

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:

Jerman, A., 2015. Analiza vpliva debeline toplotne izolacije na porabo energije za ogrevanje v odvisnosti od lokacije in oblike objekta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R.): 41 str.

Datum arhiviranja: 23-09-2015

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:

Jerman, A., 2015. Analiza vpliva debeline toplotne izolacije na porabo energije za ogrevanje v odvisnosti od lokacije in oblike objekta. B.Sc Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R.): 41 pp.

Archiving Date: 23-09-2015

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

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

**ANŽE JERMAN**

**ANALIZA VPLIVA DEBELINE TOPLOTNE IZOLACIJE  
NA PORABO ENERGIJE ZA OGREVANJE V  
ODVISNOSTI OD LOKACIJE IN OBLIKE OBJEKTA**

Diplomska naloga št.: 99/OG-MO

**ANALYSIS OF INSULATION THICKNESS INFLUENCE  
BASED ON ENERGY CONSUMPTION FOR HEATING  
DEPENDING ON LOCATION AND SHAPE OF THE  
BUILDING**

Graduation thesis No.: 99/OG-MO

**Mentor:**

doc. dr. Roman Kunič

Ljubljana, 17. 09. 2015



**IZJAVE**

Podpisani, Anže Jerman, izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Analiza vpliva debeline toplotne izolacije na porabo energije za ogrevanje v odvisnosti od lokacije in oblike objekta«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Kranj, 9. 9. 2015

Anže Jerman

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>699.86:620.93(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Anže Jerman</b>
<b>Mentor:</b>	<b>Doc. dr. Roman Kunič</b>
<b>Somentor:</b>	<b>/</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Analiza vpliva debeline toplotne izolacije na porabo energije za ogrevanje v odvisnosti od lokacije in oblike objekta</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>41 strani, 41 grafikonov, 1 preglednica, 14 slik</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>Toplotna izolacija, učinkovita raba energije, energetska učinkovitost stavb, toplotna prehodnost, toplotni most, toplotne izgube.</b>

### **Izvelek:**

Diplomska naloga zajema primerjalno analizo materialov toplotne izolacije, konstrukcijskih sklopov ter oblik in lokacij stavb. Ti parametri vplivajo na porabljeno toplotno energijo in s tem posledično na samo energijsko bilanco stavb. V nalogi smo izbrali tri najbolj pogosto uporabljene izolacijske materiale, ki smo jih aplicirali na vnaprej določene stavbe. Te so za potrebe analize različnih oblik in glede na temperaturni primanjkljaj locirane na različnih koncih Slovenije. Ugotovili smo, da poleg debeline toplotne izolacije na porabo toplote za ogrevanje močno vplivajo še oblika stavbe, lokacija, kjer se stavba nahaja, in nameščenost transparentnih konstrukcijskih sklopov na sami stavbi. Če so ti transparentni deli stavbnega ovoja vgrajeni na ustrezni strani stavbe, lahko bistveno pripomorejo k zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje, še posebej pa se to pozna pri stavbah s pomanjkljivo toplotno zaščito.

---

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 699.86:620.93(043.2)

**Author:** Anže Jerman

**Supervisor:** Doc. dr. Roman Kunič

**Cosupervisor:** /

**Title:** Analysis of insulation thickness influence based on energy consumption for heating depending on location and shape of the building

**Type of document:** Graduation Thesis – Higher professional studies

**Scope and tools:** 41 pages, 41 charts, 1 table of content, 14 pictures

**Keywords:** Thermal insulation, thermal insulation material, the thickness of thermal insulation, energy efficiency of buildings, building location, building design, heat transfer, thermal bridge, heat loss.

**Abstract:**

The thesis includes a comparative analysis of thermal insulation materials, construction complexes, shapes and locations of buildings. These parameters affect the consumed heat and energy balance of buildings. We have selected three most commonly used insulation materials which were applied to a predetermined buildings. For the purpose of analysis the buildings are various shapes and depending on the temperature deficit located in different parts of Slovenia. Beside thickness of thermal insulation, the shape of the building, location, and seated transparent structural complexes in single building greatly affect energy consumption for heating. If the transparent parts of external envelope are installed on the appropriate side of the building, they can significantly reduce the need for heating, especially in buildings with poor thermal insulation.

## **ZAHVALA**

Za pomoč in podpro pri pisanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Romanu Kuniču. Prav tako se zahvaljujem vsem profesorjem in asistentom na UL FGG, za usmerjanje in pomoč pri študiju.

Zahvaljujem se tudi družini, sorodnikom in prijateljem za pomoč in podporo med študijem.

**KAZALO VSEBINE**

Izjave	I
Bibliografsko–dokumentacijska stran in izvleček	II
Bibliographic-documentalistic information and abstract	III
Zahvala	IV
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 Namen naloge	1
<b>2 VELJAVNA ZAKONODAJA</b>	<b>2</b>
2.1 Direktiva 2010/31/EU	2
2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010)	2
2.3 Standard ISO EN 13790:2008	3
2.4 Tehnična smernica TSG-1-004	3
2.4.1 Arhitekturna zasnova stavbe	4
2.4.2 Zahteve po toplotni prehodnosti konstrukcijskih sklopov	5
2.4.3 Metodologija izračuna	6
2.4.3.1 Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe	7
<b>3 UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA – TOST</b>	<b>8</b>
<b>4 OPIS IN DOLOČITEV RAČUNSKIH PARAMETROV</b>	<b>9</b>
4.1 Predpostavke in pregled izbranih lokacij	10
4.1.1 Kranjska Gora	10
4.1.2 Kredarica	10
4.1.3 Portorož	10
4.1.4 Ljubljana	11
4.1.5 Krvavec	11
4.2 Opis arhitekturnih oblik stavb	11
4.2.1 Stavba 1	12
4.2.2 Stavba 2	13
4.2.3 Stavba 3	14
4.2.4 Stavba 4	15
4.2.5 Stavba 5	16
4.3 Izolacijski materiali in značilnosti	17
4.3.1 Ekspandiran polistiren (EPS)	17
4.3.2 Neopor ekspandirani polistiren (EPS Neopor)	17
4.3.3 Kamena volna	18
4.4 Primerjava izbranih izolacijskih materialov	19
4.5 Največja dovoljena toplota za ogrevanje ( $Q_{NH}$ ) glede na lokacijo	22
<b>5 REZULTATI ANALIZE</b>	<b>25</b>
5.1 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$	25
5.2 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$	28
5.3 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	31
5.4 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	33
5.5 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	36
5.6 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	38
<b>6 ZAKLJUČEK IN UGOTOVITVE</b>	<b>41</b>
<b>VIRI</b>	<b>42</b>



## KAZALO GRAFIKONOV IN PREGLEDNIC

Grafikon 1: Primerjava debelin toplotne izolacije za $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$	19
Grafikon 2: Primerjava debelin toplotne izolacije za $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$	19
Grafikon 3: Primerjava debelin toplotne izolacije za $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	20
Grafikon 4: Primerjava debelin toplotne izolacije za $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	20
Grafikon 5: Primerjava debelin toplotne izolacije za $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	21
Grafikon 6: Primerjava debelin toplotne izolacije za $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$	21
Grafikon 7: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje na Krvavcu	22
Grafikon 8: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje v Ljubljani	22
Grafikon 9: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje v Portorožu	23
Grafikon 10: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje v Kranjski Gori	23
Grafikon 11: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje na Kredarici	24
Grafikon 12: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Krvavec	25
Grafikon 13: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ljubljana	25
Grafikon 14: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Portorož	26
Grafikon 15: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kranjska Gora	26
Grafikon 16: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kredarica	27
Grafikon 17: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Krvavec	28
Grafikon 18: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ljubljana	28
Grafikon 19: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Portorož	29
Grafikon 20: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kranjska Gora	29
Grafikon 21: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kredarica	30
Grafikon 22: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	31
Grafikon 23: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ljubljana	31
Grafikon 24: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Portorož	32
Grafikon 25: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kranjska Gora	32
Grafikon 26: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kredarica	33
Grafikon 27: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Krvavec	33
Grafikon 28: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ljubljana	34
Grafikon 29: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Portorož	34
Grafikon 30: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kranjska Gora	35
Grafikon 31: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kredarica	35
Grafikon 32: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Krvavec	36
Grafikon 33: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ljubljana	36
Grafikon 34: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Portorož	37
Grafikon 35: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kranjska Gora	37
Grafikon 36: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kredarica	38
Grafikon 37: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Krvavec	38
Grafikon 38: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Ljubljana	39
Grafikon 39: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Portorož	39
Grafikon 40: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kranjska Gora	40
Grafikon 41: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Kredarica	40

Preglednica 1: Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Shematični prikaz izračuna dovedene energije za ogrevanje in hlajenje stavbe	6
Slika 2: Izračun potrebne toplote za ogrevanje po SIST EN ISO 13790	7
Slika 3: Izračun potrebne toplote za ogrevanje po SIST EN ISO 13790 – izgube	7
Slika 4: Podajanje klimatskih podatkov v programu TOST	8
Slika 5: Stran z rezultati v programu TOST	8
Slika 6: Karta povprečne letne najnižje dnevne temperature zraka	10
Slika 7: 3D model stavbe 1	12
Slika 8: 3D model stavbe 2	13
Slika 9: 3D model stavbe 3	14
Slika 10: 3D model stavbe 4	15
Slika 11: 3D model stavbe 5	16
Slika 12: Plošča iz ekspandiranega polistirena	17
Slika 13: Izolacijska plošča iz Neopora	17
Slika 14: Plošča iz kamene volne	18

## POMEN UPORABLJENIH IZRAZOV

**Delež zasteklitve (%)** je delež zastekljenih površin v površini posameznega elementa ovoja stavbe [9].

**Kondicionirana cona** je del prostora z enako uravnano temperaturo, v kateri so predpostavljene enotne bivalne navade. Razlike notranje temperature po prostoru so zanemarljive, temperaturo pa uravnava enoten sistem ogrevanja [3].

**Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, »Q<sub>nh</sub>« (kWh)**, je potrebna toplota, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur zraka v obdobju ogrevanja [3].

**Projektna zunanja temperatura** je temperatura zunanjega zraka, določena s karto projektne zunanje temperature za posamezno lokacijo [3].

**Temperaturni primanjkljaj, DD (dan K)**, je vsota razlik med notranjo temperaturo (20 °C) in povprečno dnevno zunanjo temperaturo zraka po vseh dneh ogrevalne sezone. Temperaturni primanjkljaj upošteva le dneve, ko je bila povprečna zunanja temperatura zraka nižja od 12 °C. Določen je s karto temperaturnega primanjkljaja za posamezni kraj [3].

**Toplotna prehodnost, U (W/m<sup>2</sup>K)**, je celotna toplotna prehodnost, ki upošteva prehod toplote skozi element ovoja stavbe in vključuje prevajanje, konvekcijo ter sevanje [3].

**Toplotna prehodnost, λ (W/mK)**, je snovna lastnost materiala, določena pri srednji delovni temperaturi in vlažnosti materiala [3].

**Toplotni most** je mesto povečanega prehoda toplote v konstrukciji zaradi spremembe materiala, debeline ali geometrije konstrukcije [3].

**Trajanje ogrevalne sezone** je število dni med začetkom in koncem ogrevalne sezone. Za posamezno lokacijo se trajanje ogrevalne sezone določi s karto začetka in konca ogrevalne sezone.

**Stavba** je po ZGO definirana kot objekt z enim ali več prostorom, v katere človek lahko vstopi in so namenjeni prebivanju ali opravljanju dejavnosti [6].

**Faktor oblike, (f<sub>0</sub>)**, je količnik skupne površine ovoja stavbe in kondicionirane prostornine stavbe z enoto [m<sup>-1</sup>] [9].

»Ta stran je namenoma prazna.«

## **1 UVOD**

Tematika diplomskega dela zajema analizo in primerjavo porabe energije za ogrevanje v odvisnosti od lege in oblike objekta. Analiza temelji na vnaprej določenih predpostavkah konstrukcijskih sklopov, oblik stavb in geografskih lokacij stavb. Izračuni so bili v celoti izvedeni v računalniškem programu TOST, »Program za izračun energetske bilance stavbe«. Program upošteva veljavni Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS št. 52/2010 s 30. 6. 2010, ta pa se sklicuje na standard SIST EN ISO 13790 in tehnično smernico TSG-1-004:2010.

Osnova za pričetek diplomske naloge so vnaprej določeni robni pogoji. Prvi sklop robnih pogojev zajema konstrukcijske sklope zunanjih sten, tal in streh ter delež in umeščenost transparentnih površin na objektu. Pri tem se osredotočamo na različne materiale in debeline toplotne izolacije. V drugem sklopu določanja robnih pogojev se ukvarjamo z različnimi oblikami stavb z enako oz. podobno kondicionirano prostornino. Tretji sklop pa določa geografske lokacije izbranih stavb, katerih izbira temelji na podlagi zbiranja informacij o geografskih značilnostih Republike Slovenije. Po končani definiciji robnih pogojev pričnemo s postopki analize, pri kateri se konstrukcijski sklopi aplicirajo na različne oblike stavb in različne lokacije po Sloveniji.

### **1.1 Namen naloge**

Namen diplomske naloge je ugotoviti vpliv debeline toplotne izolacije na porabo energije za ogrevanje. Poleg primerjave različnih toplotnih izolacij sta zelo pomembnega značaja tudi lokacija in oblika stavbe. S tem želimo ugotoviti, kje je meja racionalnosti uporabe določene toplotne izolacije glede na porabljeno energijo, posledično emisije in druge stroške. Z drugimi besedami, za doseganje energetske učinkovite stavbe želimo maksimalno izkoristiti uporabljeno toplotno izolacijo.

## 2 VELJAVNA ZAKONODAJA

### 2.1 Direktiva 2010/31/EU

Evropski parlament in Svet je 19. maja 2010 zaradi jasnosti prenovil do takrat veljavno direktivo 2002/91/ES o energetske učinkovitosti stavb. Glavni razlog prenove je bila poraba energije v stavbah, saj te obsegajo za cca. 40 % skupne porabe energije v Uniji. Ker se stavbni sektor povečuje, posledično prihaja tudi do povečanja porabe energije. Zato zmanjšanje porabe energije in raba energije iz obnovljivih virov v stavbnem sektorju predstavljata pomembna ukrepa pri doseganju zmanjšane energetske odvisnosti Unije in zmanjšanju emisij toplogrednih plinov. Tako bi z ukrepi za zmanjšanje porabe energije in večjo rabo energije iz obnovljivih virov v Uniji ta spoštovala Kjotski protokol k Okvirni konvenciji Združenih narodov o podnebnih spremembah (UNFCCC), obenem pa izpolnila tudi svojo dolgoročno zavezanost za ohranitev svetovnega dviga temperature pod 2 °C. Poleg navedenega se Unija zavezuje, da bi do leta 2020 zmanjšala skupne emisije toplogrednih plinov za vsaj 20 % glede na vrednosti iz leta 1990 ter za 30 % v primeru, da pride do mednarodnega sporazuma. Manjša poraba energije in večja raba energije iz obnovljivih virov imata pomembno vlogo tudi pri spodbujanju zanesljive oskrbe z energijo, tehnološkega razvoja ter pri zagotavljanju možnosti za zaposlitev in regionalni razvoj, zlasti na podeželju [1].

Tako Direktiva 2010/31/EU ob upoštevanju zunanjih klimatskih in lokalnih pogojev ter notranjih klimatskih zahtev in stroškovne učinkovitosti spodbuja izboljšanje energetske učinkovitosti stavb v Uniji [1], za izpolnitev zelenih ciljev o energetske učinkovitosti stavb pa državam članicam v 28. točki direktive v obliki smernic navaja:

*»Države članice bi morale arhitektom in načrtovalcem tudi omogočiti, da lahko pri načrtovanju, zasnovi, gradnji in prenovi industrijskih ali stanovanjskih površin ustrezno preučijo najboljšo kombinacijo med izboljšavami na področju energetske učinkovitosti, uporabo energije iz obnovljivih virov in uporabo daljinskega ogrevanja in hlajenja, ter jih pri tem spodbujati«* (vir: Direktiva 2010/31/EU, str. 16).

*»Inštalaterji in gradbeniki so ključni za uspešno izvajanje direktive 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb. Zato bi morale zadostno število inštalaterjev in gradbenikov z usposabljanjem in prek drugih ukrepov pridobiti ustrezno strokovno znanje za nameščanje in vgradnjo energetske učinkovite tehnologije in tehnologije obnovljivih virov energije«* (vir: Direktiva 2010/31/EU, str. 17).

### 2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije (PURES 2010)

Ker so za določitev minimalnih zahtev evropske direktive 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb in elementov stavb odgovorne izključno države članice evropske unije, Republika Slovenija kot članica evropske skupnosti omenjeno direktivo upošteva s Pravilnikom o učinkoviti rabi energije (PURES) iz leta 2010. V povezavi z zahtevami tega pravilnika je bila izdana Tehnična smernica za graditev TSG-1-004, ki določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Tako 5. člen pravilnika o učinkoviti rabi energije zahteva obvezno uporabo tehnične smernice TSG-1-004 [2].

### 2.3 Standard ISO EN 13790:2008

Standard ISO EN 13790:2008 je glavno izhodišče za izračun letne rabe energije v stavbah. Energija, ki jo stavba potrebuje za ogrevanje in hlajenje, je izračunana na podlagi ogrevanega razmerja stavbe oz. ogrevane cone stavbe. Raba energije je po standardu definirana kot potrebna dovedena energija za ogrevanje in hlajenje, ki jo v stavbi med letom potrebujemo [7].

Postopek izračuna po standardu je sledeč:

- (1) izbira ustrezne računske metode, ki pogojuje tudi natančnost izračuna (statična ali dinamična),
- (2) določitev ogrevanih in neogrevanih con,
- (3) določitev notranjih in zunanjih klimatskih parametrov,
- (4) izračun energije, potrebne za ogrevanje po posamezni coni,
- (5) združitve dobljenih rezultatov,
- (6) izračun trajanja kurilne sezone,
- (7) kontrola izračunane letne potrebne toplote za ogrevanje [7].

Standard pri izračunu opozarja še na nacionalne značilnosti, ki lahko bistveno vplivajo na dobljene rezultate. V Republiki Sloveniji so računske metode omenjenega standarda z nacionalnimi posebnostmi upoštewane v tehnični smernici TSG-1-004.

### 2.4 Tehnična smernica TSG-1-004

*»Tehnična smernica za graditev TSG-1-004 določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev iz pravilnika učinkovite rabe in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna«* (vir: TSG-1-004:2010, str. 7).

Tehnična smernica na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, klimatizacije, priprave tople pitne vode in razsvetljave določa več elementov oziroma parametrov stavb za učinkovito rabo energije [3]. Za potrebe diplomske naloge sta iz tehnične smernice relevantni naslednji določili, in sicer glede:

- elementov arhitekturne zasnove, ki vplivajo na učinkovito rabo energije,
- dopustne toplotne prehodnosti posameznih gradbenih elementov in sklopov [3].

Prav tako je za preverjanje učinkovite rabe energije v stavbah treba razlikovati med:

- enostanovanjskimi stavbami,
- večstanovanjskimi stavbami,
- upravnimi in pisarniškimi stavbami,
- stavbami za izobraževanje,
- stavbami za zdravstvo,
- gostinskimi stavbami,
- športnimi dvoranami,
- trgovskimi stavbami in stavbami za storitvene dejavnosti,
- stavbe za druge namene, ki so porabniki energije [3].

### 2.4.1 Arhitekturna zasnova stavbe

»Stavbo je treba zasnovati in graditi tako, da je energijsko ustrezno orientirana, da je razmerje med površino toplotnega ovoja stavbe in njeno kondicionirano prostornino z energijskega stališča ugodno, da so prostori v stavbi energijsko optimalno razporejeni, in da materiali in elementi konstrukcije ter celotna zunanja površina stavbe omogočajo učinkovito upravljanje z energijskimi tokovi« (vir: TSG-1-004:2010, str. 15).

Tehnična smernica naroča, da mora arhitekturna zasnova stavbe z vidika učinkovite rabe energije upoštevati še:

- orientacijo stavbe, in sicer tako, da s premišljeno umestitvijo stavbe optimiziramo zahteve glede ohranjanja energije ob upoštevanju predvidene uporabe stavbe;
- razmerje med ovojem stavbe in njeno prostornino mora biti čim bolj ugodno, kar pomeni, da se je treba izogibati nepotrebni členjenosti stavb in elementom, ki povzročajo nepotrebne toplotne mostove;
- sončnemu sevanju – izpostavljena površina zunanjega ovoja stavbe (zbiralna površina), ki opravlja toplotno energijsko funkcijo (zunanje stene in streha), mora biti osončena od povprečne višine 1 m nad terenom, v času:
  - zimskega solsticija (21. 12.) najmanj 2 uri, pri čemer se upošteva horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 30^\circ$  odstopanja od smeri jug,
  - ekvinokcija (21. 3. in 23. 9.) najmanj 4 ure, pri čemer se upošteva horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 60^\circ$  odstopanja od smeri jug,
  - poletnega solsticija (21. 6.) najmanj 6 ur, pri čemer se upošteva horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 110^\circ$  odstopanja od smeri jug;
- obliko in razmerje zasteklitve, ki mora zagotoviti zahtevano osvetljenost prostorov, obenem pa zagotoviti čim večje dobitke toplotne energije pozimi ter zaščito pred čezmernim sončnim obsevanjem in segrevanjem poleti;
- obstoječe in načrtovane sosednje stavbe tako, da se upošteva tudi načrtovani razvoj, kar se odraža tudi na zasnovi stavbe;
- zunanje okolje in stavbe zasnovati tako, da se upoštevajo klimatske razmere v vsem letu, spremembe čez dan in vse posebnosti, ki so značilne za lokacijo gradnje [3].



## 2.4.2 Zahteve po toplotni prehodnosti konstrukcijskih sklopov

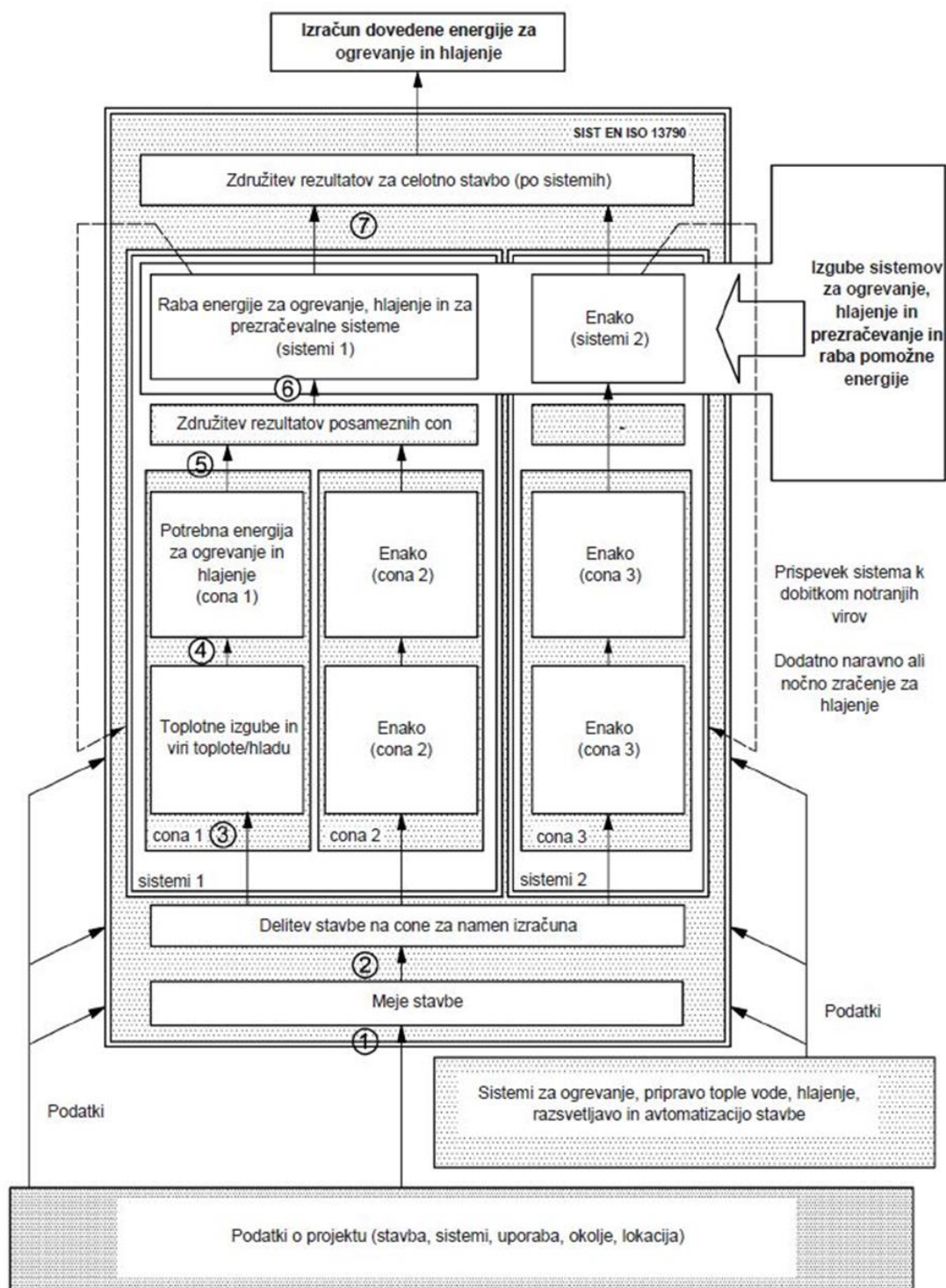
Tehnična smernica narekuje maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe. Največji dovoljeni faktorji toplotne prehodnosti so prikazani v preglednici 1.

	Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{max}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom.	0,28
2	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom – manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10 % površine neprozornega dela zunanje stene.	0,60
3	Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe.	0,50
4	Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom.	0,70
	Notranje stene in medetažne konstrukcije med ogrevanimi prostori različnih enot, različnih uporabnikov ali lastnikov v nestanovanjskih stavbah.	0,90
5	Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu.	0,35
6	Tla na terenu (ne velja za industrijske stavbe).	0,35
7	Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo.	0,35
8	Tla nad zunanjim zrakom.	0,30
9	Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju).	0,30
10	Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe).	0,20
11	Terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5 % površine strehe.	0,60
12	Strop proti terenu.	0,35
13	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa.	1,30
	Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin.	1,60
14	Strešna okna, steklene strehe.	1,40
15	Svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5 % površine strehe).	2,40
16	Vhodna vrata.	1,60
17	Garažna vrata.	2,00

Preglednica 1: Maksimalne vrednosti toplotne prehodnosti elementov zunanje površine stavbe in ločilnih elementov delov stavbe [3]

### 2.4.3 Metodologija izračuna

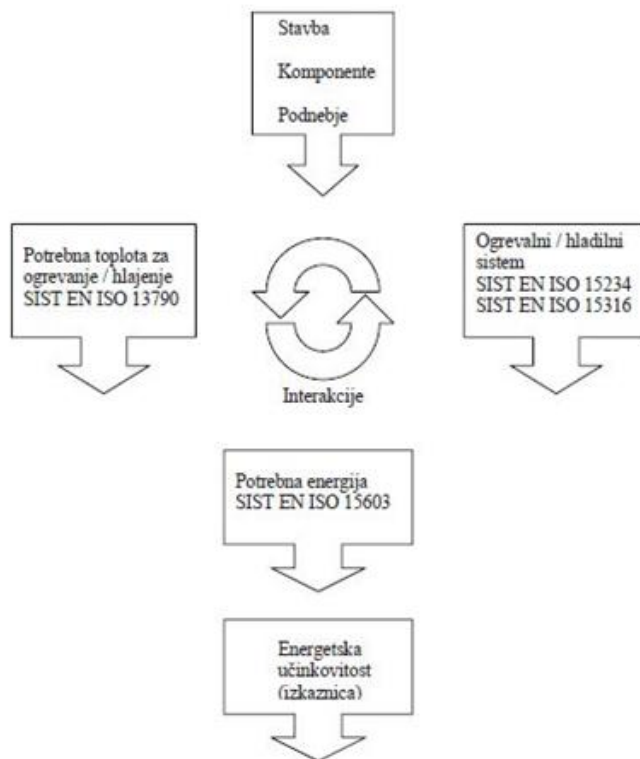
V tehnični smernici je podana metodologija za izračun energijskih lastnosti stavbe. Ta za ogrevanje stavbe podaja način za izračun letne potrebne toplote za ogrevanje. Postopek izračuna je iterativni.



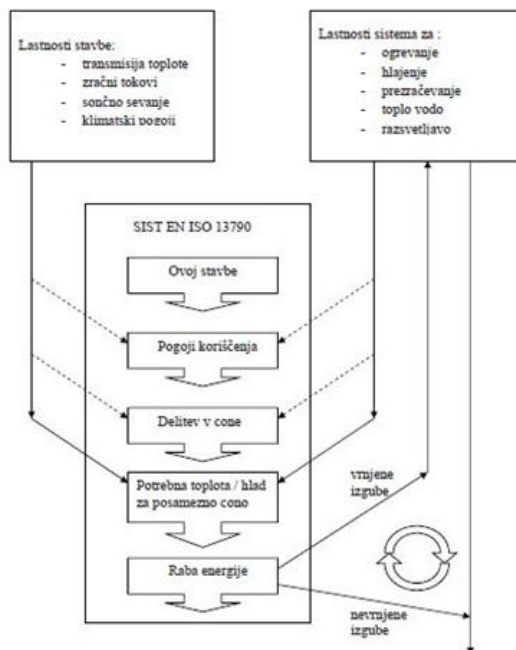
Slika 1: Shematični prikaz izračuna dovedene energije za ogrevanje in hlajenje stavbe [3]

### 2.4.3.1 Izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe

Letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe  $Q_{nh}$  se po tehnični smernici določi s standardom SIST EN ISO 13790 in z nacionalnimi posebnostmi. Računska metoda temelji na mesečnem obdobju.



Slika 2: Izračun potrebne toplote za ogrevanje po SIST EN ISO 13790 [3]



Slika 3: Izračun potrebne toplote za ogrevanje po SIST EN ISO 13790 – izgube [3]

### 3 UPORABLJENA PROGRAMSKA OPREMA – TOST

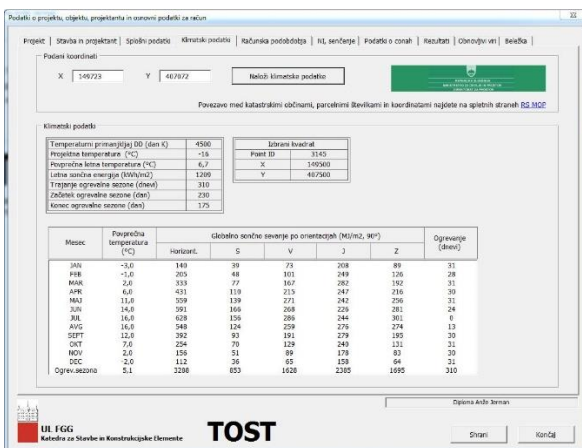
Celoten izračun primerjalne analize temelji na računalniškem programu TOST. Program izračuna podatke, potrebne za končno poročilo (v skladu s SIST EN ISO 13790), oziroma dokaz ustreznosti o toplotni zaščiti stavbe v skladu s Pravilnikom o toplotni zaščiti in učinkoviti rabe energije v stavbah (PURES). Program omogoča izračun porabe toplote za ogrevanje bivalnih in nebivalnih stavb po mesečni in sezonski metodi. Program deluje v skupini programskih orodij Microsoft Office, natančneje v Excelu. Izračun poteka v skladu s Pravilnikom o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES. To pomeni, da je v ozadju programa upoštevan izračun po tehnični smernici TSG-1-004. Programsko orodje omogoča zgolj statični izračun, dinamičnega pa z njim ni mogoče izračunati. Tako lahko podamo največ:

- 3 različne ogrevane cone nad nivojem terena,
- 5 različnih ogrevanih con nad nivojem terena,
- 1 ogrevano cono, ki se deloma oziroma v celoti nahaja pod nivojem terena,
- 1 neogrevano cono, ki se deloma oziroma v celoti nahaja pod nivojem terena,
- 1 (ogrevani coni) priključen steklenjak [4].

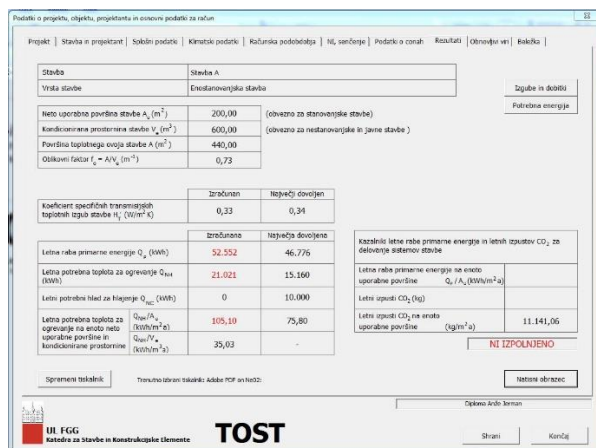
Večina objektov ima ravne in pravokotne zunanje površine, orientirane na štiri različne smeri neba. Zato program upošteva le horizontalne in vertikalne površine, orientirane na J, S, V ali Z.

Delovanje programa je zasnovano na določenih predpostavkah, ki jih je treba upoštevati v času računanja:

- mere stavbe se določajo v skladu s standardom SIST EN ISO 13789,
- toplotne mostove med posameznimi conami se upošteva le tiste pri tleh ter med ogrevanimi in neogrevanimi conami,
- točkovni toplotni mostovi so v celoti zanemarjeni,
- izmenjava zraka med posameznimi conami je v splošnem zanemarjena [4].



Slika 4: Podajanje klimatskih podatkov v programu TOST



Slika 5: Stran z rezultati v programu TOST

#### 4 OPIS IN DOLOČITEV RAČUNSKIH PARAMETROV

Pred nadaljevanjem je treba določiti predpostavke, ki jih bomo uporabljali v programu TOST. Kot je bilo že opisano v prejšnjem poglavju, program omogoča vnos številnih parametrov, vendar pa vseh zaradi poenostavitve in medsebojnega izključevanja pri primerjavi ne bomo uporabljali.

Vse izbrane stavbe iz poglavja 4.2 so klasificirane kot enostanovanjske stavbe. Temu primerno bo prilagojen tudi izračun programa.

Pri vseh stavbah bomo računali mejno učinkovitost glede na projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja. Mejne vrednosti učinkovite rabe energije v prehodnem obdobju so se s 1. 1. 2015 glede na pravilnik PURES spremenile – postale so strožje. Tako se bodo izračuni oziroma rezultati porabljene toplote za ogrevanje primerjali s strožjimi zahtevami, določenimi po 1. 1. 2015.

Upoštevanje toplotnih mostov ni smiselno, zato bodo ti zanemarjeni. Razloga za to sta dva: zaradi veljavnosti spoznanj glede večine materialov in konstrukcijskih sklopov ter zaradi tega, ker se v diplomski nalogi osredotočamo izključno na porabo energije glede na debelino toplotne izolacije.

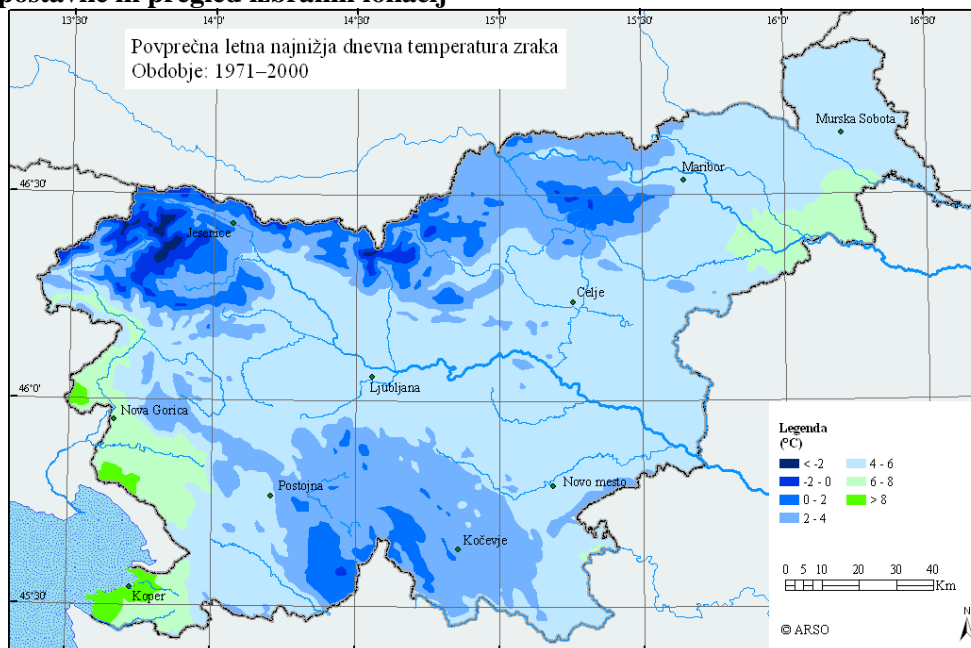
Predpostavljena toplotna prehodnost zemljine znaša 2,0 W/mK. Kot energent za ogrevanje bo v našem primeru uporabljena električna energija. Energent v tem primeru vpliva na letno rabo primarne energije, kar vključuje porabo energenta skozi celotno leto, tako za ogrevanje, hlajenje in druge dejavnosti objekta.

Program omogoča tudi upoštevanje računskih obdobij, v katerih bo treba stavbo ogrevati in hladiti za doseganje zelenih temperatur. Zaradi lažjega izračuna podobdobja zanemarimo, saj ta v medsebojni primerjavi druga drugo izključujejo in tako ne vplivajo na dobljene rezultate.

Na stavbah ni predvidene rabe obnovljivih virov energije, zaradi medsebojnega izključevanja pa sta zanemarjena senčenje in uporaba nočne izolacije.

Na koncu je treba določiti še lokacije, na podlagi katerih bomo primerjali stavbe med seboj. Izračuni so odvisni od temperaturnega primanjkljaja posameznega kraja. Ta se meri v kelvinih in je glavni pokazatelj potrebne energije za ogrevanje. Temperaturni primanjkljaj povezuje še projektno temperaturo (°C), povprečno letno temperaturo (°C), letno sončno energijo (kWh/m<sup>2</sup>), trajanje ogrevalne sezone (dan), začetek ogrevalne sezone (dan) in konec ogrevalne sezone (dan).

#### 4.1 Predpostavke in pregled izbranih lokacij



Slika 6: Karta povprečne letne najnižje dnevne temperature zraka [10]

##### 4.1.1 Kranjska Gora

Mesto leži na skrajnem severozahodnem delu Slovenije, natančneje v zgornjem delu Savske doline na približni nadmorski višini 807 m. Predvideno trajanje ogrevalne sezone znaša 310 dni. Določena projektna temperatura znaša  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ , medtem ko se povprečna letna temperatura giblje okoli  $6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Temperaturni primanjkljaj kraja znaša  $4500\text{ K/dan}$ . V zimskem času je povprečno sončno obsevanje med 280 in 320 urami, kar zadošča za  $1209\text{ kWh/m}^2$  letne sončne energije [8].

##### 4.1.2 Kredarica

Kredarica predstavlja najbolj ekstremne klimatske razmere v Sloveniji. Leži na nadmorski višini 2515 m. V primerjavi z drugimi kraji predvidena ogrevalna sezona traja praktično celotno leto oz. 355 dni. Projektna temperatura je določena na  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , povprečna letna temperatura pa na  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Temperaturni primanjkljaj je na Kredarici največji in znaša  $7100\text{ K/dan}$ . Povprečno trajanje sončnega obsevanja je v zimskem času, predvsem zaradi visoke lege, večje kot v Kranjski Gori in znaša med 400 in 415 urami. S tem je »stavbam« na Kredarici letno dovedenih  $1184\text{ kWh/m}^2$  sončne energije [8].

##### 4.1.3 Portorož

Portorož je v primerjavi s Kredarico povsem inverzna lokacija. Naselje leži na severni obali Piranskega zaliva, približno 31 m nad morsk gladino in je med obravnavanimi kraji najtoplejši. Ogrevalna sezona traja 200 dni. Projektna temperatura je ocenjena na  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , povprečna letna temperatura pa znaša  $13,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Temperaturni primanjkljaj je z  $2100\text{ K/dan}$  pričakovano najnižji. Povprečno trajanje sončnega obsevanja v zimskem času je med 320 in 360 urami, medtem ko je prispevana letna sončna energija  $1283\text{ kWh/m}^2$  [8].

#### 4.1.4 Ljubljana

Glavno mesto Republike Slovenije leži na nadmorski višini 298 m. Ogrevalna sezona traja 230 dni. Nove stavbe se v tem delu Slovenije projektira na  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Povprečna letna temperatura zraka v Ljubljani znaša  $9,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tako je določen temperaturni primanjkljaj  $3300\text{ K/dan}$ . Povprečno trajanje sončnega obsevanja v zimskem času znaša med 200 in 240 urami, medtem ko sonce letno prispeva  $1121\text{ kWh/m}^2$  energije [8].

#### 4.1.5 Krvavec

Zadnja lokacija je določena v okviru temperaturnega primanjkljaja prejšnjih lokacij. Krvavec se nahaja na nadmorski višini 1741 m. Temperaturni primanjkljaj lokacije je določen s  $5700\text{ K/dan}$ . Ogrevalna sezona traja 350 dni. Projektna temperatura je predpostavljena na  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ , povprečna letna temperatura pa na  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Povprečno trajanje sončnega obsevanja v zimskem času znaša med 360 in 400 urami. Prispevek letne sončne energije je  $1184\text{ kWh/m}^2$  [8].

#### 4.2 Opis arhitekturnih oblik stavb

Pred pričetkom izračuna je treba programu določiti še različne oblike stavb, na katerih se bo izvajala primerjalna študija. Osredotočili smo se na 5 različnih oblik stavb. Ta pogojuje različno površino toplotnega ovoja stavbe  $A\text{ (m}^2\text{)}$ , oblikovni faktor  $f_0$ , uporabno površino stavbe  $A_u\text{ (m}^2\text{)}$  in kondicionirano prostornino stavbe  $V_e\text{ (m}^3\text{)}$ . Tako smo se z upoštevanjem omenjenih korelacij pri določitvi in izbiri ustreznih stavb za primerjalno analizo osredotočili predvsem na uporabno površino stavbe in njen kondicioniran volumen  $V_e$ . Namreč za uspešno primerjavo izračunov je ključnega pomena, da sta omenjena parametra vseh primerjanih stavb podobna oz. enaka. Tako dosežemo, da se med primerjavo faktorja medsebojno izključujeta in tako ne vplivata na dobljene rezultate. Na ta način je poraba toplote za ogrevanje v stavbah odvisna predvsem še od oblike stavbe in posledično od oblikovnega faktorja stavbe.

Kot je bilo že omenjeno, so vse stavbe definirane kot enostanovanjske stavbe.

Ker na porabo toplote za ogrevanje v stavbah poleg oblike vplivajo še uporabljeni konstrukcijski sklopi, bomo na vsako izmed stavb aplicirali tri različne konstrukcijske sklope, in sicer:

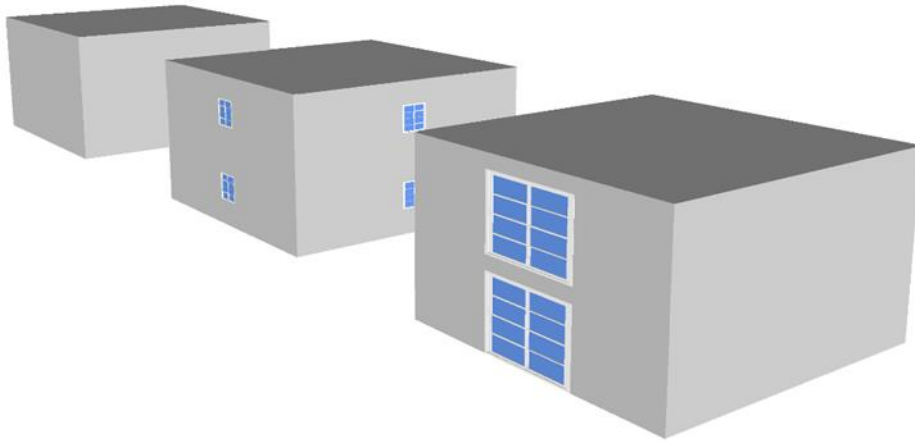
- KS samo s toplotno izolacijo,
- transparentni KS, aplicirani na vseh stenah,
- transparentni KS, aplicirani samo na južni steni.

Za uporabo transparentnih konstrukcijskih sklopov je treba izbrati okno s končno določenimi karakteristikami (predvsem toplotne prehodnosti). V tem primeru je izbrano neko povprečno dvoslojno okno, katerega toplotna prehodnost znaša  $1,09\text{ W/m}^2\text{K}$ . Ker je pri uporabi različnih transparentnih sklopov treba zagotoviti, da sama površina zasteklitve ne vpliva na porabljeno toploto za ogrevanje, bo na stavbah, kjer bodo okna vgrajena na vseh stenah, površina zasteklitve posameznega okna znašala  $2,25\text{ m}^2$  (velja za enonadstropne stavbe) in  $1,125\text{ m}^2$  po etaži pri dvonadstropnih stavbah. V primeru analize stavb s transparentnimi KS samo na južni strani se bodo uporabila okna z zasteklitvijo površine  $9\text{ m}^2$  (veljajo enonadstropne stavbe) in  $4,5\text{ m}^2$  po etaži pri dvonadstropnih stavbah. Na ta način bo v obeh primerih dosežena enaka površina zasteklitve s transparentnimi konstrukcijskimi sklopi  $9\text{ m}^2$ .

Za faktor okvirja okna bomo privzeli vrednost, ki jo priporoča tehnična smernica v primeru, ko faktor okvirja ni natančno poznan. Ta znaša  $0,7$ .

#### 4.2.1 Stavba 1

Zunanje dimenzije stavbe tipa 1 znašajo  $10 \times 10 \times 6$  m. Sestavljata jo dve etaži. Obe sta kondicionirani. Dimenzije posamezne etaže znašajo  $10 \times 10 \times 3$  m, kar pomeni, da je uporabna površina posamezne cone  $100 \text{ m}^2$ , neto prostornina cone pa  $300 \text{ m}^3$ . Ovoj stavbe dopolnjujeta ravna streha s površino  $100 \text{ m}^2$  in temeljna plošča s površino  $100 \text{ m}^2$ . Tako skupna neto uporabna površina stavbe  $A_u$  znaša  $200 \text{ m}^2$ , skupna kondicionirana prostornina stavbe  $V_e$  pa  $600 \text{ m}^3$ . Skupni toplotni ovoj stavbe znaša  $440,0 \text{ m}^2$ , izračunani oblikovni faktor stavbe  $f_0$  pa je 0,73.

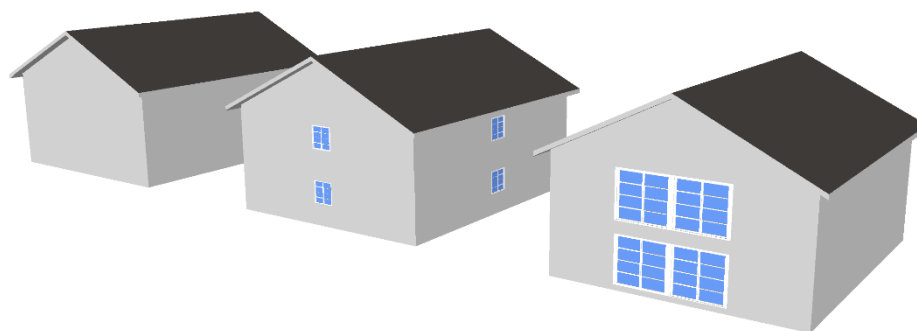


Slika 7: 3D model stavbe 1



#### 4.2.2 Stavba 2

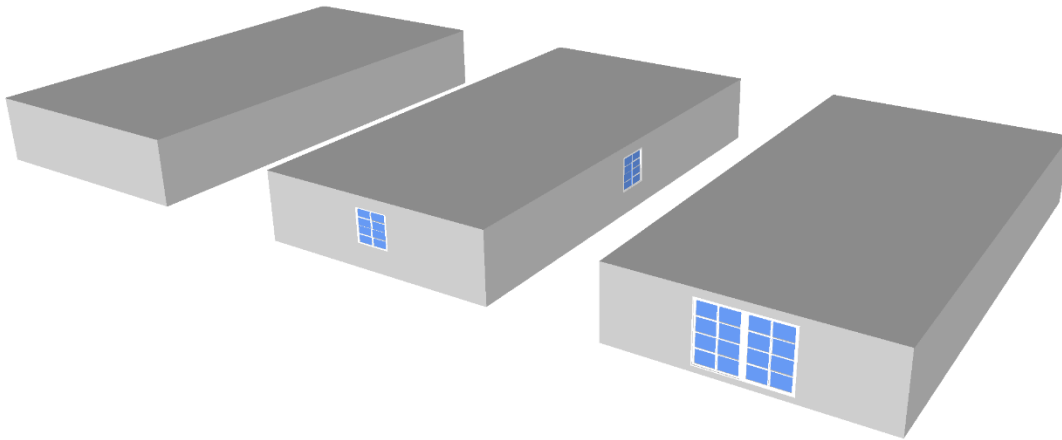
Zunanje dimenzije stavbe tipa 2 znašajo  $10 \times 12 \times 5$  m. Sestavljena je iz dveh etaž in podstrešja. Etaži sta kondicionirani, medtem ko podstrešje ni. Dimenzije posamezne etaže znašajo  $10 \times 12 \times 2,5$  m, kar pomeni, da je uporabna površina posamezne cone  $120 \text{ m}^2$ , neto prostornina cone pa znaša  $300 \text{ m}^3$ . Temeljna plošča stavbe ima površino  $120 \text{ m}^2$ . Neto skupna uporabna površina stavbe  $A_u$  znaša  $240 \text{ m}^2$ , skupna kondicionirana prostornina stavbe  $V_e$  pa  $600 \text{ m}^3$ . Skupni toplotni ovoj stavbe znaša  $460,0 \text{ m}^2$ , izračunani oblikovni faktor stavbe  $f_0$  pa je  $0,77$ .



Slika 8: 3D model stavbe 2

### 4.2.3 Stavba 3

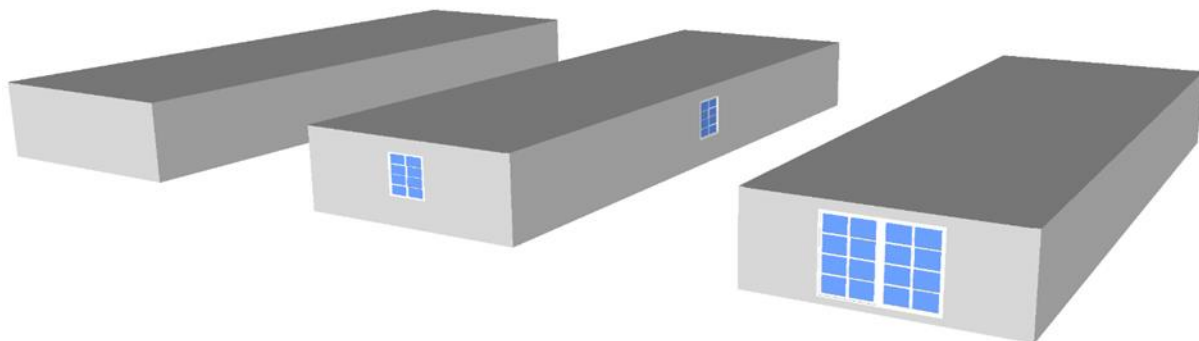
Zunanje dimenzije stavbe tipa 3 znašajo  $10 \times 20 \times 3$  m. Stavba ima samo eno kondicionirano cono. Uporabna površina cone znaša  $200 \text{ m}^2$ , neto prostornina cone pa  $600 \text{ m}^3$ . Ovoj stavbe dopolnjujeta ravna streha s površino  $200 \text{ m}^2$  in temeljna plošča s površino  $200 \text{ m}^2$ . Neto uporabna površina stavbe  $A_u$  je enaka uporabni površini cone  $200 \text{ m}^2$ , skupna kondicionirana prostornina stavbe  $V_e$  pa je  $600 \text{ m}^3$ . Skupni toplotni ovoj stavbe znaša  $580 \text{ m}^2$ , izračunani oblikovni faktor stavbe  $f_0$  pa je 0,97.



Slika 9: 3D model stavbe 3

#### 4.2.4 Stavba 4

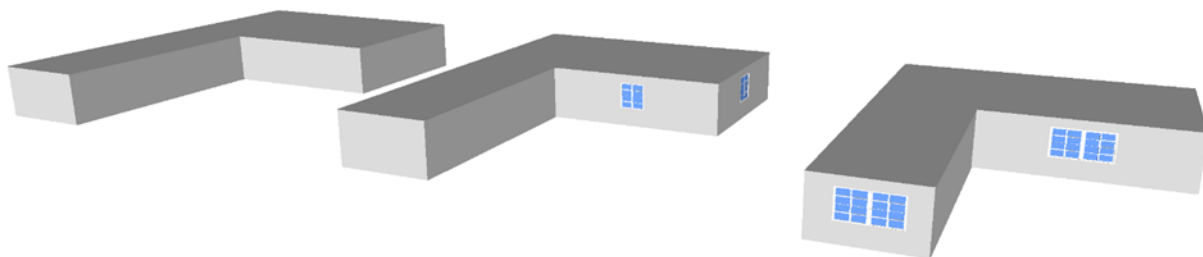
Zunanje dimenzije stavbe tipa 4 znašajo  $8 \times 25 \times 3$  m. Tudi ta stavba ima samo eno kondicionirano cono. Uporabna površina stavbe znaša  $200 \text{ m}^2$ , neto prostornina pa  $600 \text{ m}^3$ . Ovoj stavbe dopolnjujeta ravna streha s površino  $200 \text{ m}^2$  in temeljna plošča s površino  $200 \text{ m}^2$ . Neto uporabna površina stavbe  $A_u$  znaša  $200 \text{ m}^2$ , skupna kondicionirana prostornina stavbe  $V_e$  pa  $600 \text{ m}^3$ . Skupni toplotni ovoj stavbe znaša  $598 \text{ m}^2$ , izračunani oblikovni faktor stavbe  $f_0$  pa je 1,0.



Slika 10: 3D model stavbe 4

#### 4.2.5 Stavba 5

Stavba tipa 5 se tlorisno razlikuje od prej opisanih stavb. Obseg stavbe znaša 74 m, višina pa 3 m. Stavba ima samo eno kondicionirano cono. Dimenzije cone so enake kot dimenzije stavbe, to pomeni, da je uporabna površina cone  $200 \text{ m}^2$ , neto prostornina cone pa znaša  $600 \text{ m}^3$ . Ovoj stavbe dopolnjujeta ravna streha s površino  $200 \text{ m}^2$  in temeljna plošča s površino  $200 \text{ m}^2$ . Neto uporabna površina stavbe  $A_u$  je enaka uporabni površini cone  $200 \text{ m}^2$ , skupna kondicionirana prostornina stavbe  $V_e$  pa je  $600 \text{ m}^3$ . Skupna površina toplotnega ovoja stavbe tako znaša  $622 \text{ m}^2$ , oblikovni faktor stavbe  $f_0$  pa je 1,04.



Slika 11: 3D model stavbe 5

### 4.3 Izolacijski materiali in značilnosti

Tržišče na področju toplotne zaščite stavb ponuja številne rešitve. Tako lahko z uporabo manjših debelin naprednejših materialov (vakuumsko izolacijski paneli, aerogeli ipd.) dosežemo enako toplotno prehodnost kot s klasičnimi (polistireni, kamene in steklene volne ...). Za potrebe te diplomske naloge smo se zaradi razširjenosti in ekonomske dostopnosti izolacijskih materialov osredotočili zgolj na tri najbolj klasične izolacijske materiale.

#### 4.3.1 Ekspandiran polistiren (EPS)

EPS je najbolj običajen in največkrat uporabljen izolacijski material. Izdelan je iz polimerov s toplotno prevodnostjo  $0,038 \text{ W/mK}$ . Večinoma je oblikovan v izolacijske plošče različnih debelin. Če je v konstrukcijski sklop vgrajen pravilno, je relativno obstojen in odporen. Izpostavljenost UV-žarkom močno vpliva na obstojnost materiala. Prav tako ni požarno odporen material, zato ga je treba zaščititi z ustreznimi dodatki, ki mu zmanjšujejo vnetljivost.



Slika 12: Plošča iz ekspandiranega polistirena [11]

#### 4.3.2 Neopor ekspandirani polistiren (EPS Neopor)

Neopor EPS je relativno podoben klasičnemu ekspandiranemu polistirenu, le da je pri Neoporu dosežena nižja toplotna prevodnost ( $0,032 \text{ W/mK}$ ). Ker ima ekspandiran polistiren nizko gostoto, nudi majhno odpornost proti prenosu toplotne energije, zato je EPS Neoporu dodan grafit. Slednji zmanjša prehod toplote do 20 %. Na ta način se lahko isto toplotno prehodnost doseže z bistveno manjšo debelino toplotne izolacije. Tako kot klasični EPS je tudi ta navadno oblikovan v plošče različnih debelin.



Slika 13: Izolacijska plošča iz Neopora [12]

### 4.3.3 Kamena volna

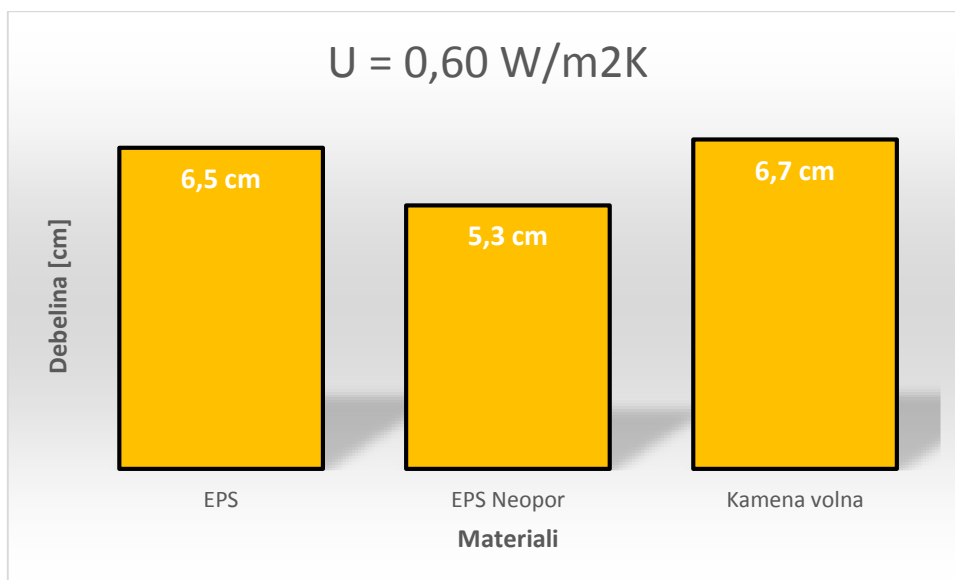
Kameno volno sestavljajo mineralna vlakna staljene kamnine. Največja prednost kamene volne je negorljivost, saj je tališče kamenih vlaken relativno visoko. V primerjavi s polistirenom omogoča večjo paroprepustnost in večjo zmožnost absorbiranja vibracij ter zvoka. Toplotna prevodnost kamene volne znaša  $0,040 \text{ W/mK}$ .



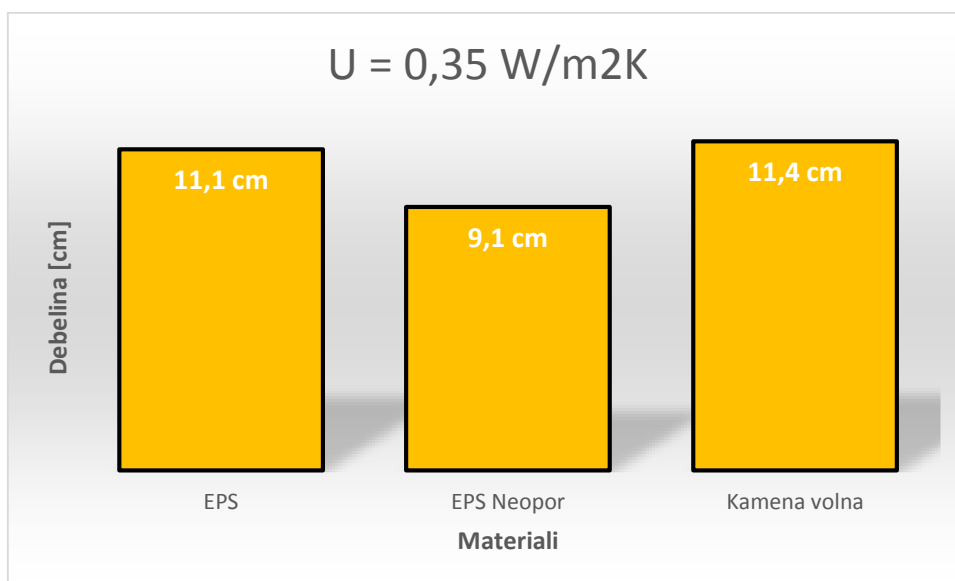
Slika 14: Plošča iz kamene volne [13]

#### 4.4 Primerjava izbranih izolacijskih materialov

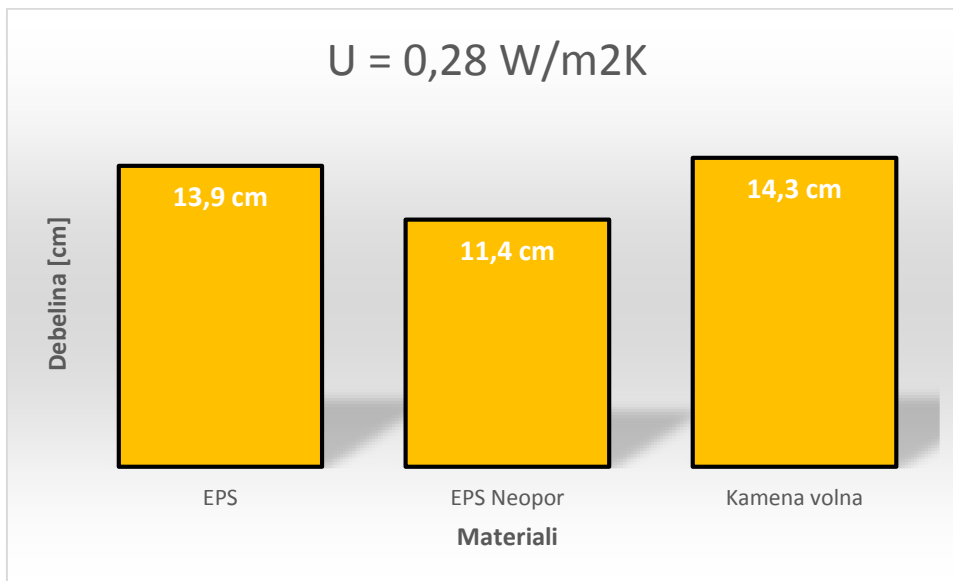
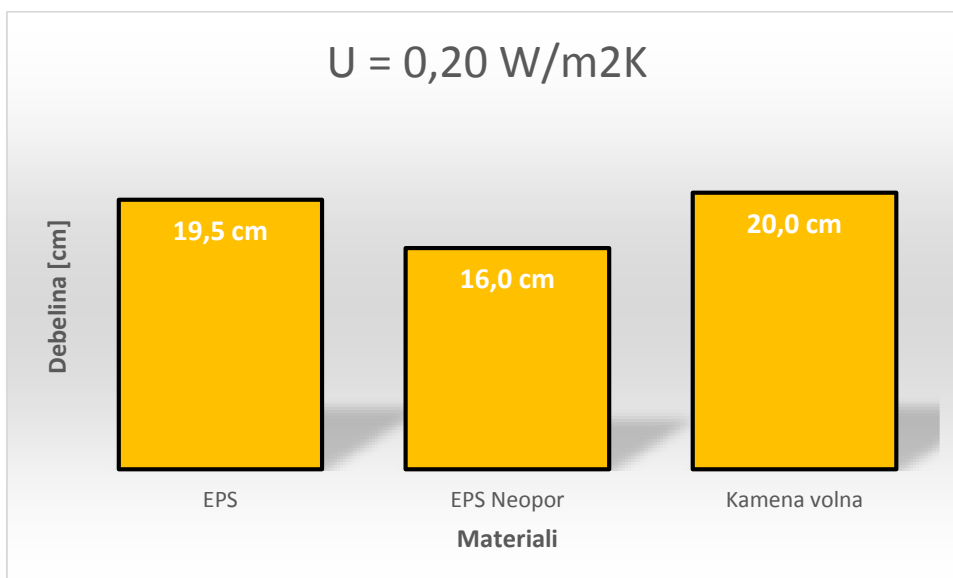
Vsak od izbranih materialov ima različno toplotno prevodnost, kar posledično pomeni, da za doseg istega faktorja toplotne prehodnosti (U-faktorja) potrebujemo različne debeline toplotne izolacije. Za izvedbo analize smo izbrali 6 različnih faktorjev toplotne prehodnosti 0,60, 0,35, 0,28, 0,15 in 0,10. V spodnjih primerih je izračunano, koliko cm toplotne izolacije v odvisnosti od materiala je potrebno za doseg podanih faktorjev toplotne prehodnosti. Rezultati so naslednji:



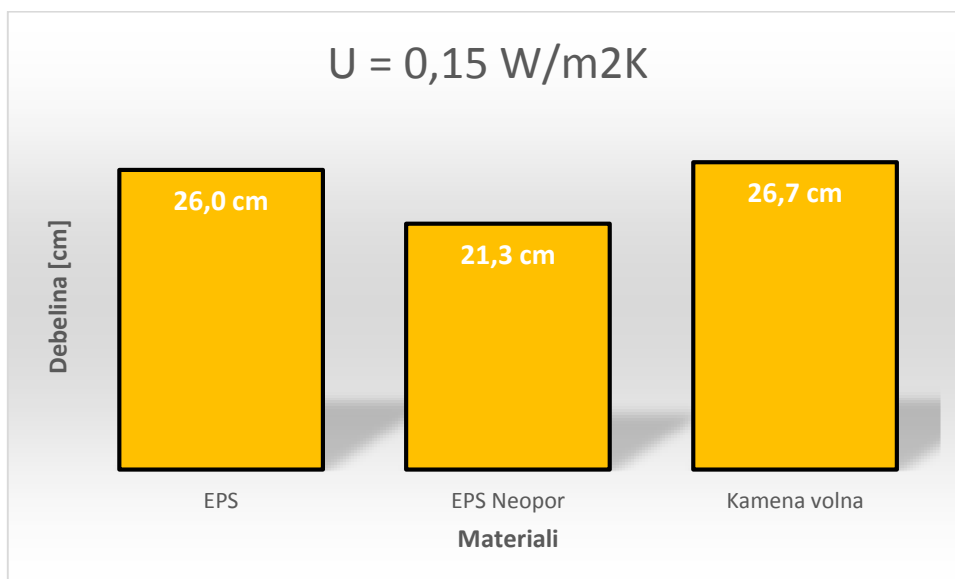
Grafikon 1: Primerjava debelin toplotne izolacije za  $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$



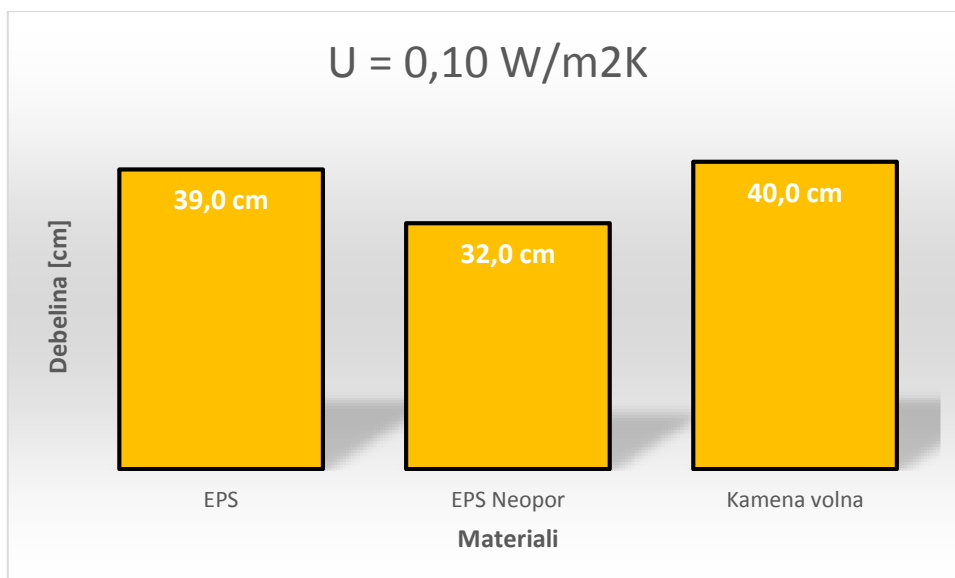
Grafikon 2: Primerjava debelin toplotne izolacije za  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Grafikon 3: Primerjava debelin toplotne izolacije za  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ Grafikon 4: Primerjava debelin toplotne izolacije za  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$





Grafikon 5: Primerjava debelin toplotne izolacije za  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

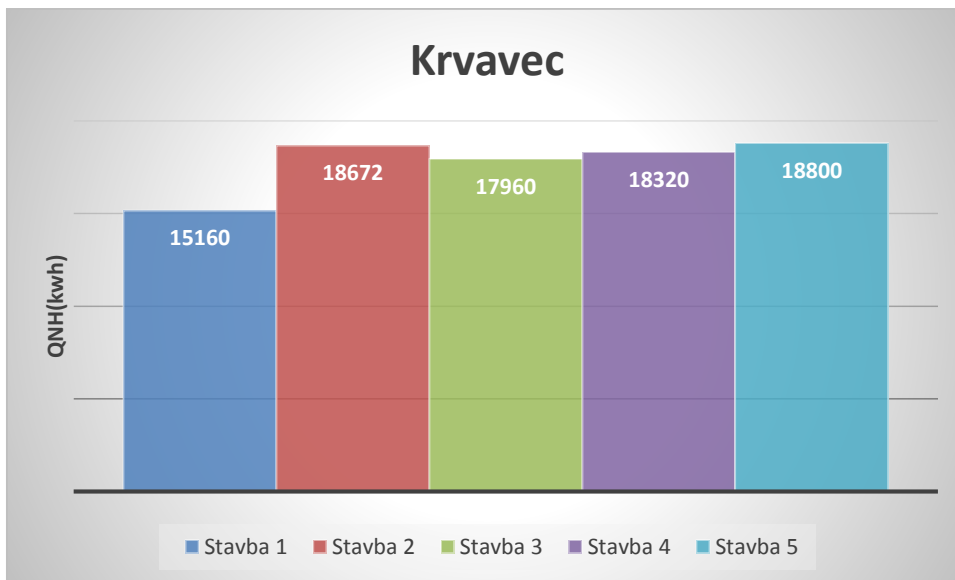


Grafikon 6: Primerjava debelin toplotne izolacije za  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Iz grafikonov je mogoče razbrati, da se debelina toplotne izolacije nelinearno povečuje, ko se faktor toplotne prehodnosti manjša. To tudi pomeni, da boljše izolativnost povzroča večje razlike v potrebni debelini izolacije glede na posamezni material za doseg ustreznega faktorja toplotne prehodnosti. V prikazanih rezultatih še posebej izstopa EPS Neopor. Največja prednost tega materiala se pokaže, ko želimo doseči zelo nizke faktorje toplotne prehodnosti. Iz tega lahko sklepamo, da je EPS Neopor najbolj primeren material za izolativnost nizkoenergijskih stavb, saj z njim pri manjših debelinah že zadostimo zahtevanim vrednostim toplotne prehodnosti, obenem pa prihranimo pri masi toplotne izolacije.

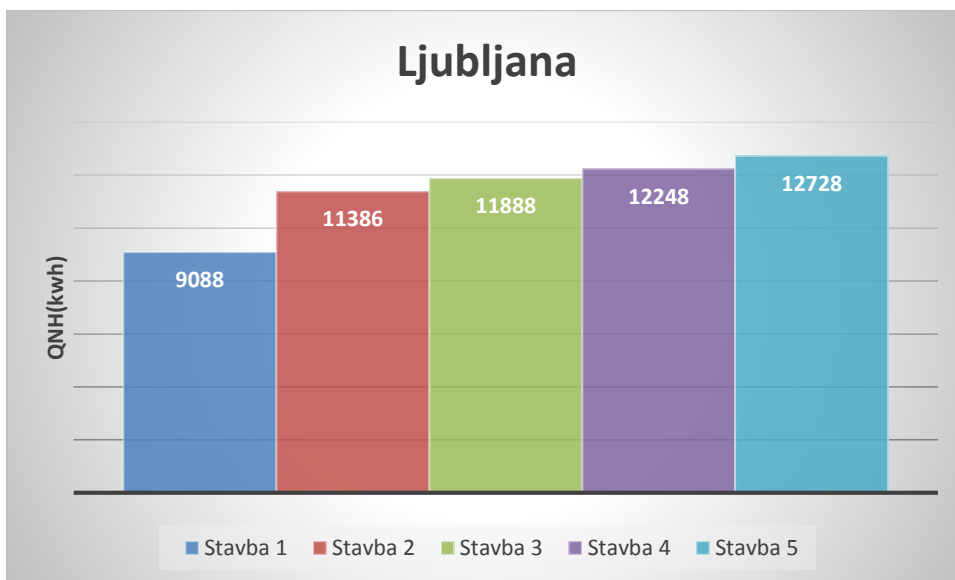
#### 4.5 Največja dovoljena toplota za ogrevanje ( $Q_{NH}$ ) glede na lokacijo

Ker je s strani evropske direktive o učinkoviti rabi energije predpisano, koliko toplote za ogrevanje sme posamezna stavba porabiti v enem letu, si je treba pred pričetkom analize ogledati še primerjavo posameznih stavb glede na dovoljene porabljene toplote za ogrevanje posamezne lokacije.



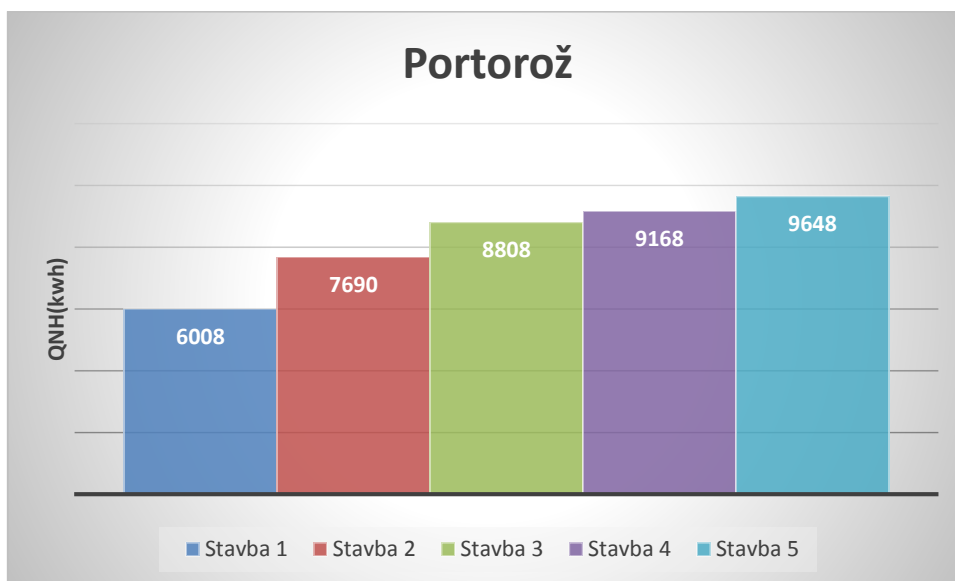
Grafikon 7: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje na Krvavcu

Izkazuje se, da ima stavba tipa 1 najnižjo dovoljeno porabljeno letno toploto za ogrevanje. To pomeni, da na tej stavbi pričakujemo tudi najnižjo porabo toplote. Iz tega lahko sklepamo, da je stavba tipa 1 energetske najučinkovitejša. Ostale stavbe so glede dovoljene letne porabe toplote primerljive. Kot kaže, je stavba tipa 5 z vidika ogrevanja najmanj učinkovita, zato pri tej stavbi lahko pričakujemo večjo porabo toplote.



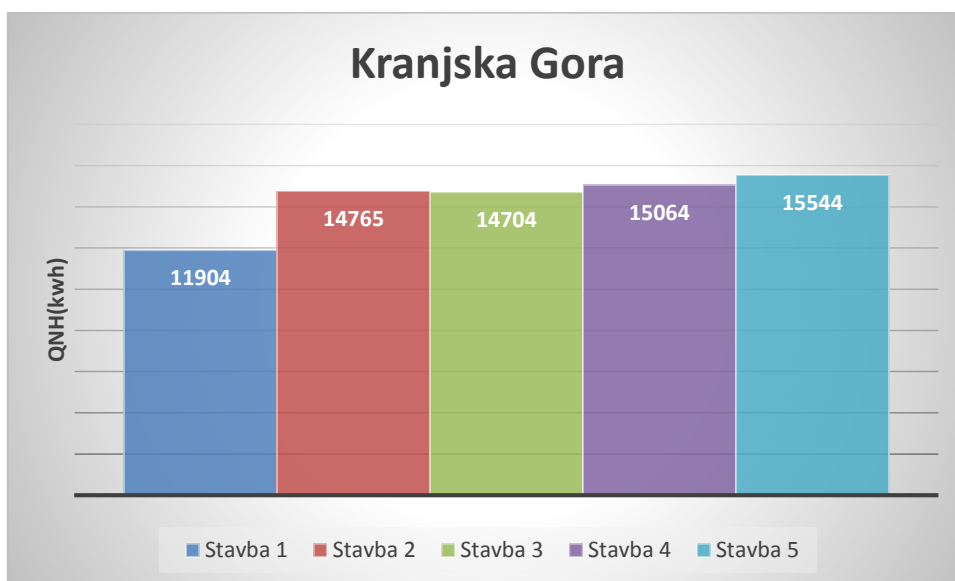
Grafikon 8: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje v Ljubljani

Tudi v tem primeru ima stavba tipa 1 najnižjo dovoljeno potrebno toploto za ogrevanje, zato je pričakovati, da bo poraba toplote za ogrevanje najnižja.



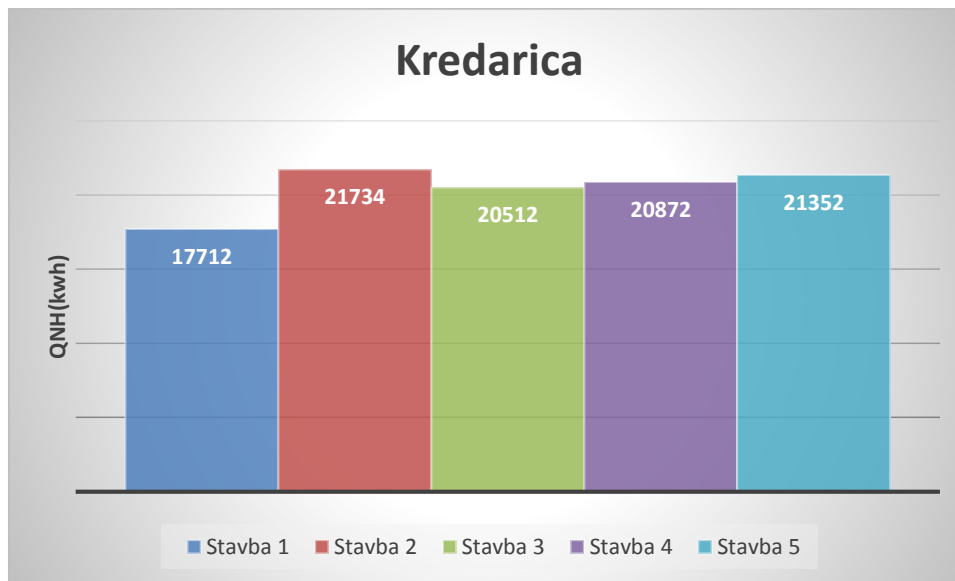
Grafikon 9: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje v Portorožu

Tudi ta primer kaže, da ima stavba tipa 1 najbolj prepričljivo obliko glede zahtev pri porabi toplote. Trend naraščanja dovoljene porabe toplote je za ostale stavbe primerljiv trendu v Ljubljani. Razlike so zgolj v vrednostih, kar je posledica manjšega temperaturnega primanjkljaja.



Grafikon 10: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje v Kranjski Gori

Situacijo v Kranjski Gori lahko primerjamo s situacijo na Krvavcu. Trend dovoljene porabe toplote za ogrevanje je zelo podoben, je pa razlika v vrednostih. Največje zahteve ima stavba tipa 1, najnižje pa stavba tipa 2.



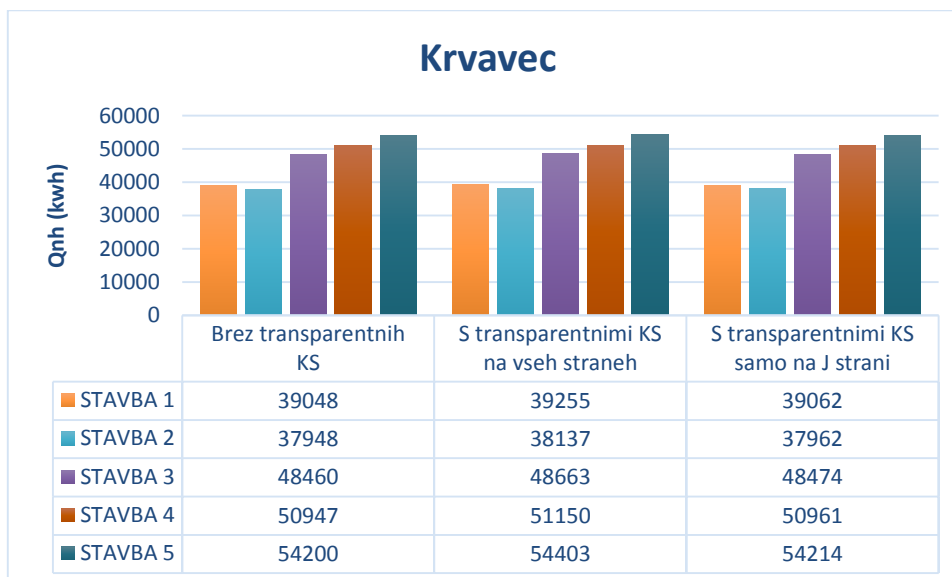
Grafikon 11: Primerjava največje dovoljene toplote za ogrevanje na Kredarici

Kredarica je najbolj ekstremna lokacija, zato so na tem mestu tudi najvišje dovoljene vrednosti letne potrebe toplote za ogrevanje. Stavba tipa 1 ima tako kot pri vseh ostalih lokacijah ponovno najnižjo dovoljeno toploto za ogrevanje. Je pa zanimivo odstopanje pri stavbi tipa 2, ki ima v tem primeru najvišjo dovoljeno porabo toplote za ogrevanje.

## 5 REZULTATI ANALIZE

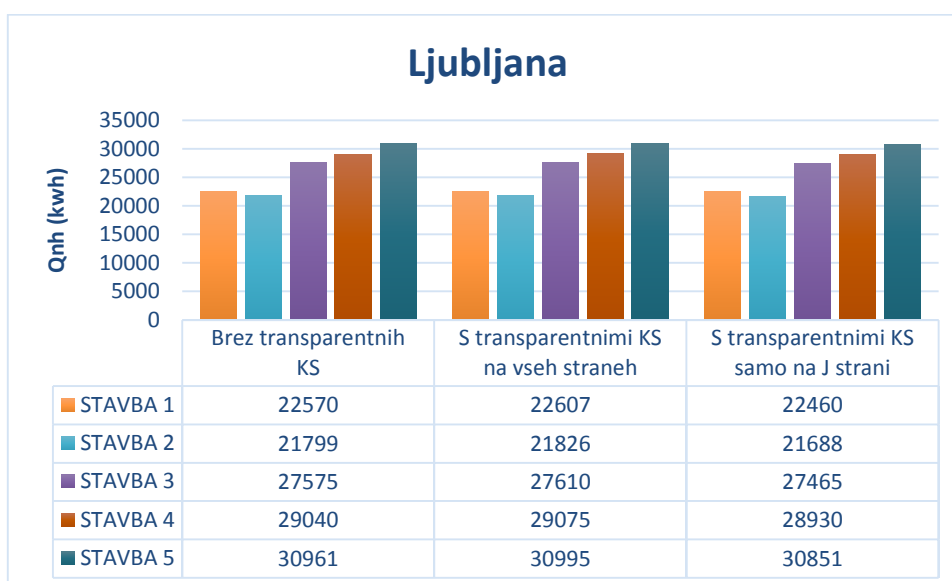
### 5.1 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Pri faktorju toplotne prehodnosti  $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  je debelina toplotne izolacije, ki je aplicirana na stavbe, minimalna. Načeloma je tak faktor toplotne prehodnosti značilen za stavbe starejšega letnika, zato je pričakovati, da bo porabljena energija tu največja.



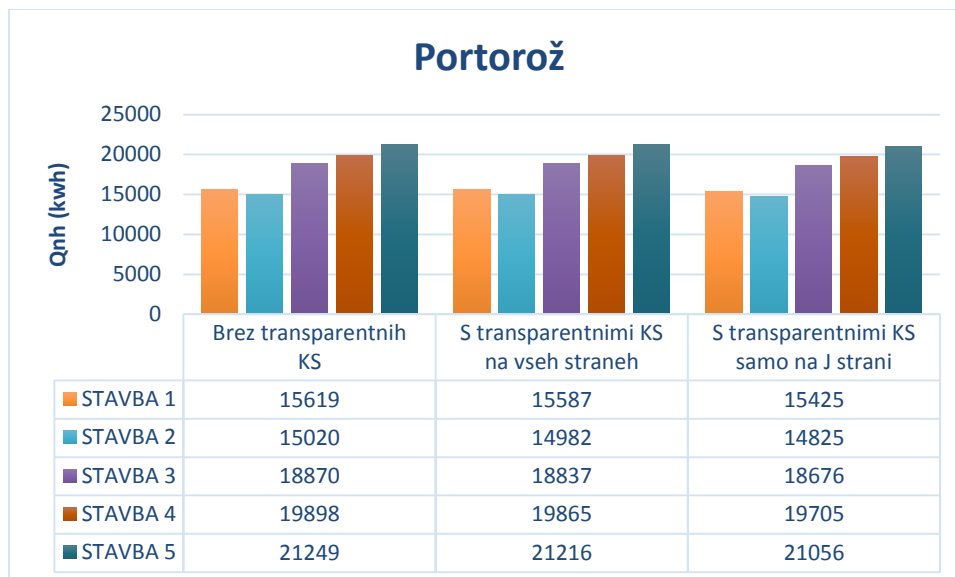
Grafikon 12: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Krvavec

V tem primeru ima stavba tipa 2 pri vseh uporabljenih konstrukcijskih sklopih najmanjšo porabljeno energijo za ogrevanje. Zaradi visokega faktorja toplotne prehodnosti še posebej pride do izraza vpliv oblike stavbe. Nižjo porabljeno energijo stavb tipa 1 in 2 v tem primeru lahko povežemo s faktorjem oblike, saj je ta pri omenjenih stavbah najnižji. Poleg tega je zanimiv tudi vpliv transparentnih konstrukcijskih sklopov. Izračun kaže, da transparentni KS, ki so nameščeni samo na jugu stavbe, praktično ne vplivajo na porabo toplote, v primeru namestitve transparentnih KS na vse stene pa se porabljena energija bistveno poveča. Poraba toplote se spreminja predvsem zaradi vpliva sončnega sevanja.



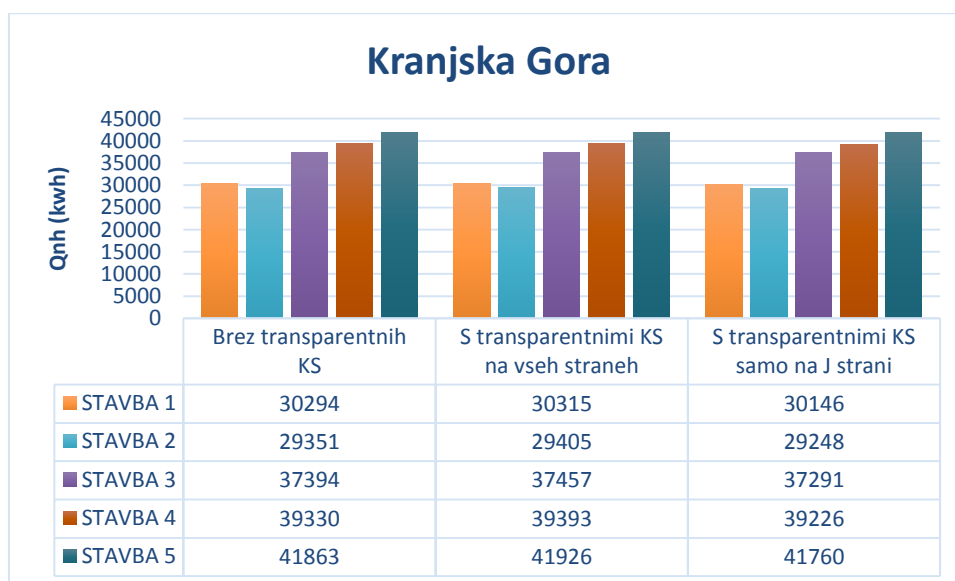
Grafikon 13: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Ljubljana

Tudi na območju Ljubljane stavba tipa 2 potrebuje najmanj toplote za ogrevanje, vendar je v tem primeru razlika v primerjavi s stavbo tipa 1 nižja kot na Krvavcu. To je posledica toplejše lokacije in posledično manjšega temperaturnega primanjkljaja. Na splošno je trend gibanja porabljene toplote za ostale stavbe in konstrukcijske sklope podoben kot na Krvavcu. Je pa treba opozoriti na ugoden vpliv transparentnih konstrukcijskih sklopov, če so ti postavljeni na južni strani. Izkazuje se, da je poraba toplote za ogrevanje v primerjavi z ostalima dvema sklopoma najnižja. Takšno obnašanje stavbe se zgodi predvsem zaradi slabe izoliranosti stavb in nižjega temperaturnega primanjkljaja lokacije.



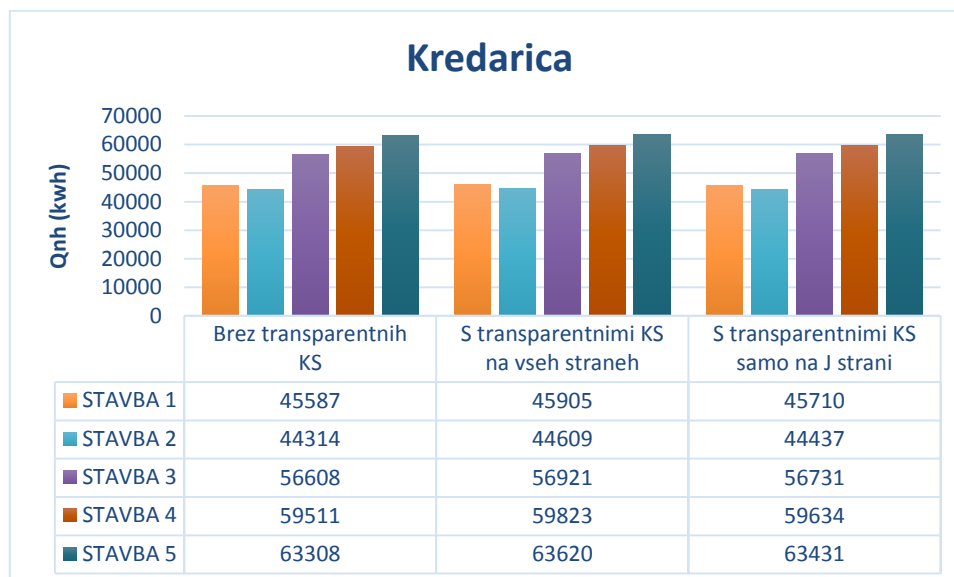
Grafikon 14: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  - Portorož

Ker je Portorož izmed vseh lokacij najtoplejši kraj, tu pričakujemo najmanjše razlike porabljene toplote med posameznimi stavbami. To se na zgornjih diagramih tudi potrjuje. Zaradi majhnega temperaturnega primanjkljaja je tu viden največji vpliv transparentnih konstrukcijskih sklopov. Poleg navedenega je zelo zanimivo tudi to, da stavbe brez transparentnih konstrukcijskih sklopov v tem primeru porabijo največ toplote za ogrevanje. V tem primeru nam okna v zimskem času pomagajo pri ogrevanju stavbe. Takšno obnašanje stavbe je posledica slabe izoliranosti.



Grafikon 15: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kranjska Gora

Ker se Kranjska Gora glede temperaturnega primanjkljaja uvršča med Krvavec in Ljubljano, so rezultati sorazmerni z omenjenima lokacijama. Tudi v tem primeru stavba tipa 2 potrebuje najmanj toplote za ogrevanje. Trend potrebne toplote za ogrevanje glede na posamezne konstrukcijske sklope je podoben trendu v Ljubljani oz. na Krvavcu.



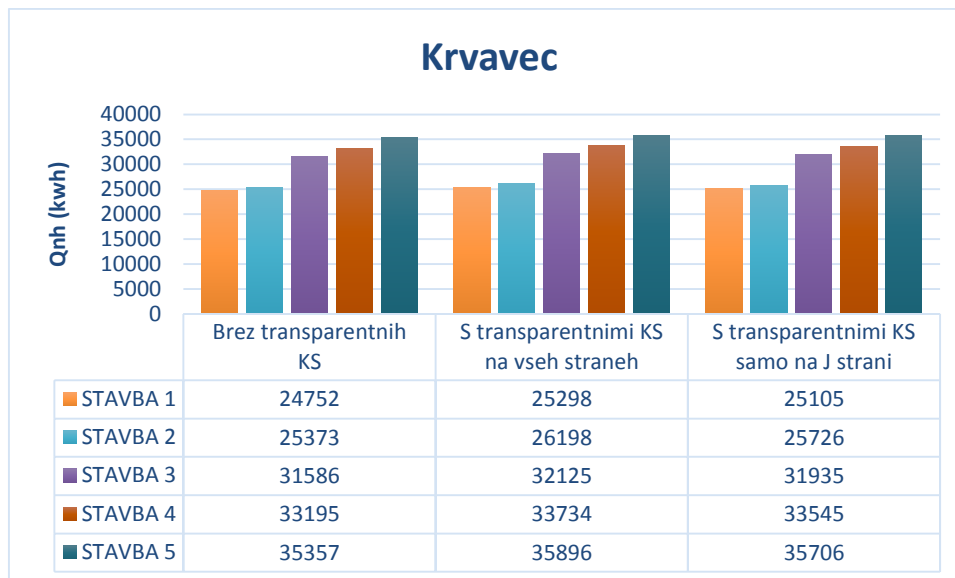
Grafikon 16: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kredarica

Ker je na Kredarici največji temperaturni primanjkljaj, je tudi porabljena toplota za ogrevanje največja. Prav tako so tu vidne največje razlike med posameznimi stavbami in konstrukcijskimi sklopi glede potrebne toplote za ogrevanje. Če so v Portorožu transparentni konstrukcijski sklopi bistveno pomagali k zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje, v tem primeru to ne drži.

Stavba tipa 2 na vseh lokacijah potrebuje najmanj toplote za ogrevanje. Na pridobljeni rezultat vpliva predvsem nekondicionirana cona na vrhu stavbe (neizkoriščeno podstrešje), saj se v tej coni tvori plast zraka, ki služi kot dodatna toplotna izolacija. Ob tem je treba omeniti še, da v izračunih ne upoštevamo toplotnih mostov – slednji bi lahko vplivali na dobljene rezultate. V takem primeru bi bila stavba tipa 2 zaradi zahtevnejše oblike bistveno bolj občutljiva na potrebno toploto za ogrevanje in bi lahko v realnih okoliščinah za ogrevanje potrebovala več toplote kot stavba tipa 1.

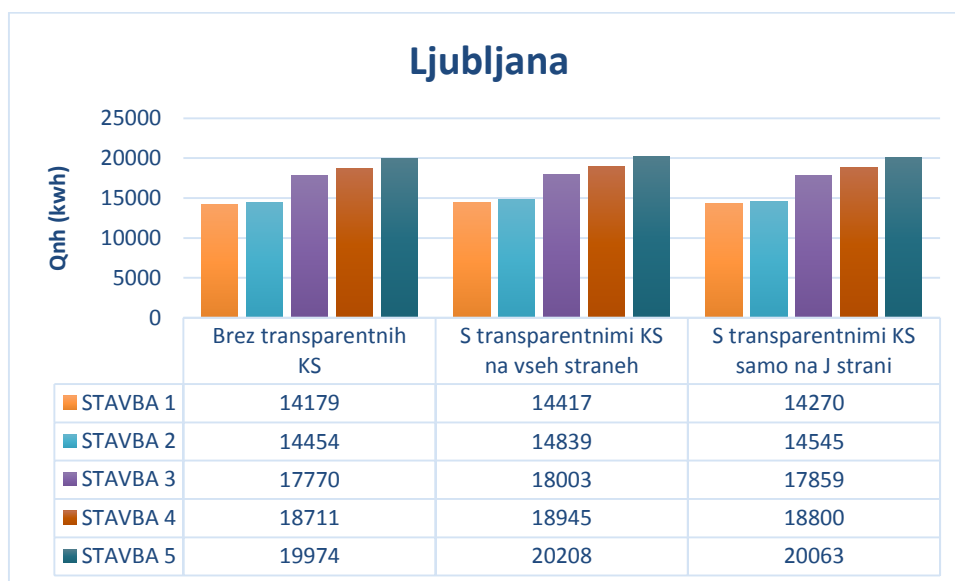
## 5.2 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

Manjša toplotna prehodnost pripomore k zmanjšanju porabe toplote za ogrevanje. Toplotna prehodnost  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  ne ustreza zahtevam PURES-a. Za tako toplotno prehodnost štejejo že zgrajene stavbe, na katerih je apliciranih približno 10 cm toplotne izolacije.



Grafikon 17: Izračunana porabljená toplota za ogrevanje za  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Krvavec

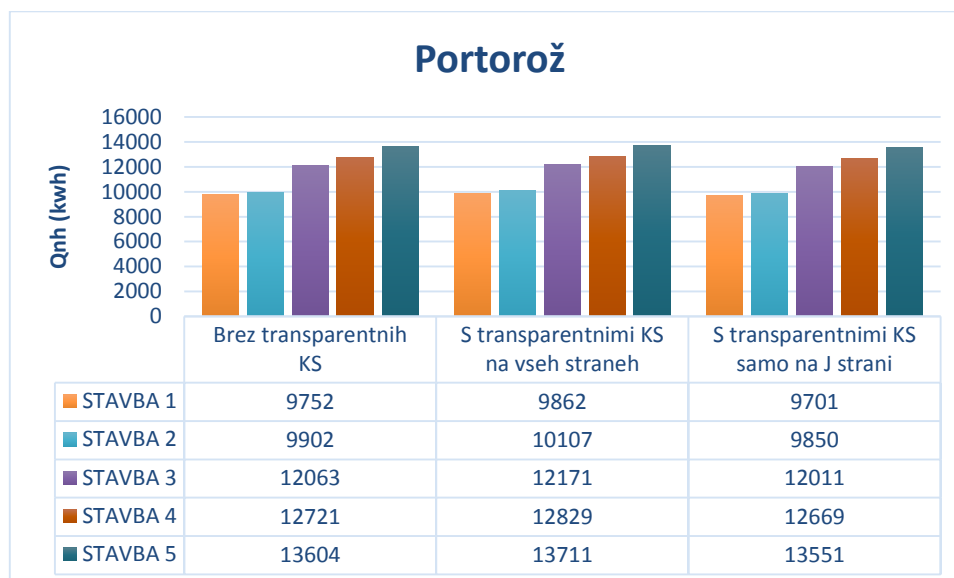
V primerjavi s toplotno prehodnostjo  $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  je na isti lokaciji približno 40 % manjša poraba toplote. Kažejo se prvi znaki vpliva toplotne izolacije. Namreč, stavba tipa 1 ima pri boljši izolativnosti najmanjšo porabo toplote. Ta vpliv lahko pripisujemo faktorju oblike, ki pri bolj izoliranih stavbah bistveno bolj vpliva na stavbo tipa 1. Pričakovati je tudi, da se bo razlika porabljené toplote med stavbo tipa 1 in tipa 2 pri nižjih toplotnih prehodnostih še povečala. Ostale stavbe imajo podoben trend kot prej. Pri primerjavi posameznih konstrukcijskih sklopov je opaziti večje izgube toplote pri stavbah s transparentnimi KS.



Grafikon 18: Izračunana porabljená toplota za ogrevanje za  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Ljubljana

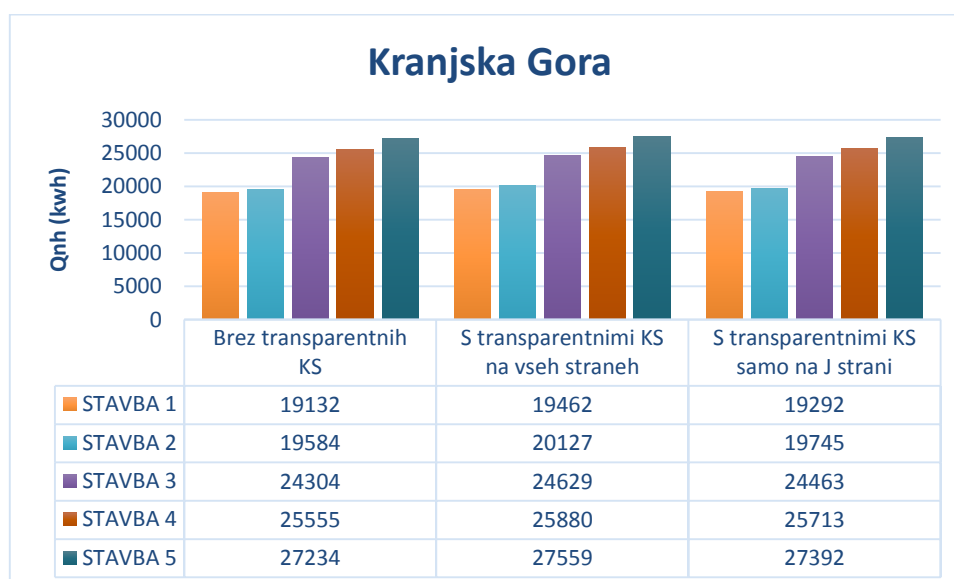


V Ljubljani je situacija podobna tisti na Krvavcu. Stavba tipa 1 je najbolj energetske učinkovita, vendar je razlika porabljene toplote za ogrevanje med stavbo tipa 1 in tipa 2 manjša. Prav tako je opaziti manjše razlike porabljene toplote, gledano z vidika različnih konstrukcijskih sklopov, kar je posledica manjšega temperaturnega primanjkljaja. Še vedno pa so najbolj učinkovite stavbe brez transparentnih konstrukcijskih sklopov.



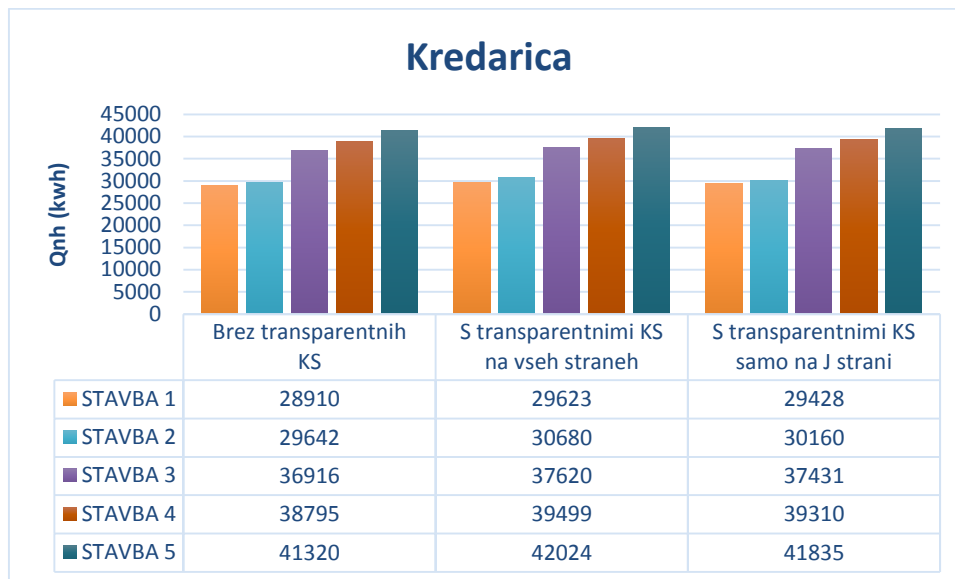
Grafikon 19: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Portorož

Zaradi najmanjšega temperaturnega primanjkljaja so razlike med porabljenimi toploto posameznih stavb v Portorožu najmanjše. V tem primeru transparentni konstrukcijski sklopi na J strani stavbe ugodno vplivajo na porabo toplote za ogrevanje. So pa razlike med posameznimi sklopi najmanjše. Prav tako je zanimivo, da je stavba tipa 2 najmanj občutljiva na izgubo toplote pri uporabi transparentnih konstrukcijskih sklopov. Torej lahko sklepamo, da je stavba tipa 2 v tem primeru z vidika varčevanja s toplotno energijo najboljše izbira.



Grafikon 20: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kranjska Gora

V Kranjski Gori je opazna večja razlika porabe energije stavb tipa 1 in tipa 2. Ti spet porabita najmanj toplote za ogrevanje, medtem ko je trend naraščanja porabljene energije pri ostalih stavbah podoben kot prej.

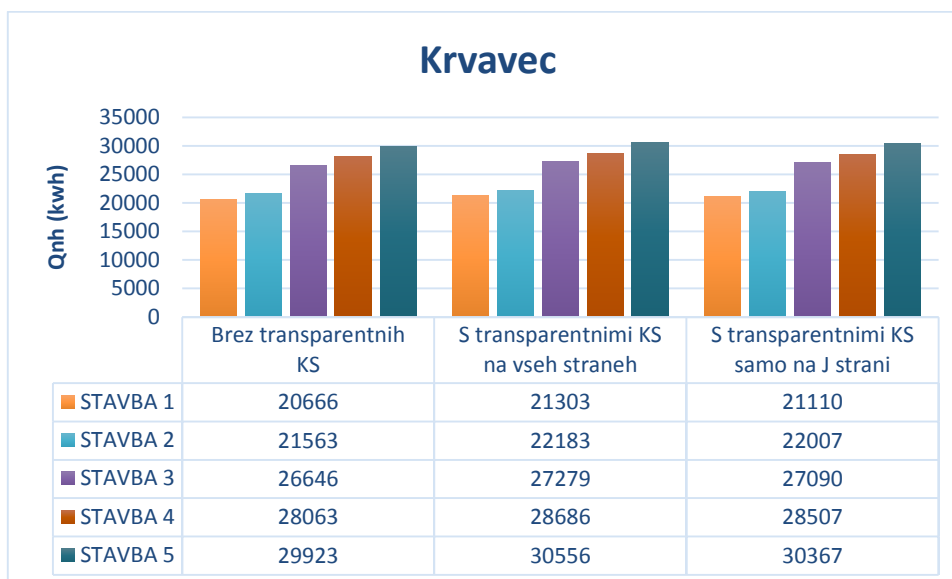


Grafikon 21: Izračunana porabljenata toplota za ogrevanje za  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kredarica

Kredarica ima največji temperaturni primanjkljaj, kar se kaže v večjih odstopanjih med posameznimi stavbami. Če se osredotočimo na stavbi tipa 1 in 2, vidimo, da je stavba tipa 1 v primeru brez transparentnih konstrukcijskih sklopov najbolj energetsko učinkovita. Ko na stavbe apliciramo transparentne konstrukcijske sklope, se izgube toplote povečajo, to pa vpliva na večjo potrebo po toploti.

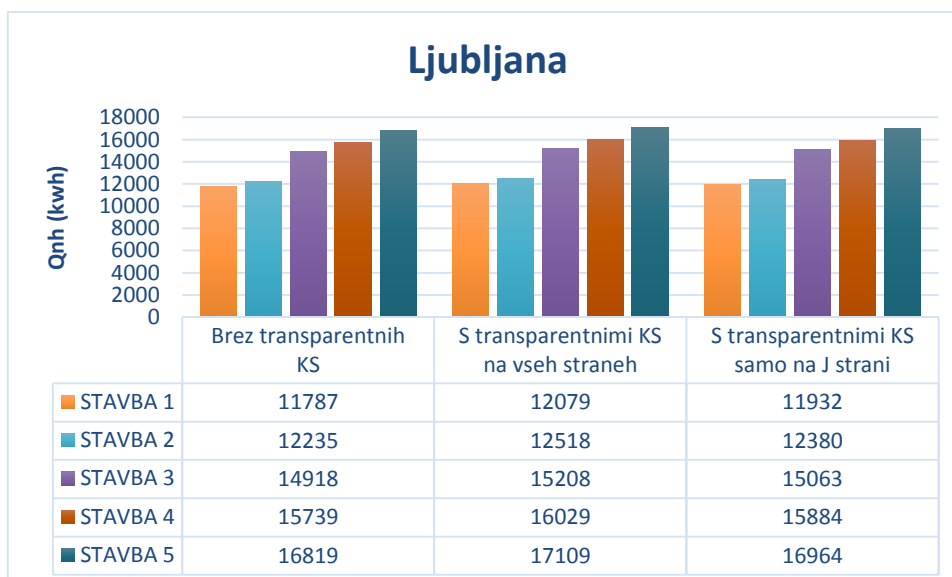
### 5.3 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nižji faktor toplotne prehodnosti stavb pripomore k zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje stavb. V spodnjih preglednicah je glede na lokacijo prikazana potrebna toplota za ogrevanje.



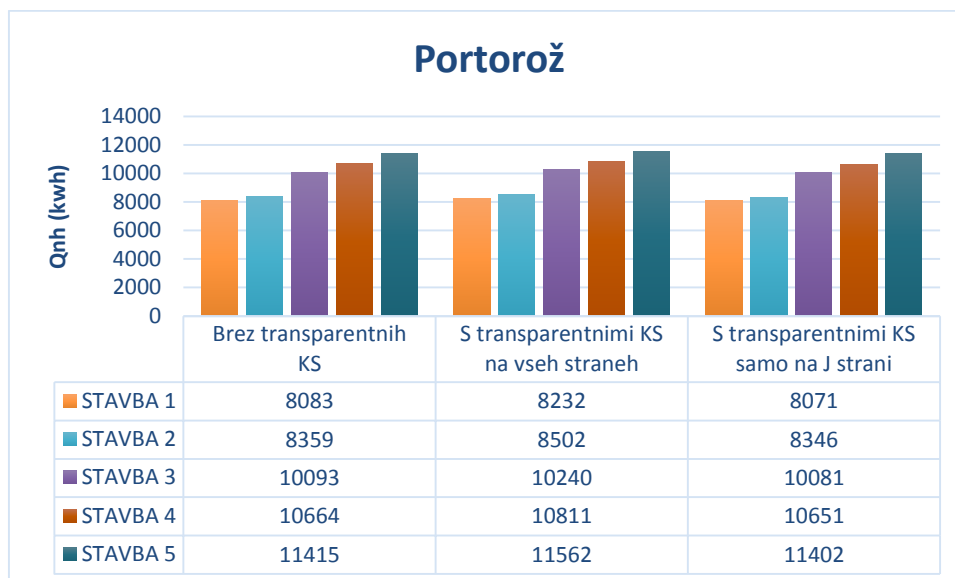
Grafikon 22: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$

Stavba tipa 1 potrebuje najmanj toplote za ogrevanje. Primerljiva je stavba tipa 2, a če primerjamo razlike faktorjev toplotne prehodnosti 0,35 in 0,28, je opaziti, da se te povečujejo. Vse kaže na to, da stavba tipa 1 najbolje izkorišča dodatno debelino toplotne izolacije. Stavbe tipa 3, 4 in 5 spet potrebujejo največ toplote za ogrevanje, vendar se razlike potrebne toplote za ogrevanje z dodajanjem debeline izolacije manjšajo. To je posledica večjih debelin toplotne izolacije, saj oblika stavbe s povečevanjem debeline toplotne izolacije izgublja svoj vpliv.

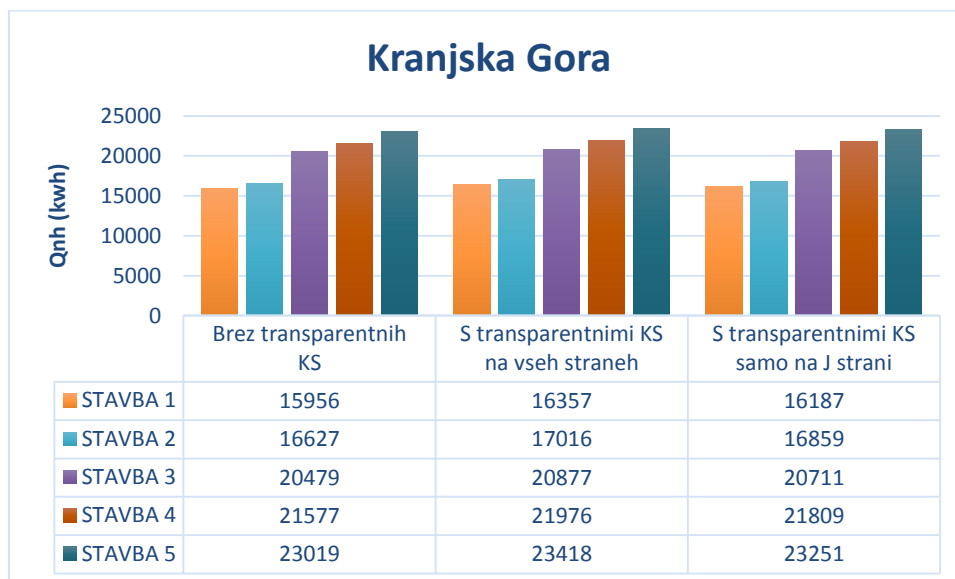


Grafikon 23: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Ljubljana

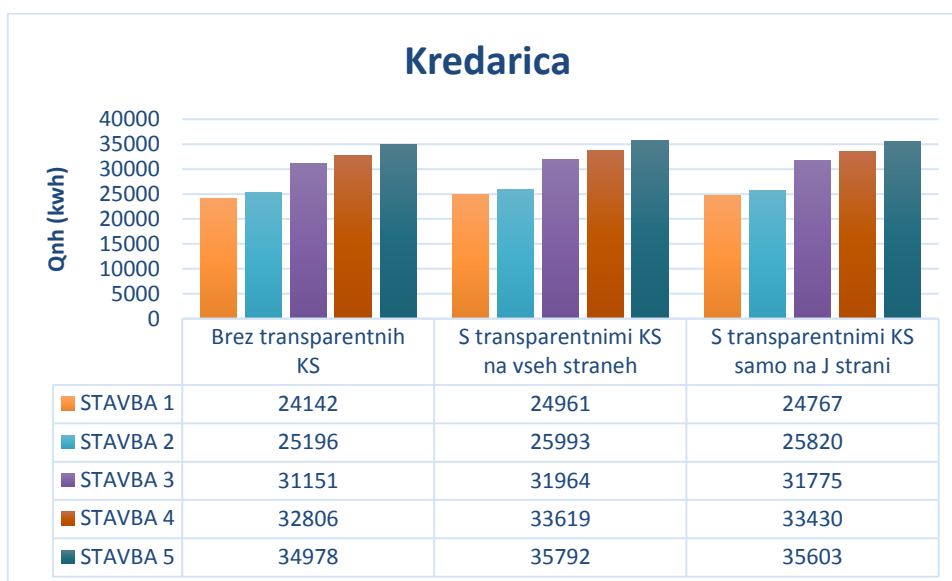
Temperaturni primanjkljaj je v Ljubljani manjši, zato so razlike porabe energije med posameznimi stavbami manjše. Stavba tipa 1 ponovno izkazuje najmanjšo porabljeno energijo. Največ toplote za ogrevanje potrebuje stavba tipa 5.

Grafikon 24: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Portorož

Tudi v tem primeru stavba tipa 1 potrebuje najmanj toplote za ogrevanje, vendar je razlika potrebne toplote v primerjavi s stavbo tipa 2 praktično zanemarljiva. Vse to je posledica temperaturnega primanjkljaja lokacije. Kljub dobri izoliranosti stavb pa zmanjšamo porabo toplote za ogrevanje, če okna namestimo samo na J stran stavbe.

Grafikon 25: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kranjska Gora

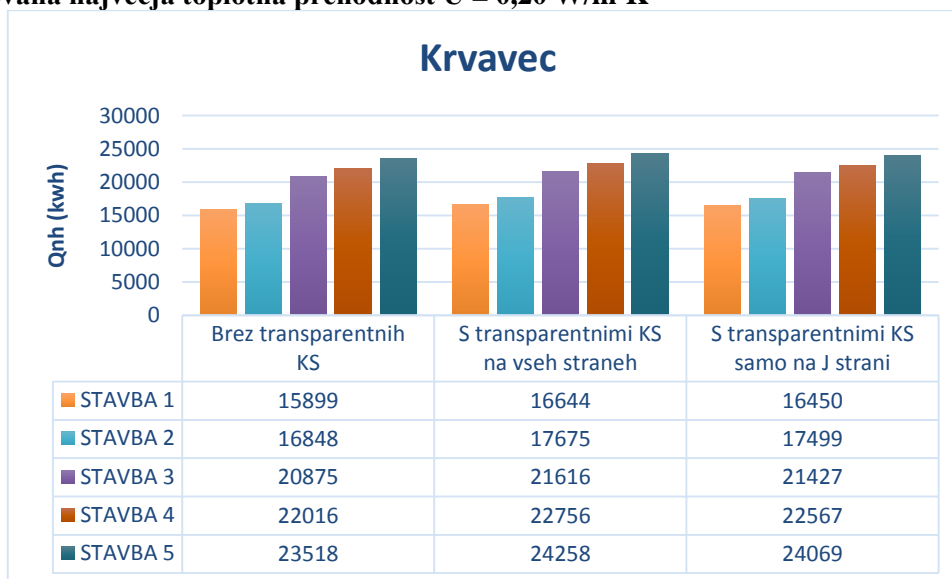
Obnašanje stavb na tej lokaciji je podobno lokaciji na Krvavcu. Zaradi manjšega temperaturnega primanjkljaja je tudi poraba toplote manjša.



Grafikon 26: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kredarica

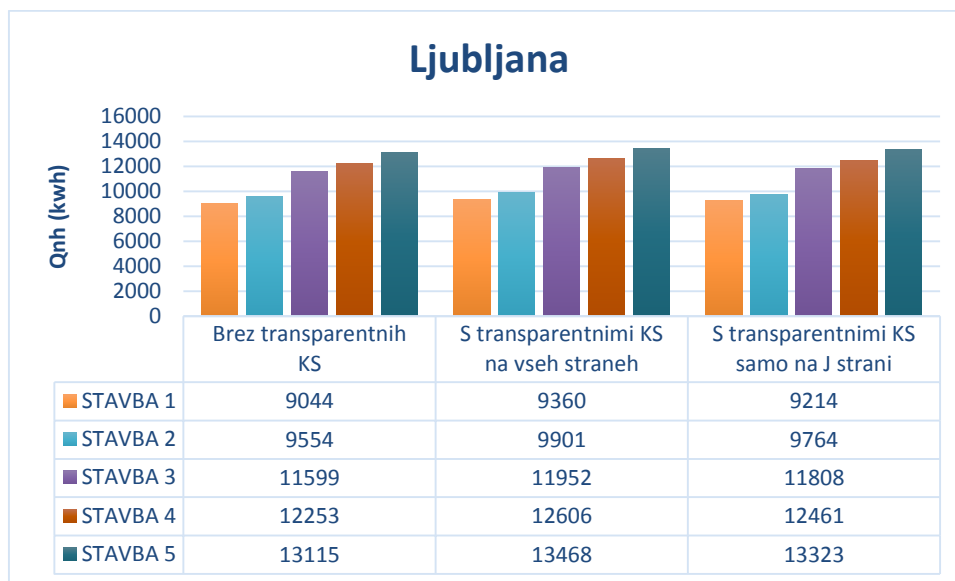
Zaradi večjega temperaturnega primanjkljaja so tu vidna večja odstopanja. Stavbe v tem primeru potrebujejo največ toplote za ogrevanje. Stavba tipa 1 je najbolj energetske učinkovita. Transparentni konstrukcijski sklopi potrebo po toploti za ogrevanje še povečujejo.

#### 5.4 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

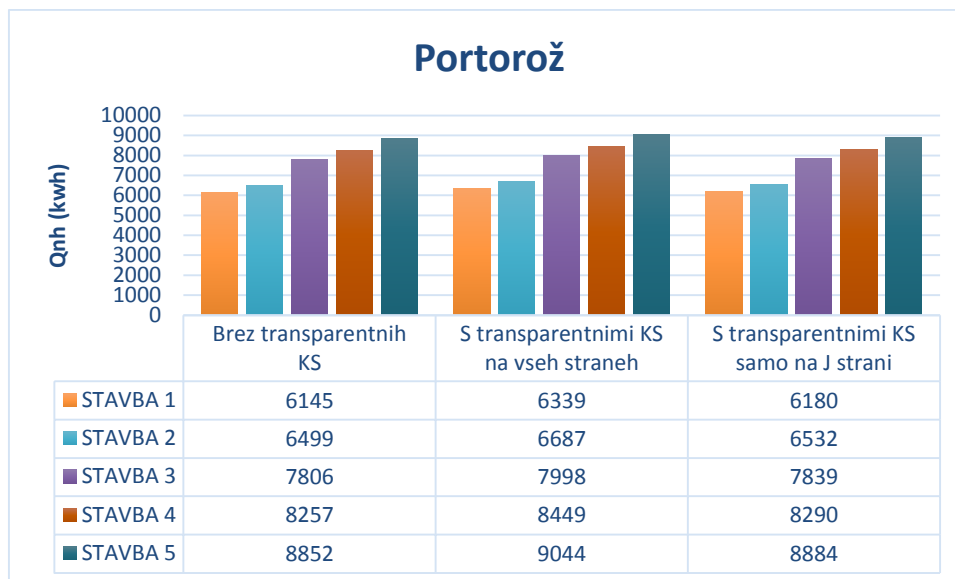


Grafikon 27: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Krvavec

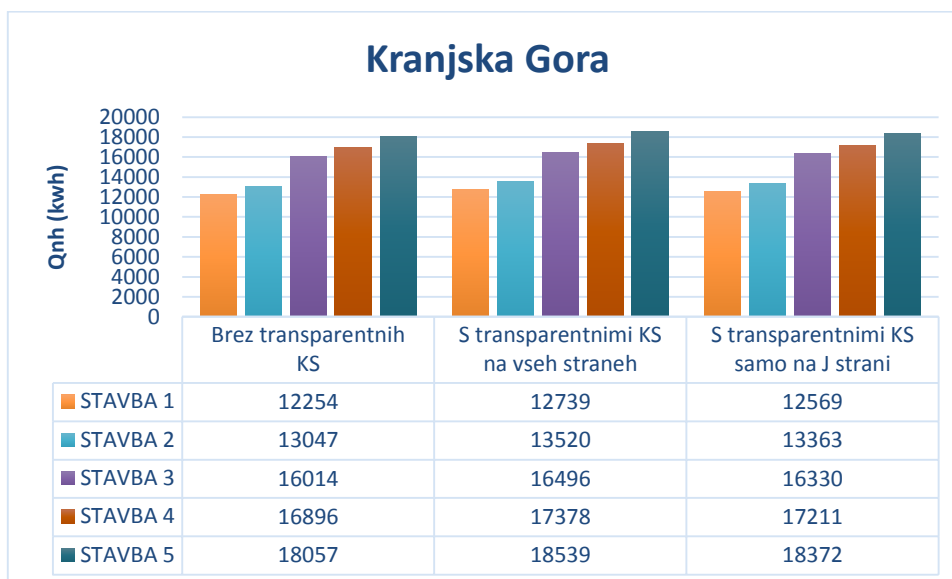
Stavba tipa 1 potrebuje najmanj toplote za ogrevanje, medtem ko jo stavba tipa 5 potrebuje največ. Zaradi manjšega faktorja toplotne prehodnosti so razlike med posameznimi stavbami manjše. Boljša toplotna izolativnost sten in temperaturni primanjkljaj Krvavca pa vplivata na povečanje potrebne toplote za ogrevanje pri uporabi transparentnih konstrukcijskih sklopov, ne glede na to, kje so ti nameščeni.

Grafikon 28: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Ljubljana

Stavba tipa 1 potrebuje najmanj toplote za ogrevanje, stavba tipa 5 pa največ. Tako kot na Krvavcu tudi na tej lokaciji transparentni konstrukcijski sklopi povzročijo večjo porabo toplote.

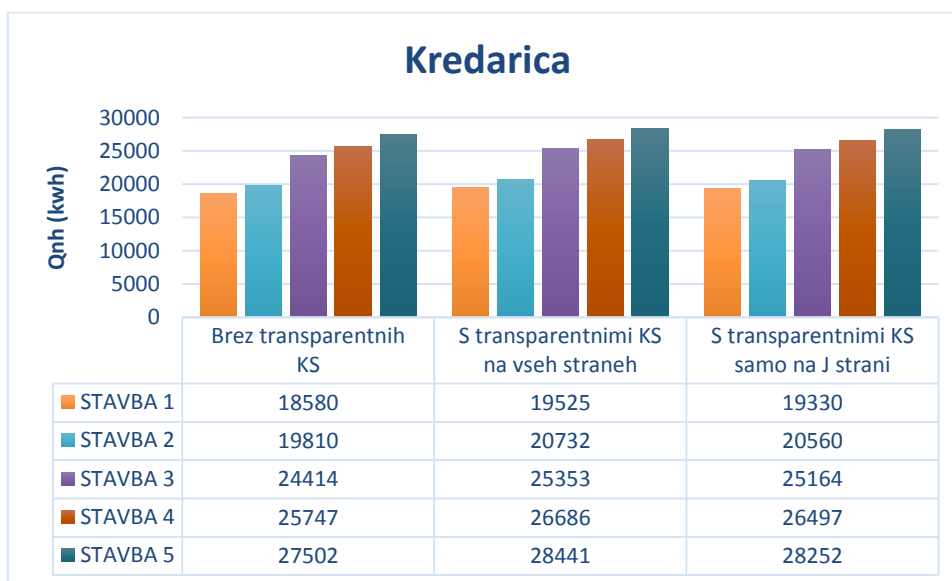
Grafikon 29: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Portorož

Že iz prejšnjih primerov je opazno, da so v Portorožu najnižje potrebe po toploti za ogrevanje. Ker so razlike porabljene toplote v tem primeru najmanjše, se postavlja vprašanje ekonomske upravičenosti toplotne izolativnosti stavb. Opaziti je tudi, da ko faktor toplotne prehodnosti manjšamo, stavbe tipa 3, 4 in 5 limitirajo k vrednostim stavb tipa 1 in 2. Iz tega lahko sklepamo, da v Portorožu s povečevanjem debeline toplotne izolacije na stavbah tipa 1 in 2 ne bomo več prihranili toliko toplote, kot se je prihrani pri ostalih stavbah.



Grafikon 30: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kranjska Gora

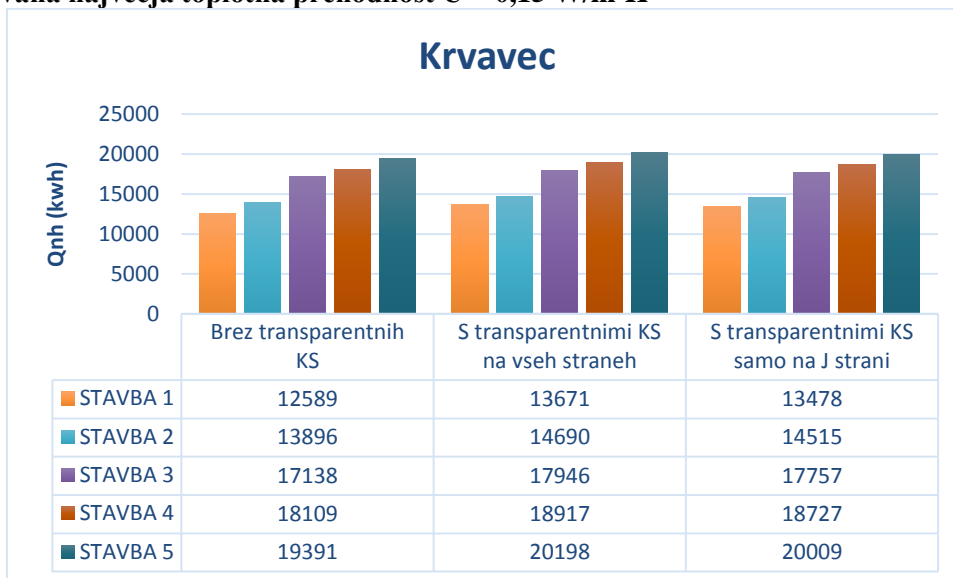
Zaradi večjega temperaturnega primanjkljaja na tej lokaciji spet pride bolj do izraza oblika stavbe. Stavba tipa 1 najbolj izkorišča debelino toplotne izolacije. Potrebna toplota za ogrevanje je najmanjša pri stavbah brez transparentnih konstrukcijskih sklopov, največja pa pri stavbah, kjer so okna vgrajena v vse štiri stene.



Grafikon 31: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kredarica

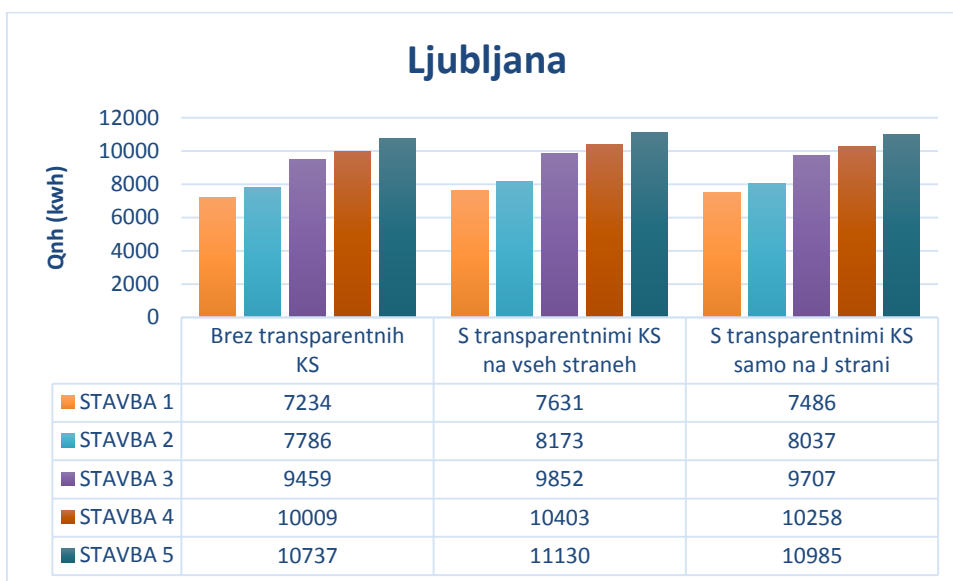
Na Kredarici je zaradi največjega temperaturnega primanjkljaja največja tudi poraba toplote. Razlike med posameznimi stavbami so na tej lokaciji največje predvsem zaradi vpliva faktorja oblike stavb. Velik temperaturni primanjkljaj pa vpliva tudi na povečanje porabe toplote, ko na stavbe apliciramo transparentne konstrukcijske sklope.

### 5.5 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$



Grafikon 32: Izračunana porabljen topnota za ogrevanje za  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Krvavec

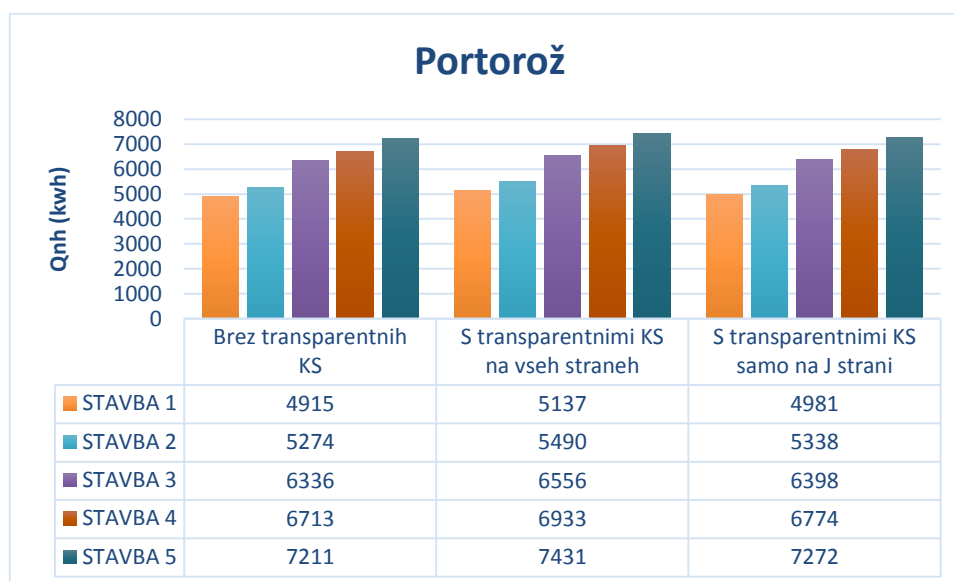
Večja debelina toplotne izolacije pripomore k zmanjšanju porabe toplote za ogrevanje, vendar so prihranki čedalje manjši. Tudi v tem primeru najmanj toplote za ogrevanje potrebuje stavba tipa 1. Prav tako je zaradi večje debeline toplotne izolacije opazno večje odstopanje porabljene energije med različnimi konstrukcijskimi sklopi.



Grafikon 33: Izračunana porabljen topnota za ogrevanje za  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Ljubljana

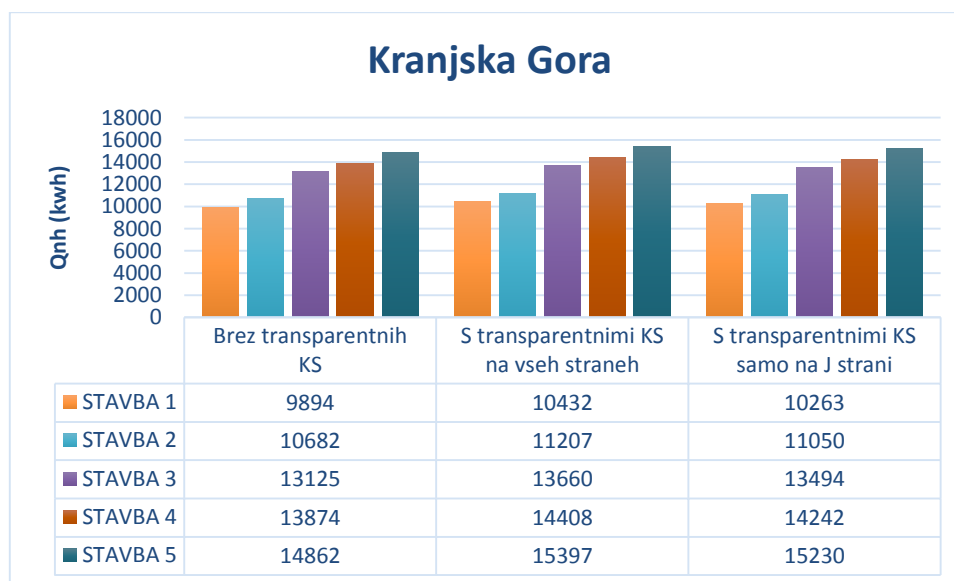
Stavba tipa 1 v tem primeru porabi najmanj energije za ogrevanje, vendar večja debelina toplotne izolacije bolje vpliva na stavbe tipa 3, 4 in 5, kjer pa je porabljen energija tudi največja.





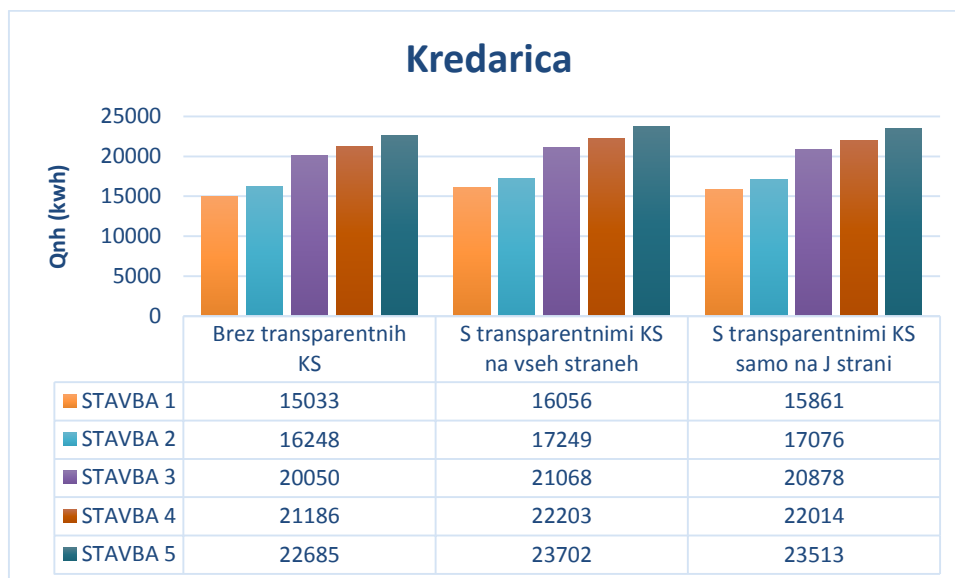
Grafikon 34: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Portorož

Ker je Portorož lokacija z najmanjšim temperaturnim primanjkljajem, s povečanjem debeline toplotne izolacije tu potrebne toplote za ogrevanje bistveno ne zmanjšamo. Največji prihranek se kaže na stavbah z večjo porabljeno toplotno energijo, medtem ko na stavbi tipa 1 in 2 take debeline toplotne izolacije zaradi vprašljive ekonomičnosti ni več smiselno aplicirati.



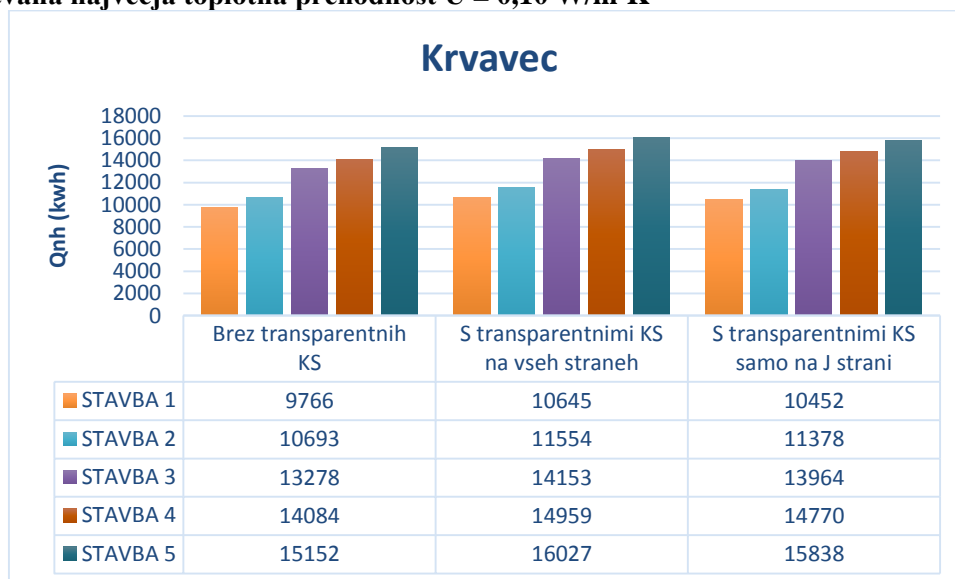
Grafikon 35: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kranjska Gora

Zaradi višjega temperaturnega primanjkljaja je v Kranjski Gori porabljena toplota za ogrevanje večja kot pri prejšnjih dveh lokacijah. Prav tako so opazne večje razlike potrebne toplote za ogrevanje med posameznimi stavbami in večje izgube oz. razlike med posameznimi konstrukcijskimi sklopi.

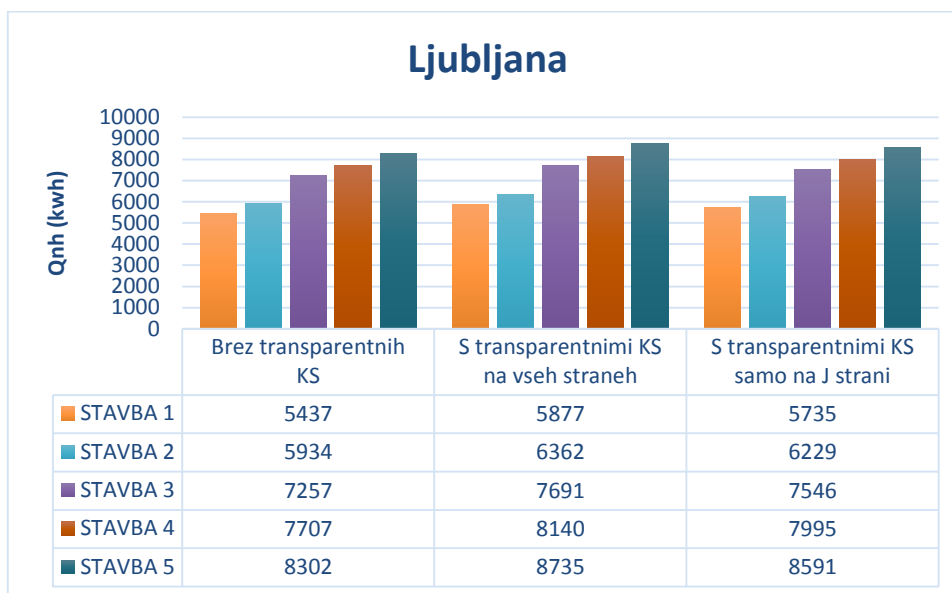
Grafikon 36: Izračunana porabljen toplota za ogrevanje za  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kredarica

Potrebna toplota za ogrevanje stavb je na Kredarici največja. Tudi razlike v toploti, potrebne za ogrevanje, so tu največje. Najmanj toplote za ogrevanje potrebuje stavba tipa 1, največ pa stavba tipa 5. Zaznati je tudi največjo razliko porabljene toplote med posameznimi konstrukcijskimi sklopi.

### 5.6 Zahtevana največja toplotna prehodnost $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

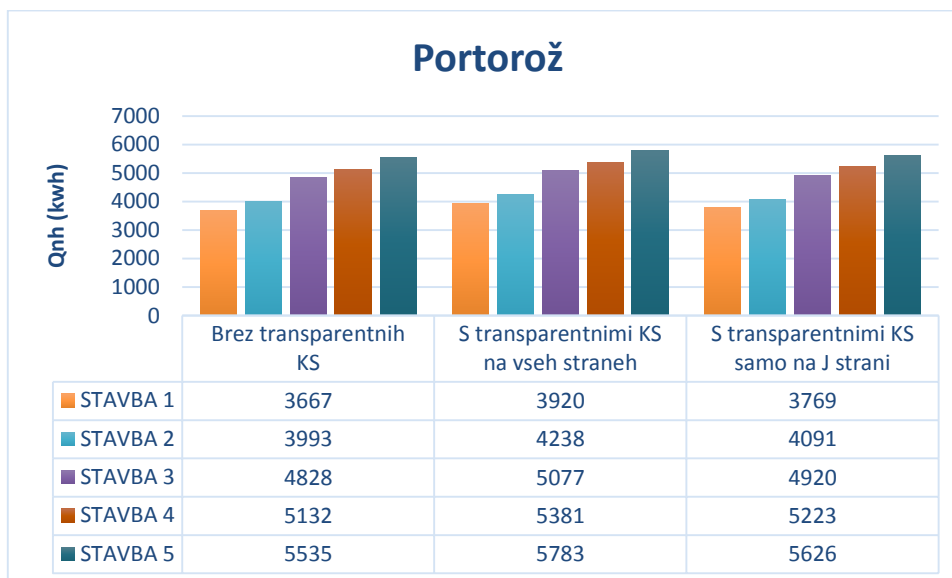
Grafikon 37: Izračunana porabljen toplota za ogrevanje za  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Krvavec

Največja debelina toplotne izolacije, ki jo v tej diplomski nalogi še obravnavamo, pripomore k najmanjši potrebni toploti za ogrevanje. Povečanje debeline toplotne izolacije je v tem primeru zaradi visokega temperaturnega primanjkljaja dokaj občutna. Največji prihranek toplote je na stavbah, ki v osnovi zaradi svoje oblike potrebujejo več toplote za ogrevanje. Prav tako se z boljšo toplotno izolativnostjo pokažejo večje razlike porabljene toplote med različnimi konstrukcijskimi sklopi. Razlika v potrebni toploti se povečuje zato, ker smo na začetku diplomske naloge predpostavili, da bomo za vse stavbe in vse debeline toplotne izolacije uporabljali enake transparentne konstrukcijske sklope s toplotno prehodnostjo  $1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kar zadostuje povprečnim dvoslojnim oknom.



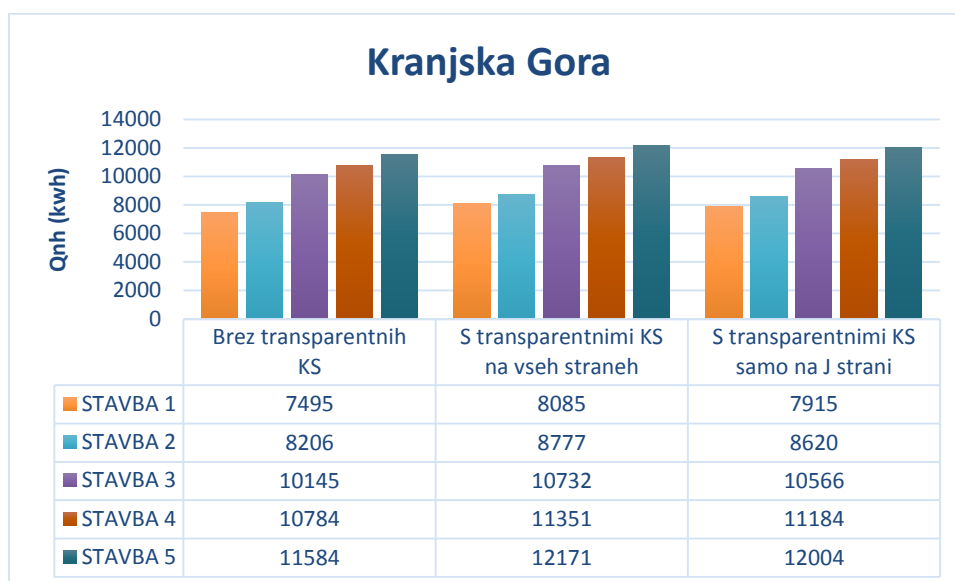
Grafikon 38: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Ljubljana

Ker ima Ljubljana manjši temperaturni primanjkljaj od Krvavca, je posledično tudi potreba po toploti tu manjša. Prihranki toplote so glede na prejšnji faktor toplotne prehodnosti relativno nizki. To pomeni, da je z ekonomskega stališča vgrajevanje take debeline toplotne izolacije vprašljivo.

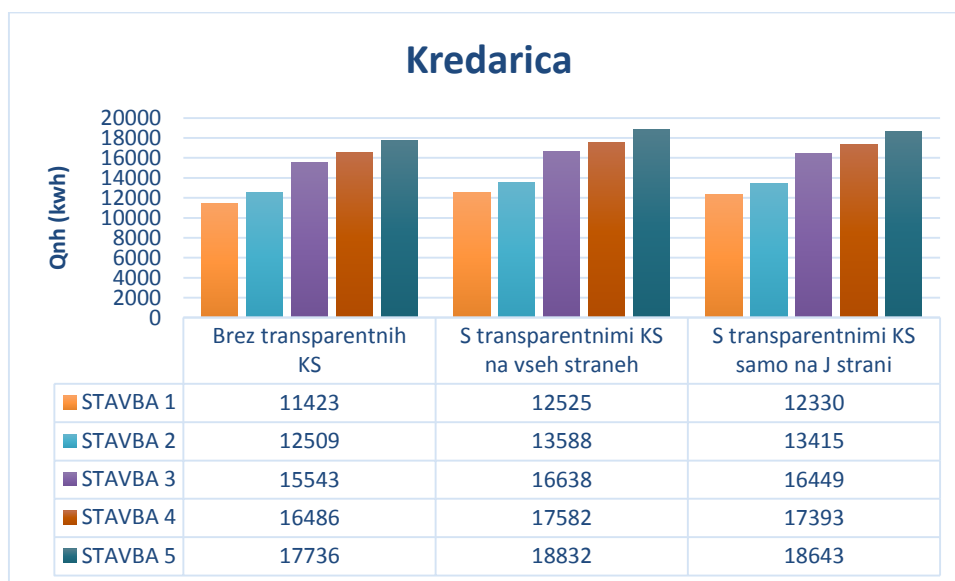


Grafikon 39: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Portorož

V Portorožu je porabljena toplota za ogrevanje najnižja, vendar je prihranek toplote relativno majhen. Tako kot v Ljubljani se tudi v tem primeru pojavlja dvom o ekonomski upravičenosti investicije.

Grafikon 40: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kranjska Gora

V Kranjski Gori se razlike med porabljeno toploto ponovno povečajo. Prihranek toplote je z večjo debelino toplotne izolacije malenkost večji, najbolj pa je viden pri stavbah tipa 3, 4 in 5. Splošno lahko sklepamo, da je vgradnja take toplotne izolacije za omenjeni primer s stališča prihrankov toplote še upravičena.

Grafikon 41: Izračunana porabljena toplota za ogrevanje za  $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  – Kredarica

Na Kredarici so razlike med stavbami največje. Opaziti je največje prihranke toplote za ogrevanje. Vse to je posledica temperaturnega primanjkljaja lokacije. Ta vpliva tudi na večje razlike potrebne toplote med posameznimi konstrukcijskimi sklopi. Sklepamo lahko, da je na Kredarici upravičenost vgradnje take toplotne izolacije največja.

## 6 ZAKLJUČEK IN UGOTOVITVE

Večje debeline toplotne izolacije pripomorejo k prihranku toplote za ogrevanje. Zanimiva je primerjava stavb tipa 1 in 2 pri faktorju toplotne prehodnosti  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , saj stavba tipa 2 v primeru, ko je na njej najmanj toplotne izolacije, potrebuje najmanj toplote za ogrevanje. Sklepamo, da slednja porabi manj toplote za ogrevanje, predvsem zaradi nekondicionirane cone na vrhu (neizkoriščenega podstrešja), kjer se v tej coni tvori plast zraka, ki služi kot dodatna toplotna izolacija.

Povečevanje debeline toplotne izolacije najbolje izkorišča stavba tipa 1. Ostale stavbe si glede na porabo toplote sledijo po zaporedju. Največ toplote za ogrevanje skozi celotno primerjavo potrebuje stavba tipa 5. S tega vidika lahko trdimo, da ima slednja najmanj ugodno obliko glede na porabo toplote za ogrevanje.

Skupaj z zmanjševanjem toplotne prehodnosti stavb se nelinearno povečuje tudi debelina toplotne izolacije. Ta variira glede na posamezni faktor toplotne prehodnosti in lastnosti materiala. Materialna lastnost toplotne izolacije je pomembna še posebej takrat, kadar želimo na stavbah zagotavljati nizke faktorje toplotne prehodnosti. V takih primerih razlika v debelini med posameznimi materiali občutno naraste. Na podlagi teh ugotovitev se pri energetsko učinkovitih stavbah priporoča uporabo boljših izolacijskih materialov, saj s tem dosežemo enako toplotno prehodnost z bistveno manjšo debelino toplotne izolacije, hkrati pa največkrat zmanjšamo tudi maso uporabljenih materialov.

Poleg debeline toplotne izolacije in oblike stavbe na porabo toplote vpliva tudi lokacija, kjer se stavba nahaja. Dobljeni rezultati se na različnih lokacijah razlikujejo predvsem zaradi različnega temperaturnega primanjkljaja in različnih količin sončnega sevanja. Razlike potrebne toplote za ogrevanje stavb glede na temperaturni primanjkljaj so nelinearne.

V diplomski nalogi smo primerjali tudi tri različne konstrukcijske sklope in njihov vpliv na posamezno stavbo. Opazili smo bistveno razliko v potrebni toploti za ogrevanje. Ta razlika se še posebej kaže pri stavbah, kjer je bila uporabljena manjša debelina toplotne izolacije. Namreč, ko na stavbe vgradimo transparentne konstrukcijske sklope, se izkaže, da okna na lokacijah z manjšim temperaturnim primanjkljajem ugodno vplivajo na porabljeno toploto za ogrevanje, medtem ko je bila v hladnejših krajih zaznana manjša izguba toplote. Pokaže se tudi, da je še posebej ugodno, če okna vgradimo samo na J stran stavbe, saj je tako izguba toplote najmanjša oz. so dotoki energije največji. Vpliv oken se z večanjem debeline toplotne izolacije izgublja oz. postaja neugoden. Te izgube lahko povežemo predvsem z manjšo toplotno prehodnostjo stene in večjo toplotno prehodnostjo oken. Pri tem velja še enkrat omeniti, da smo zaradi ustreznosti analize že v samem začetku predpostavili enotno toplotno prehodnost oken na  $1,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Na podlagi zgoraj opisanih ugotovitev lahko zaključimo, da se energetska učinkovitost stavbe začne že v sami arhitekturni zasnovi stavbe. Zelo pomemben dejavnik pri porabi toplote za ogrevanje je oblika stavbe in sama lokacija. Obliko stavbe pogojujejo tudi razporeditve notranjih prostorov. Pomembni sta tudi velikost in pravilna namestitve transparentnih konstrukcijskih sklopov, da bi čim boljše zagotovili ustrezno dnevno svetlobo in omogočili dotok solarne energije. Dodatnim izgubam toplote se v stavbi lahko izognemo še s prilagoditvijo oblike same stavbe. Tako se z vidika energetske učinkovitosti priporoča, da se v krajih z večjim temperaturnim primanjkljajem izogibamo razčlenjenim oblikam stavb, ki so podobne stavbam tipa 3, 4 in 5 oz. se poslužujemo kompaktnih oblik, ki so podobne stavbama tipa 1 in 2.

## VIRI

- [1] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). 2014.  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>  
(Pridobljeno 28. 11. 2014.)
- [2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010: 7840.  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 28. 11. 2014.)
- [3] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. Učinkovita raba energije, Ministrstvo za okolje in prostor.  
[http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf) (Pridobljeno 29. 11. 2014.)
- [4] Krainer A., Perdan R., Jereb S., 2014. Računalniški program TOST. Program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010. Ljubljana, UL FGG, str. 3, 6.
- [6] Zakon o graditvi objektov (ZGO-1-UPB1). Uradni list RS, št. 102/2004 z dne 21.9.2014.  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2004-01-4398> (Pridobljeno 16. 12. 2014.)
- [7] SIST EN ISO 13790:2008. Energijske lastnosti stavb – Račun rabe energije za ogrevanje in hlajenje prostorov.
- [8] Atlas okolja. 2014.  
[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso)  
(Pridobljeno 29. 11. 2014.)
- [9] Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 42/2002: str. 4114  
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2012> (Pridobljeno 29. 11. 2014.)
- [10] Povprečna letna najnižja dnevna temperatura zraka. 2014.  
[http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by\\_variable/temperature/mean-daily-min-air-temperature\\_71-00.png](http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/image/sl/by_variable/temperature/mean-daily-min-air-temperature_71-00.png) (Pridobljeno 13. 12. 2014.)
- [11] Plošča iz ekspaniranega polistirena. 2015.  
[http://www.ht-izolacije.si/images/cmsimage/800\\_eps-f.jpg](http://www.ht-izolacije.si/images/cmsimage/800_eps-f.jpg) (Pridobljeno 12. 2. 2015.)
- [12] Izolacijska plošča iz Neopora. 2015.  
[http://www.neopor.basf.us/images/interface/neopor\\_product\\_big.jpg](http://www.neopor.basf.us/images/interface/neopor_product_big.jpg) (Pridobljeno 12. 2. 2015.)
- [13] Plošča iz kamene volne. 2015.  
[http://www.rockwool.si/files/RW-HR/Photos/Core%20benefits/Dual\\_density-foot-700x497.jpg](http://www.rockwool.si/files/RW-HR/Photos/Core%20benefits/Dual_density-foot-700x497.jpg)  
(Pridobljeno 12. 2. 2015.)