Relativna sprememba %	-6,02	3,73	-4,57	0,52
ČRNOMELJ				
Izhodiščno stanje	42,67	24,02	78,74	82,19
Ukrep	40,04	24,83	75,33	82,42
Relativna sprememba %	-6,16	3,37	-4,33	0,28

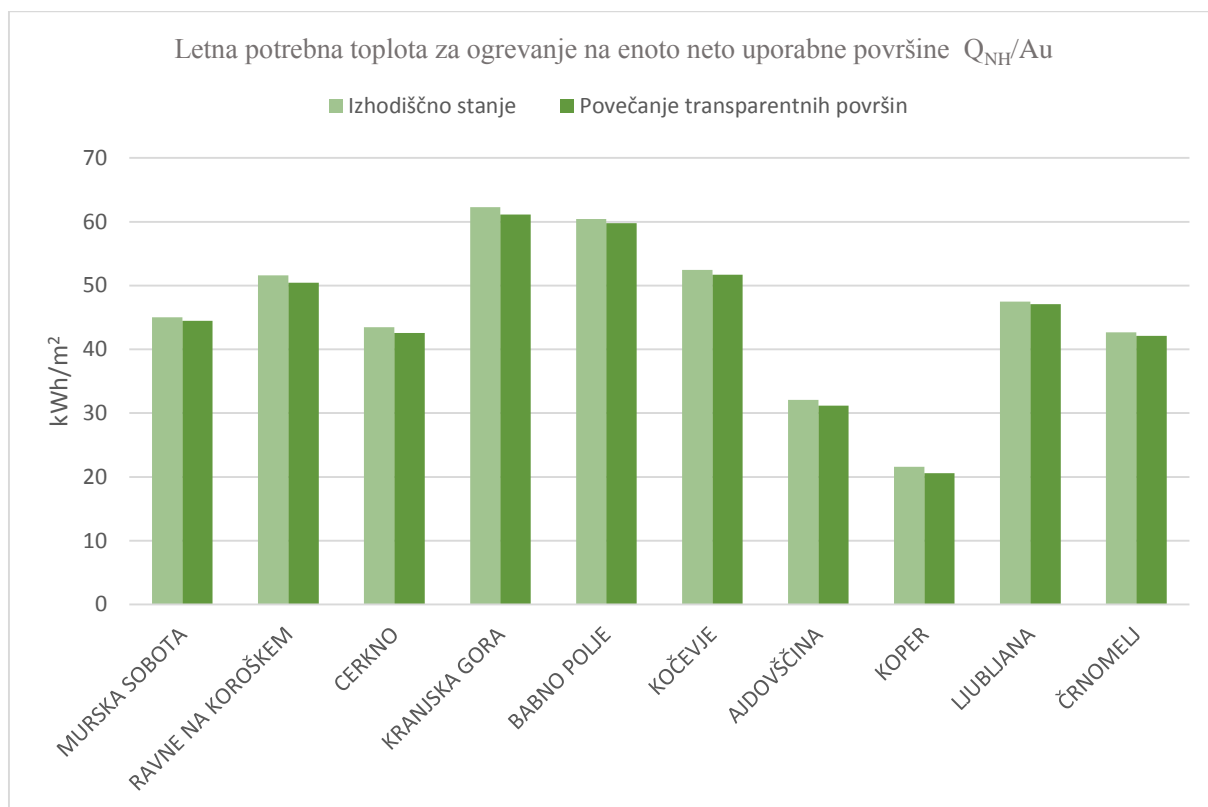
5.5 Povečanje površine transparentnega ovoja

S povečanjem površine zastekljenega dela ovoja povečamo naravno osvetljenost prostorov in izboljšamo vizualno ugodje. Kot sem že omenil skozi okna dobimo solarne dobitke, vendar pa imajo steklene površine obenem najvišje transmisijske izgube. Zato je tu največkrat potrebno poiskati kompromis in najti optimizirano rešitev.

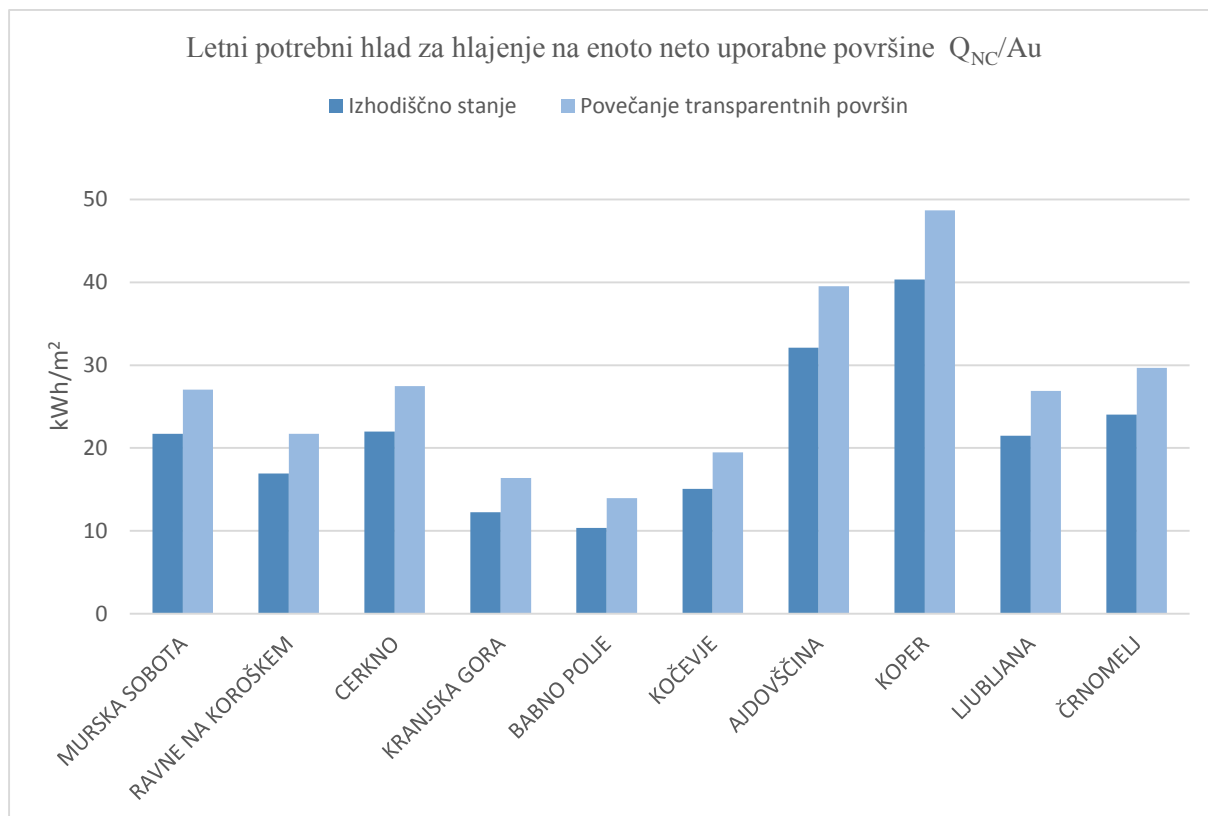
S tem, ko sem povečal površine transparentnega ovoja za 20 %, sem na drugi strani zmanjšal površino netransparentnega dela stavbnega ovoja. Povečanje površine oken sem predvidel na južni, vzhodni in zahodni strani stavbe, ker skozi severno orientirana okna nimamo bistvenih dobitkov sončne energije. V preglednici 11 so podane nove površine oken glede na orientacijo.

Preglednica 11: Podatki o transparentnih površinah

Stran neba	$A_w(m^2)$
J	23,38
S	10,06
Z	23,39
V	6,00



Grafikon 10: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - povečanje površine transparentnega ovoja (ogrevanje)



Grafikon 11:Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - povečanje površine transparentnega ovoja (hlajenje)

Rezultati vpliva povečanja transparentnih površin so prikazani v grafikonih 10 in 11 ter preglednici 12.

S tem ukrepom sem pričakoval, da se bo zmanjšala potreba po ogrevanju predvsem na lokacijah, ki dobijo več sončne energije, kar se je izkazalo za pravilno.

Zaradi povečane površine stavbnega ovoja z višjim U faktorjem, se je pričakovano povečal koeficient specifičnih transmisijskih izgub in sicer za $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$, ter znaša $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$. Razmerje transmisijskih izgub in solarnih dobitkov pa negativno vpliva na rabo energije. To je tudi edini ukrep, kjer se povečajo transmisijske izgube, kar je logično saj skozi okna zaradi višjega U faktorja energija lažje prehaja kot skozi netransparentni del ovoja.

Potrebna toplota za ogrevanje se najbolj zmanjša v Kranjski Gori za $1,14 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $1,83 \%$. Najmanjša sprememba pa je v Ljubljani $0,42 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $0,88 \%$. V povprečju se potrebna toplota za ogrevanje stavbe zmanjša za $0,80 \text{ kWh/m}^2$, kar znaša $1,94 \%$.

Ukrep povečanja površine transparentnega ovoja izdatno poslabša stanje glede porabe energije za hlajenje. V Kopru se potreba po hladu poveča kar za 8,35 kWh/m², kar znaša 20,70 %, najmanjše povečanje pa je v Babnem Polju in sicer 3,61 kWh/m², kar znaša 34,91 %.

Na vseh lokacijah ta ukrep negativno vpliva na skupno porabo energije (toplota in hlad). V povprečju znaša kumulativna sprememba porabe energije 4,66 kWh/m², kar znaša 7,01 %. Največja kumulativna razlika v porabi energije se pojavi v Kopru, kjer znaša 7,36 kWh/m², kar pomeni 11,88 % poslabšanje izhodiščne variante, najmanjša pa v Babnem Polju 2,99 kWh/m², kar znaša 4,23 %.

Ocenim, da je površina transparentnega dela ovoja nekako že optimizirana v izhodiščnem stanju, saj izračuni povedo, da tak ukrep pri danih karakteristikah oken zgolj poslabša energetske učinkovitost stavbe.

Kljub temu, da ukrep energetske bilanco izdatno poslabša, pa bom v nadaljnjem poglavju dokazal, da povečanje transparentnega ovoja v kombinaciji s senčenjem in trojno zasteklitvijo ugodno vpliva na porabo energije.

Preglednica 12: Primerjava izhodiščnega stanja z ukrepom - povečanje transparentnega ovoja

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{nh}/Au (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{nc}/Au (kWh/m ²)	Transmisijske izgube (kWh/m ²)	Solarni dobitki (kWh/m ²)
MURSKA SOBOTA				
Izhodiščno stanje	45,02	21,72	79,74	66,1
Ukrep	44,48	27,06	86,45	79,48
Relativna sprememba %	-1,20	24,59	8,41	20,24
RAVNE/KOROŠKEM				
Izhodiščno stanje	51,58	16,94	88,38	68,28
Ukrep	50,46	21,71	95,22	81,84
Relativna sprememba %	-2,17	28,16	7,74	19,86
CERKNO				
Izhodiščno stanje	43,47	21,99	82,74	72,73
Ukrep	42,55	27,48	90,24	87,3
Relativna sprememba %	-2,12	24,97	9,06	20,03
KRANJSKA GORA				
Izhodiščno stanje	62,28	12,24	102,79	75,08
Ukrep	61,14	16,39	110,5	88,97
Relativna sprememba %	-1,83	33,91	7,50	18,50
BABNO POLJE				
Izhodiščno stanje	60,41	10,34	96,24	64,34
Ukrep	59,79	13,95	103,89	76,6
Relativna sprememba %	-1,03	34,91	7,95	19,06
KOČEVJE				
Izhodiščno stanje	52,46	15,09	87,25	62,66
Ukrep	51,68	19,49	94,54	75,51
Relativna sprememba %	-1,49	29,16	8,36	20,51
AJDOVŠČINA				
Izhodiščno stanje	32,05	32,11	73,07	77,89
Ukrep	31,18	39,52	79,36	92,7
Relativna sprememba %	-2,71	23,08	8,61	19,01
KOPER				
Izhodiščno stanje	21,59	40,34	62,07	99,94
Ukrep	20,60	48,69	68,62	119,14
Relativna sprememba %	-4,58	20,70	10,55	19,21
LJUBLJANA				
Izhodiščno stanje	47,49	21,47	81,25	65,59
Ukrep	47,07	26,9	88,2	79,08
Relativna sprememba %	-0,88	25,29	8,55	20,57
ČRNOMELJ				
Izhodiščno stanje	42,67	24,02	78,74	82,19
Ukrep	42,09	29,69	85,53	97,72
Relativna sprememba %	-1,36	23,61	8,62	18,90

6 KOMBINACIJE UKREPOV IN UVRSTITEV STAVBE V ENERGIJSKE RAZREDE

Glede na analizo rezultatov se je izkazalo, da le eden izmed izbranih ukrepov ni primeren za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe na vseh 10 izbranih lokacij v Sloveniji. Povečanje transparentnega dela ovoja je poslabšalo energetske bilanco stavbe. Ukrep je sicer v manjši meri ugodno vplival na zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje, vendar pa se je na drugi strani močno povečala potreba po hladu za hlajenje, zaradi prevelike količine sprejete sončne energije. Posledica večjih steklenih površin je povečanje solarnih dobitkov, kar pomeni, da ta ukrep ob hkratni uporabi senčil za preprečevanje pregrevanja vseeno lahko šteje kot energetsko učinkovit, kar sem dokazal v kombinaciji ukrepov.

Kot najboljši ukrep za zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje se je izkazalo povečanje debeline toplotne izolacije za 5 cm, kar je prineslo v povprečju izboljšanje za 2,89 kWh/m², kar znaša 6,43 % zmanjšanje glede na izhodiščno stanje. Uporaba NI je v povprečju zmanjšala potrebno toploto za 2,81 kWh/m², kar znaša 6,24 %. Trojna zasteklitve je zmanjšala porabo v povprečju za 1,47 kWh/m², kar znaša 3,09 %. Povečanje površine oken je zmanjšalo potrebo po toploti povprečno za 0,80 kWh/m², kar znaša 1,94 % glede na izhodiščno stanje.

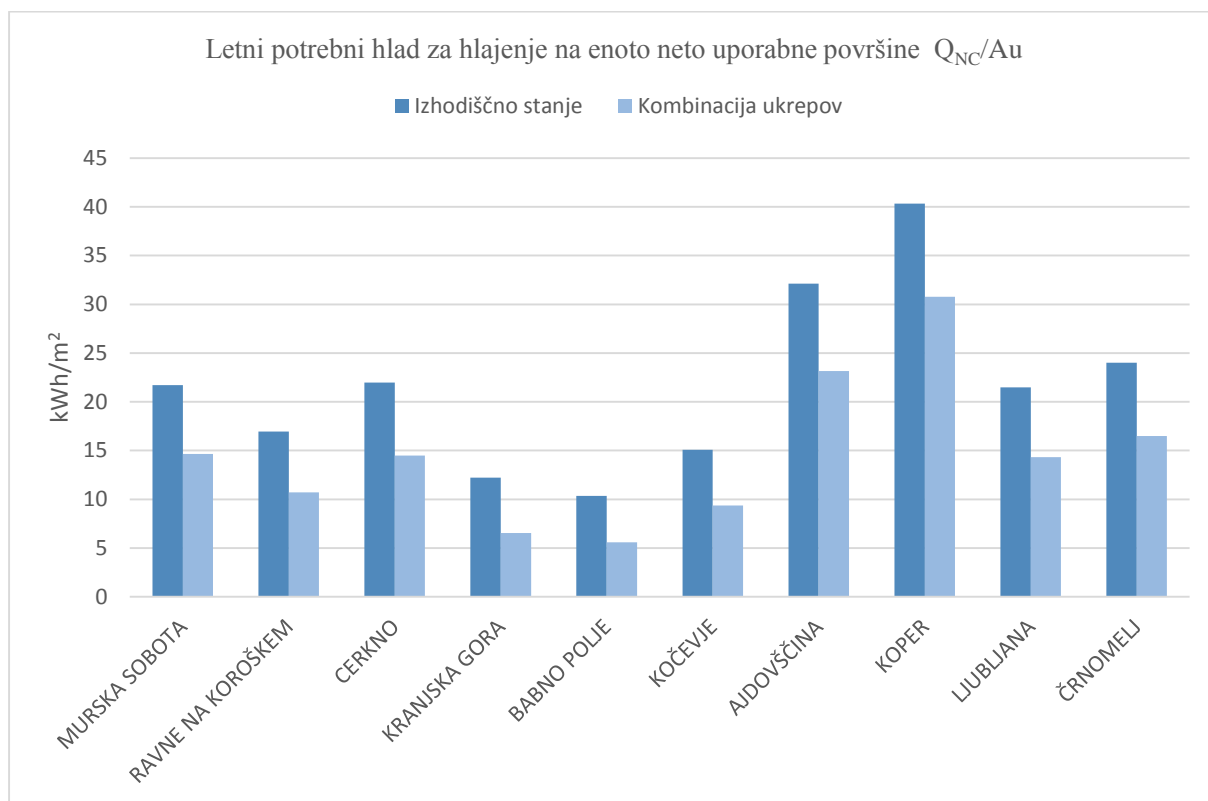
Uporaba senčil najbolj zmanjša potrebo po hladu za hlajenje v času pregrevanja. V povprečju se potreben hlad zmanjša za 6,75 kWh/m², kar pomeni 33,86 % zmanjšanje. Naslednji ukrep, ki je izdatno zmanjšal potrebo po hladu je sprememba zasteklitve iz dvojne na trojno. V povprečju se je potreba po hladu zmanjšala za 5,55 kWh/m², kar znaša 26,95 % spremembo glede na izhodiščno stanje..

Kot najbolj učinkovit ukrep za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe na vseh lokacijah je sprememba zasteklitve iz dvojne na trojno. Kumulativno se v povprečju izboljša učinkovitost za 7,02 kWh/m², kar pomeni 10,49 % izboljšanje energetske učinkovitosti. Najbolj izrazito v Kopru 9,11 kWh/m², kar znaša 14,71 %.

Kombiniral sem naslednje ukrepe na vseh lokacijah:

1. uporaba NI,
2. uporaba senčil,
3. sprememba tipa zasteklitve iz dvojne na trojno,
4. povečanje debeline toplotne izolacije na fasadi za 5 cm,
5. povečanje površine transparentnega ovoja za 20 %.

Rezultati vpliva kombinacije ukrepov so prikazani na grafikonih 12 in 13 ter preglednici 13.

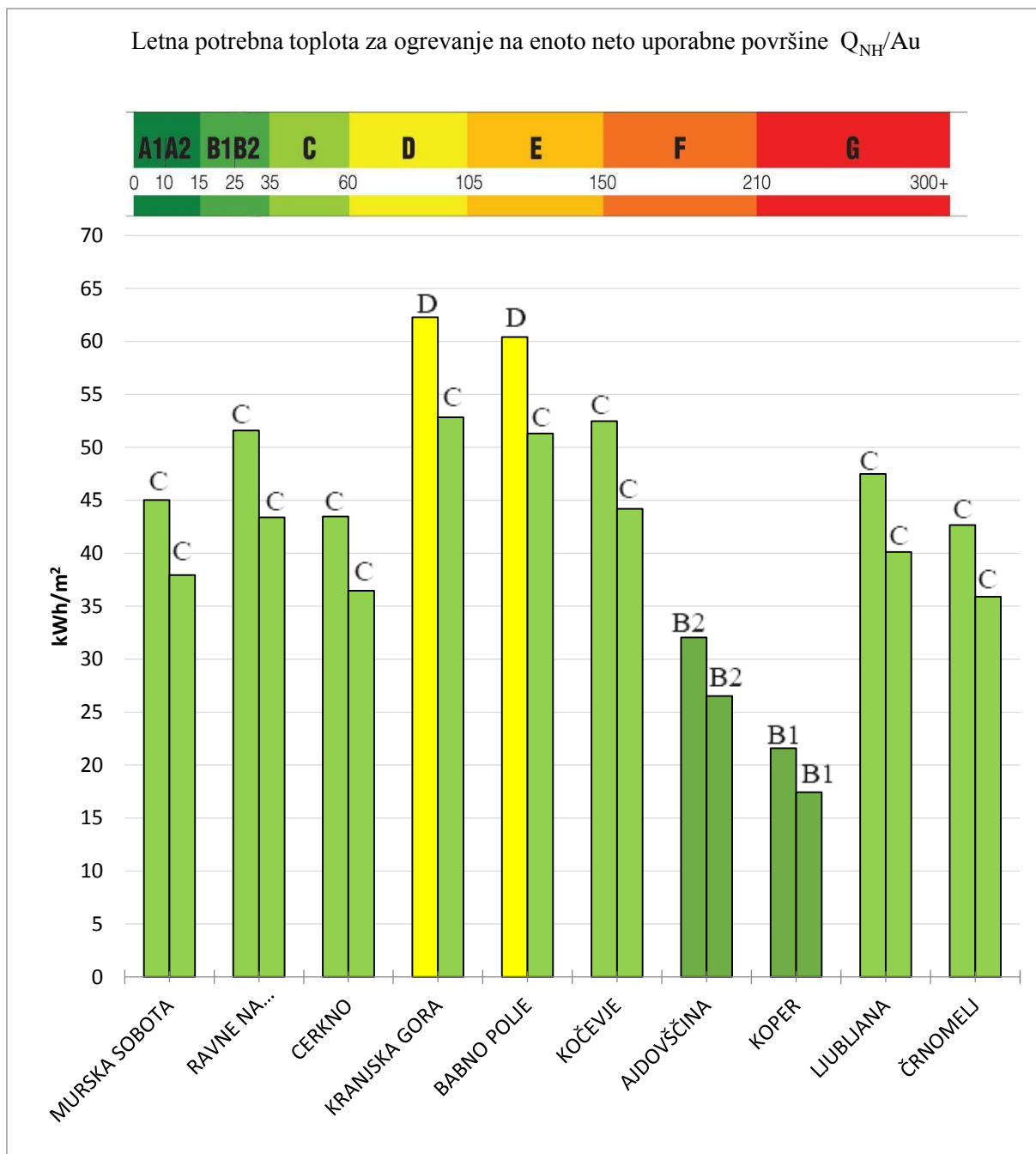


Grafikon 12: Primerjava izhodiščnega stanja s kombinacijo ukrepov (hlajenje)

Koeficient specifičnih transmisijskih izgub H_T se spremeni za $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ in znaša $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Z izbranimi ukrepi smo na vseh lokacijah dosegli znižanje potrebe po hlajenju prostorov. Največjo razliko, ki znaša $9,57 \text{ kWh/m}^2$, oziroma $23,72 \%$, smo dosegli v Kopru. V povprečju se letni potrebni hlad na enoto uporabne površine zmanjša za $34,99 \%$.

Pri analizi rezultatov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe pa opazim velik razpon energijskih razredov. Stavba na večini lokacij ustreza energijskemu razredu C, ki ima razpon od $35 - 60 \text{ kWh/m}^2$. V Kranjski Gori (razred D) se potrebna toplota zmanjša iz maksimalnih $62,28 \text{ kWh/m}^2$ na $52,84 \text{ kWh/m}^2$, kar predstavlja zmanjšanje za $15,16 \%$. Ukrepi torej v Kranjski Gori, kot tudi v Babnem Polju pripomorejo k znižanju energijskega razreda iz D na C. Stavba bi v Ajdovščini bila v razredu B2, v Kopru pa B1, kjer bi z ukrepi porabila $17,43 \text{ kWh/m}^2$, kar pomeni $19,27 \%$ zmanjšanje potrebe po toploti za ogrevanje.

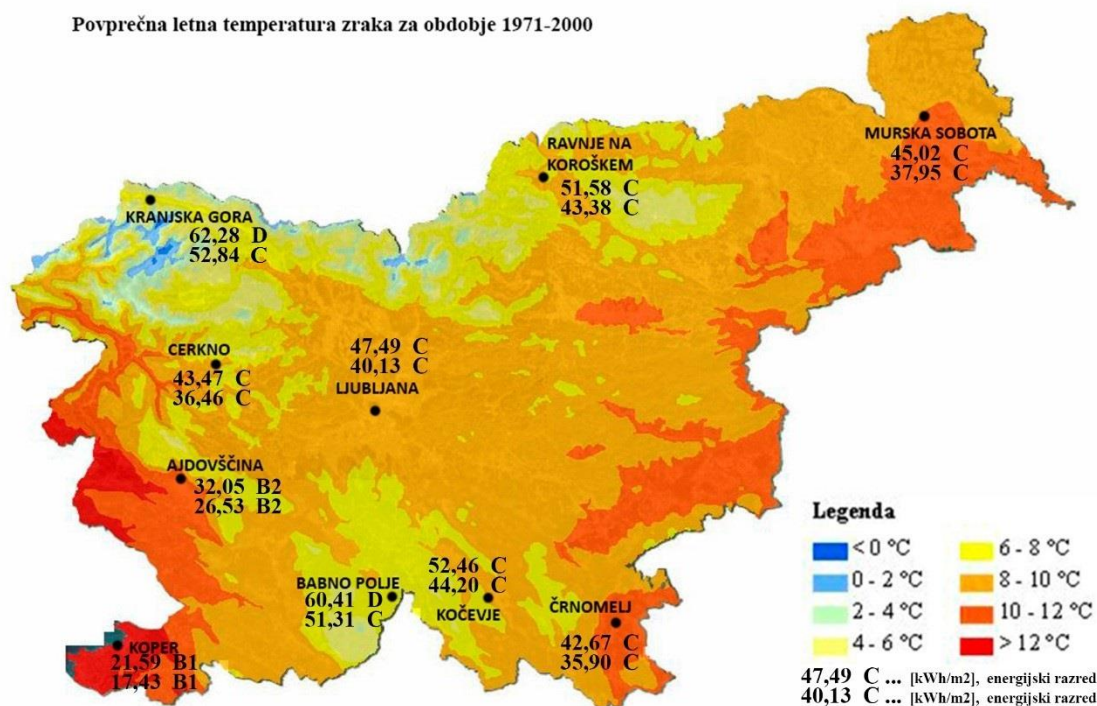


Grafikon 13: Primerjava izhodiščnega stanja s kombinacijo ukrepov in prikaz energijskih razredov po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [14]

Preglednica 13: Primerjava izhodiščnega stanja s kombinacijo ukrepov

	Potrebna toplota za ogrevanje Q_{nh}/Au (kWh/m ²)	Potreben hlad za hlajenje Q_{nc}/Au (kWh/m ²)	Transmisijske izgube (kWh/m ²)	Solarni dobitki (kWh/m ²)
MURSKA SOBOTA				
Izhodiščno stanje	45,02	21,72	79,74	66,1
Ukrepi	37,95	14,65	68,29	54,45
Relativna sprememba %	-15,70	-32,55	-14,36	-17,62
RAVNE/KOROŠKEM				
Izhodiščno stanje	51,58	16,94	88,38	68,28
Ukrepi	43,38	10,72	75,15	56,3
Relativna sprememba %	-15,90	-36,72	-14,97	-17,55
CERKNO				
Izhodiščno stanje	43,47	21,99	82,74	72,73
Ukrepi	36,46	14,49	71,03	60,01
Relativna sprememba %	-16,13	-34,11	-14,15	-17,49
KRANJSKA GORA				
Izhodiščno stanje	62,28	12,24	102,79	75,08
Ukrepi	52,84	6,54	87,21	61,19
Relativna sprememba %	-15,16	-46,57	-15,16	-18,50
BABNO POLJE				
Izhodiščno stanje	60,41	10,34	96,24	64,34
Ukrepi	51,31	5,59	81,63	52,06
Relativna sprememba %	-15,06	-45,94	-15,18	-19,09
KOČEVJE				
Izhodiščno stanje	52,46	15,09	87,25	62,66
Ukrepi	44,2	9,38	74,25	51,28
Relativna sprememba %	-15,75	-37,84	-14,90	-18,16
AJDOVŠČINA				
Izhodiščno stanje	32,05	32,11	73,07	77,89
Ukrepi	26,53	23,17	62,33	63,51
Relativna sprememba %	-17,22	-27,84	-14,70	-18,46
KOPER				
Izhodiščno stanje	21,59	40,34	62,07	99,94
Ukrepi	17,43	30,77	53,49	77,7
Relativna sprememba %	-19,26	-23,72	-13,82	-22,25
LJUBLJANA				
Izhodiščno stanje	47,49	21,47	81,25	65,59
Ukrepi	40,13	14,33	69,53	53,85
Relativna sprememba %	-15,50	-33,26	-14,42	-17,90
ČRNOMELJ				
Izhodiščno stanje	42,67	24,02	78,74	82,19
Ukrepi	35,9	16,48	67,56	66,13
Relativna sprememba %	-15,87	-31,39	-14,20	-19,54

Na sliki 10 je na zemljevidu Slovenije s povprečnimi letnimi temperaturami zunanega zraka prikazanih vseh deset izbranih lokacij. Ob izbranih lokacijah sta podatka o potrebni toploti za ogrevanje v izhodiščnem stanju in stanju ob upoštevanju kombinacije ukrepov ter pripadajoči energijski razredi po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [14].



Slika 10: Prikaz lege izbranih lokacij s podatki o potrebni toploti za ogrevanje (kWh/m²) in ustreznem energijskem razredu za izhodiščno stanje in kombinacijo ukrepov (vir:[15])

Na podlagi dobljenih rezultatov lahko trdim, da klimatska raznolikost Slovenije pomembno vpliva na zasnovo stavbnega ovoja. Potrebna toplota za ogrevanje stavbe je npr. v mojem izhodiščnem primeru v Kranjski Gori za 40,69 kWh/m² večja od potrebne toplote za ogrevanje stavbe v Kopru. V Kranjski Gori se je ob uporabi kombinacije ukrepov potrebna toplota zmanjšala za 9,44 kWh/m², v Kopru pa zgolj za 4,16 kWh/m².

Prav tako lahko opazim veliko razliko v potrebnem hladu za hlajenje stavbe. Ta je med Babnim Poljem, kjer je potrebnega najmanj hladu za hlajenje in Koprom, kjer je vrednost najvišja, 30,00 kWh/m². S kombinacijo ukrepov se vrednosti potrebnega hladu v Babnem Polju zniža za 4,75 kWh/m², v Kopru pa kar za 9,57 kWh/m². Ugotovim lahko torej, da ukrepi na različnih lokacijah neenako prispevajo k izboljšanju energetske učinkovitosti stavbe.

Za načrtovanje novogradenj in obnov stavb v Sloveniji je tako nujno upoštevanje klimatskih spremenljivk specifične lokacije in z analizo doseči primerno energijsko učinkovitost stavbe in ustrezno bivalno ugodje.

7 ZAKLJUČEK

Z različnimi ukrepi za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe lahko dosežemo večjo kakovost bivanja, prihranimo na stroških vzdrževanja, na stroških porabe energije in ne nazadnje zmanjšamo porabo energije ter tako prispevamo k varovanju okolja.

Kot sem predvideval, podnebna raznolikost v Sloveniji v veliki meri vpliva na energetske učinkovitost stavbe. Razpon potrebne energije za ogrevanje stavbe je od 21,59 kWh/m² do 62,28 kWh/m², najnižjo vrednost doseže v Kopru, medtem ko najvišjo v Kranjski Gori. Velik razpon je tudi v energiji potrebni za hlajenje in sicer od 10,34 kWh/m² do 40,34 kWh/m². V tem primeru zgornjo vrednost doseže stavba v Babnem Polju, spodnjo pa v Kopru. V skladu s hipotezo se je izkazalo, da je v Kranjski Gori kljub nižji povprečni letni temperaturi kot v Babnem Polju, večja potreba po hladu za hlajenje in sicer za 1,90 kWh/m². Vzrok leži v večji prejeti količini sončnega obsevanja.

Izbrani ukrepi v tej nalogi so ustrezni za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbe na vseh lokacijah, vendar kot se je izkazalo, je ukrep s povečanjem transparentnega dela ovoja učinkovit le v kombinaciji z ostalimi ukrepi. Največjo izboljšavo energetske učinkovitosti sem pričakoval s povečanjem debeline toplotne izolacije, vendar se je za najbolj učinkovit ukrep izkazala sprememba zasteklitve iz dvoslojne v troslojno. V nasprotju z mojo domnevo je ta ukrep le malo prispeval k zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje, je pa na drugi strani bistveno zmanjšal potreben hlad za hlajenje. Za boljši rezultat s povečanjem debeline toplotne izolacije pa bi glede na študijo [22], ki pravi, da je v Sloveniji ekonomična debelina toplotne izolacije 26 cm, morda moral kot ukrep namesto 5 cm predvideti dodatnih 10 cm debeline toplotne izolacije.

S kombinacijo vseh ukrepov se je potreba toplote za ogrevanje znižala v povprečju za 7,29 kWh/m², kar znaša 16,15 %, skupna potreba po energiji (toplota in hlad) pa kar za 14,30 kWh/m², kar pomeni 21,22 % znižanje glede na izhodiščno situacijo.

Za načrtovanje gradnje v Sloveniji je torej zelo pomemben dejavnik lokacija oziroma njene podnebne značilnosti. Za različne ukrepe je potrebno preučiti v kolikšni meri prispevajo k želeni energetske učinkovitosti v odvisnosti od klimatskih spremenljivk. Stavba lahko le z ustrezno orientiranostjo, površino (velikost in tip) transparentnih in netransparentnih delov ovoja glede na klimatsko lego doseže optimalno energetske učinkovitost.

»Ta stran je namenoma prazna«

VIRI

- [1] Bergaentzlé, C., Clastres, C., Khalfallah, H., 2014. Demand-side management and European environmental and energy goals: An optimal complementary approach. Energy Policy 67: 858-869. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513012524> (Pridobljeno 16.3.2015.)
- [2] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, 18.6.2010.
- [3] Buildings. 2015. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings> (Pridobljeno 20. 5. 2015.)
- [4] Eko sklad. 2015. <http://www.ekosklad.si> (Pridobljeno 20. 5. 2015.)
- [5] Krainer, A., Predan, R., 2013. Računalniški program TOST. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [6] Šijanec Zavrl, M. 2011. Od energetske izkaznice k izzivom trajnostne gradnje. Gradbeni inštitut ZRMK: str. 16. http://www.planetgv.si/upload/htmlarea/images/prezentacije/2011/nepremicninska_2011/MarjanaSijanecZavrl.pdf (Pridobljeno 8. 6. 2014.)
- [7] Enforce. 2014. Direktiva o energetske učinkovitosti stavb. <http://www.enforce-eeen.eu/slo/direktiva-epbd/direktiva-o-energetske-ucinkovitosti-stavb> (Pridobljeno 8. 6. 2014.)
- [8] Energetske zakon (EZ-1). Uradni list RS, št. 17-538/2014: 1787.
- [9] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS, št. 110-5387/2002: 13084.
- [10] Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o varstvu okolja (ZVO-1E). Uradni list RS, št. 57-2415/2012: 5982.
- [11] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010). Uradni list RS št. 52-2856/2010: 7840.

[12] Tehnična smernica TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor, 2010.

[13] Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42-2013/2002: 4139.

[14] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Uradni list RS, št. 92-3699/2014: 10302.

[15] Podnebne razmere v Sloveniji (obdobje 1971-2000). 2006. Agencija republike Slovenije za okolje.

http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf (Pridobljeno 10. 9. 2014.)

[16] Krainer A., Predan R., 2012, Računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

[17] Uredba o klasifikaciji vrst objektov in objektih državnega pomena. Uradni list RS, št. 109-4992/2011: 14974.

[18] Izolacijsko steklo. 2014. Termoglas.

<http://www.termoglasokna.si/si/steklarstvo/izolacijsko-steklo/> (Pridobljeno 10. 9. 2014.)

[19] Yazicioglu, F. 2013. A comparative analysis of the energy performance of traditional wooden shutters and contemporary aluminium roller shutters in Istanbul, a case study. Energy Procedia42: 483-492.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213017517> (Pridobljeno 17. 4. 2015.)

[20] Heroal Rolladenstäbe. 2014. Heroal.

<http://www2.heroal.de/www/de/produkte/heroal-rolladenst%C3%A4be/heroal-rs-55-sl> (Pridobljeno 18. 8. 2014)

[21] Katalog žaluzije Krpan. 2014. Rolete Kosec.

http://www.rolete-kosec.eu/runtime/uploads/Files/Rolete_Kosec_letak_Krpan_zaluzije.pdf

(Pridobljeno 19. 8. 2014)

[22] Kunič, R., Krainer, A., 2009. Ekonomična debelina slojev toplotnih izolacij v kontaktno-izolacijskih fasadah obodnih sten. Gradbeni vestnik 58: 306-310.

[23] Projektna dokumentacija – PGD, objekt: stanovanjska hiša Ponikve. 2008. Atelje MB Mario Bašić s.p.: loč. pag.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: SESTAVA KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

A1

PRILOGA A: SESTAVA KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOVZUNANJA STENA – izhodiščno stanje, $U=0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$

1. PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2,50 cm
2. MREŽASTA IN VOTLA OPEKA 1400	29,00 cm
3. URSA SF 32	15,00 cm
4. BAUMIT HAFTMOERTEL	0,30 cm
5. BAUMIT HAFTMOERTEL	0,20 cm
6. BAUMIT EDELPUTZ SPEZIAL	0,30 cm

ZUNANJA STENA – ukrep, $U=0,145 \text{ W/m}^2\text{K}$

1. PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2,50 cm
2. MREŽASTA IN VOTLA OPEKA 1400	29,00 cm
3. URSA SF 32	20,00 cm
4. BAUMIT HAFTMOERTEL	0,30 cm
5. BAUMIT HAFTMOERTEL	0,20 cm
6. BAUMIT EDELPUTZ SPEZIAL	0,30 cm

ZUNANJA STENA PROTI TERENU, $U=0,285 \text{ W/m}^2\text{K}$

1. PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2,50 cm
2. BETONSKI VOTLAKI Z ODPRTINAMI / III	29,00 cm
3. VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOL. 1100	2,00 cm
4. URSA FDP 2V	10,00 cm

STREHA, $U=0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$

1. MAVČNO-KARTONSKA PLOŠČA $D=12,5 \text{ MM}$	1,25 cm
2. PARNA OVIRA	0,053 cm
3. CELULOZNA VLAKNA	30,00 cm
4. PAROPREPUSTNA FOLIJA	0,037 cm

TLA NA TERENU, $U=0,344 \text{ W/m}^2\text{K}$

1. KERAMIČNE PLOŠČICE TALNE	1,25 cm
2. CEMENTNI ESTRIH 2200	6,00 cm
3. POLIETILENSKA FOLIJA	0,02 cm
4. PURE RN 39 TRENNWANDFILZ	10,00 cm
5. VEČPLASTNA BITUMENSKA HIDROIZOL. 1100	1,00 cm
6. BETON 2400	14,00 cm

MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA, $U=0,450 \text{ W/m}^2\text{K}$

1. PARKET	2,00 cm
2. CEMENTNI ESTRIH 2200	4,00 cm
3. POLIETILENSKA FOLIJA	0,02 cm
4. URSA XPS N-III-L	6,00 cm
5. BETON 2400	14,00 cm
6. PODALJŠANA APNENA MALTA 1900	2,50 cm