

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ENERGETSKO VARČNA GRADNJA Z UPORABO
GEOTERMALNE ENERGIJE V STAVBI**

NINA ERJAVEC

VELENJE 2017

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

**ENERGETSKO VARČNA GRADNJA Z UPORABO
GEOTERMALNE ENERGIJE V STAVBI**

NINA ERJAVEC

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentor: viš. pred. dr. Boris Salobir

VELENJE 2017

SKLEP O IMENOVANJU DIPLOMSKE KOMISIJE

Senat Visoke šole za varstvo okolja je na 15. seji, 12. 5. 2016, sprejel

SKLEP,

s katerim imenuje diplomsko komisijo za zagovor diplomskega dela

**ENERGETSKO VARČNA GRADNJA Z UPORABO GEOTERMALNE ENERGIJE V
STAVBI**

kandidatke

NINE ERJAVEC,

v sestavi:

doc. dr. Franc Žerdin, predsednik,

doc. dr. Natalija Špeh, članica,

viš. pred. dr. Boris Salobir, član – mentor.

Velenje, 16. 5. 2016



Dekan:

izr. prof. dr. Boštjan Pokornj



Visoka šola za varstvo okolja

Trg mladosti 7 | 3320 Velenje

t: 03 898 64 10 | f: 03 89864 13 | e: info@vsvo.si

www.vsvo.si



IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a Nina Erjavec, z vpisno številko 34110013,

študent/ka dodiplomskega / podiplomskega (obkrožite) študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem avtor/ica diplomskega dela z naslovom
Energetsko varčna gradnja z uporabo geotermalne energije v stavbi

sem ga izdelal/a pod mentorstvom viš. pred. dr. Boris Salobir
in

somentorstvom _____/_____.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- da oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a Mihael Ceglar;
- da dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- da sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

V Velenju, dne 25.4.2017

podpis avtorja/ice

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju viš. pred. dr. Borisu Salobirju za vse nasvete, usmerjanja in pa odlične napotke za izvedbo diplomske naloge. Zahvala gre tudi fantu, ki me je podpiral tekom študija in izdelave diplomske naloge.

IZVLEČEK

Februarja leta 2005 je začel veljati Kyotski sporazum, ki podpisnice zavezuje k preprečevanju čezmernih izpustov toplogrednih plinov v ozračje. Te so se zavezale, da bodo do leta 2012 zmanjšale emisije za pet odstotkov v primerjavi z letom 1990. Energetsko varčna gradnja predstavlja potencial pri zmanjševanju emisij toplogrednih plinov, predvsem v kombinaciji z izrabo geotermalne energije. Tudi s finančnega vidika je energetsko varčna gradnja smiselna, predvsem v našem primeru kjer je le-ta predstavljena kot energetska sanacija stare stavbe. S pomočjo izračunov in analize smo to tudi dokazali. Smiselna je v primeru zamenjave toplotne obloge ter starih oken in vrat. Kljub temu, da je začetni strošek investicije v sanacijo izredno visok, se nam v daljšem časovnem obdobju povrne nazaj. S tovrstnimi ukrepi smo s teoretičnimi izračuni dobili rezultate, ki bi izpolnili kriterije, da je obravnavana stavba energetskega razreda G po energetske sanaciji dosegla energetski razred C – ta mora v skladu z Energetskim zakonom (Ur. l. RS 17/14) dosegati minimalno zahtevano potrebno toploto za ogrevanje (54 kWh/m²a).

ABSTRACT

In February 2005 the Kyoto Protocol was implemented that commits State Parties to fight global warming by reducing greenhouse gas concentrations in the atmosphere. Parties are obliged to reduce greenhouse gas emissions for five percent until 2012 in comparison to year 1990. Energy-efficient building represents a great potential for greenhouse gas reduction, especially in combination with usage of geothermal energy. At the same time, energy-efficient building is reasonable from financial point of view – especially in our study case where energy-efficient building is represented as energy renovation of the house. We have proven these theories with the help of calculations and analysis. This energy-efficient building is reasonable in case of facade renovation and substitution of clapped-out windows and door. Although starting financial investments for energy renovations are high, they compensate in a relatively long period of time. With these measures and their calculations we got the results, which are meeting legislative demands for reaching C energy class.

KLJUČNE BESEDE

Energetsko varčna gradnja, geotermalna energija, učinkovita raba energije, energetska sanacija stavbe.

KEY WORDS

Energy-efficient building, geothermal energy, efficient energy use, energy renovation of a building.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	7
1.1	Opredelitev področja in opis problema	7
1.2	Namen, cilji in hipoteze	8
1.3	Metode dela	8
2	ENERGETSKO VARČNA GRADNJA	9
2.1	Nizkoenergijske hiše	9
2.2	Pasivna hiša	10
2.3	Nič-energijska hiša	10
2.4	Energijsko samozadostna hiša	11
2.5	Plus energijska hiša	11
2.6	Trilitrska hiša	11
2.7	Sklepne ugotovitve	11
3	UČINKOVITA RABA ENERGIJE	13
4	ENERGETSKA IZKAZNICA	14
4.1	Vrste energetskih izkaznic	14
4.1.1	Računske energetske izkaznice	14
4.1.2	Merjene energetske izkaznice	15
5	GEOTERMALNA ENERGIJA	16
5.1	Prednosti in slabosti izkoriščanja geotermalne energije	16
5.1.1	Prednosti izkoriščanja geotermalne energije	16
5.1.2	Slabosti izkoriščanja geotermalne energije	17
5.2	Možnost izkoriščanja geotermalne energije v Sloveniji	17
5.3	Stroškovna primerjava med izrabo energije konvencionalnega in geotermalnega sistema	21
6	UPORABA GEOTERMALNE ENERGIJE PRI OGREVANJU STAVBE NA PRIMERU IZ OKOLICE HRASTNIKA	23
6.1	Splošni opis in podatki o obravnavani stavbi	23
6.2	Trenutna letna poraba energije obravnavane stavbe	25
6.2.1	Količinska in stroškovna poraba energentov obravnavane stavbe	25
6.3	Potrebna dolžina geotermalne vrtine	26
6.3.1	Potrebna dolžine geotermalne vrtine za trenutno energetsko potrebo in potrebno močjo črpalke	26
6.3.2	Potrebna dolžine geotermalne vrtine za doseganje C razreda energetske izkaznice in potrebno močjo črpalke	27
7	PRIMERJAVA MED TRENUTNO IN ENERGETSKO SANIRANO OBRAVNAVANO STAVBO	29
7.1	Trenutne največje toplotne izgube obravnavane stavbe	29
7.2	Energetska sanacija obravnavane stavbe	31
7.3	Cenovna primerjava sanacijskih ukrepov	33
7.4	Pregled in primerjava pred in po energetski sanaciji, stroškovna primerjava ukrepov in čas povračila investicij	35
8	RAZPRAVA IN SKLEP	36
9	VIRI IN LITERATURA	38
10	VIRI SLIKOVNEGA GRADIVA	41

KAZALO SLIKOVNEGA GRADIVA

Graf 1: Poraba obnovljivih virov energije v Sloveniji med leti 2010 in 2015	18
Graf 2: Poraba energije v Sloveniji v obdobju 2010 - 2015.....	18
Preglednica 1: Računska energetska izkaznica	15
Preglednica 2: Osnovne lastnosti stavbe	24
Preglednica 3: Podatki za izračun dolžine geotermalne vrtine za trenutne energetske potrebe stavbe	26
Preglednica 4: Toplotne izgube obravnavane stavbe	30
Preglednica 5: Stanje pred in po energetske sanaciji toplotnega ovoja	31
Preglednica 6: Trenutno in ciljno stanje toplotnih izgub preko oken obravnavane stavbe.....	32
Preglednica 7: Toplotne izgube po sanaciji z zamenjavo oken.....	32
Preglednica 8: Stanje pred in po energetske sanaciji z zamenjavo vhodnih vrat	33
Preglednica 9: Cenovna primerjava sanacijskih ukrepov	33
Preglednica 10: Celotni pregled pred in po energetske sanaciji obravnavane stavbe.....	35
Slika 1: Karta potencialnih geotermalnih območij po Sloveniji	20
Slika 2: Delovanje toplotne črpalke	23
Slika 3: Primer hiše s podobnimi karakteristikami kot naš obravnavan primer stavbe	24
Slika 4: Osončenost naselja Cesta 3. julija v Hrastniku	25

SEZNAM UPORABLJENIH FIZIKALNIH KOLIČIN IN ENOT

Količina	Oznaka	Enota
Letna poraba energije	/	kWh/m ² a
Toplotna energija	W _t	kWh
Toplotna moč	P	kW
Hladilna moč črpalke	Q _k	kw
Dolžina geotermalne sonde	L _{sonde}	m
Toplotni odvzem iz zemlje	q _e	W/m
Energija geotermalne vrtine	W _{gv}	W/m
Toplotna izguba	/	W/m ²
Površina	S	m ²
Toplotna prevodnost	λ	W/mK
Toplotna upornost	R	m ² K/W
Toplotna prehodnost	U	W/m ² K
Moč toplotne črpalke	P _{tč}	W

SEZNAM UPORABLJENIH RAČUNSKIH ENAČB

Dolžina geotermalne vrtine

$$L_{GV} = \frac{P_{Tč}}{\text{Električna moč toplotne črpalke}}$$

Energija geotermalne vrtine

$$W_{gv} = \frac{\text{Toplotna moč geotermalne vrtine na območju Zasavja}}{\text{Predvidena dolžina vrtine}}$$

Moč toplotne črpalke

$$P_{Tč} = (\text{Letna poraba toplote} \times \text{površina stavbe}) + (\text{energija za ogrevanje sanitarne vode} \times \text{število oseb})$$

Toplotna prehodnost

$$U = \frac{1}{R \times S}$$

Toplotna upornost

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

1 UVOD

1.1 Opredelitev področja in opis problema

Februarja 2005 je začel veljati Kyotski sporazum, ki podpisnice zavezuje k preprečevanju čezmernih izpustov toplogrednih plinov v ozračje. Podpisnice, med katerimi je tudi Slovenija, so se zavezale, da bodo do leta 2012 zmanjšale emisije za pet odstotkov v primerjavi z letom 1990. Sprejeti sta bili dve direktivi. Prva (SAVE 93/76/EEC) se zavzema za zmanjševanje izpusta emisij CO₂ z izboljšanjem energetske učinkovitosti, druga (2002/91/EC) pa opredeljuje energetske lastnosti zgradb. Na podlagi teh dveh je z letom 2007 v Sloveniji začelo veljati obvezno certificiranje zgradb glede energetske učinkovitosti, na podlagi katere se od takrat izdaja energetska izkaznica (Pušnik, 2007).

EU je 16. decembra 2002 sprejela Direktivo EU o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/EC) (Directive on Energy Performance of Buildings EPBD). Za prenos direktive EPBD je v Sloveniji bilo zadolženo Ministrstvo za okolje in prostor, ki je predpisalo energetske certificiranje stavb v Sloveniji z novelo Energetskega zakona (Uradni list RS, št. 118, 17. 11. 2006). Določilo je tudi rok za pridobitev energetske izkaznice (Žagar, 2011).

V EU so zgradbe porabnik 40 odstotkov vse potrebne energije in prispevajo 36 odstotkov CO₂ v območju EU (<http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>). Skupaj s prometom predstavljajo zgradbe največji potencial za zmanjšanje porabe energije in tako posredno za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov v ozračje. Razlog za potrebe zmanjševanja porabe energije pa so tudi vedno višje cene. S tem bi se EU osvobodila svoje odvisnosti od zunanjih energentov kot so premog, surova nafta in zemeljski plin (Žagar, 2011).

V svoji diplomski nalogi bom obravnavala energetske varčno gradnjo z uporabo geotermalne energije, ker so stanovanjske stavbe energijsko potratne in predstavljajo velik potencial za varčevanje z energijo. Učinkovitejša raba energije v stanovanjskih stavbah lahko zmanjša rabo energije v EU za približno 11% glede na sedanjo rabo. Učinkovitejša raba energije vodi k nižjim stroškom za energijo, zmanjša se odvisnost od tujih dobaviteljev goriv in vpliv na podnebje, hkrati pa spodbuja industrijski razvoj na področju novih materialov in naprav ter s tem prispeva k odpiranju novih delovnih mest (Valenčič in sod. 2011).

Predstavila bom geotermalno energijo in predstavila njene slabosti in prednosti, ter njeno uporabo v zasebni hiši. Primerjala bom njeno dostopnost, energetske učinkovitost in cene s konvencionalnimi fosilnimi energenti.

Dotaknila se bom vprašanja primernosti energetske obnove starega objekta na osnovi uporabe geotermalne energije in opredelila zahteve, ki jih mora izpolniti objekt, da je energetske učinkovit ter materiale in sestave konstrukcij, ki so preverjeni in preizkušeni. V Sloveniji namreč prevladujejo energijsko neučinkovite stavbe (Brajar, 2013). Predstavila bom prenovi starejše stanovanjske hiše, s katero dosežemo vsaj 30 % zmanjšanje energije glede na izhodiščno stanje. To lahko dosežemo s toplotno izolacijo ovoja stavbe in zrakotesnostjo, z nizko energetske okni, ki dobro prepuščajo dnevno svetlobo, hkrati pa omogočajo senčenje in preprečujejo pregrevanje v poletnih mesecih ter s pravilno izbiro energenta (Benko 2015).

1.2 Namen, cilji in hipoteze

Namen diplomske naloge je prikazati energetsko varčno gradnjo z uporabo geotermalne energije v stavbi.

Cilj diplomske naloge je predstaviti energetsko varčno gradnjo in potencial, ki ga le ta ima pri zmanjševanju emisij toplogrednih plinov ter tako posredno na same podnebne spremembe in uporabo geotermalne energije v stavbi.

Hipoteze:

- 1) Energetsko varčna gradnja ima velik potencial pri zmanjševanju emisij toplogrednih plinov.
- 2) Učinkovitejša raba energije vodi k zmanjšanju stroškov porabe energentov.
- 3) Energetska sanacija starejšega objekta je smiselna in veliko doprinese k zmanjšanju finančnih stroškov za potrebe ogrevanja stavbe.

1.3 Metode dela

Pri izdelavi diplomske naloge bom uporabila naslednje metode dela:

- a) Opazovalna metodo, s pomočjo katere bom neposredno zbirala podatke in preverjala stvarnost raziskovalnega predmeta. S pomočjo te se bom preko lastnega videnja prepričala o podatkih, ki jih za raziskovanje potrebujem.
- b) Zgodovinska metoda, preko katere bom preverjala reševanje problema v preteklosti in v svojem konkretnem primeru raziskala razloge za predlog energetsko varčne gradnje ter okoliščine, ki so ta ukrep v tistem času spremljale.
- c) Opazovalna metoda, s katero si bom pomagala pri sami analizi, kategoriziranju in primerjanju podatkov. Uporabila jo bom predvsem v delu primerjave merjene in računske energetske izkaznice ter pri primerjanju cen in dostopnosti različnih energentov.
- d) Analitska metoda, ki bo temeljila na zbiranju podatkov ter analiziranju le teh. Uporabila bom kvantitativno metodo in sicer bom preko preučevanja konkretnih pojavov postavila splošne zakonitosti raziskovalnega problema.
- e) Analizna metoda. S pomočjo analiziranja dobljenih podatkov bom oblikovala nova spoznanja, spoznanja raziskovalnega procesa in ugotovitve povezala s hipotezami, jih potrdila ali ovrgla.

2 ENERGETSKO VARČNA GRADNJA

Okoljska politika stremi k zmanjševanju porabe energije in intenzivnejši uporabi obnovljivih virov energije. Glavni razlog za to je naraščanje porabe energije in naraščanje izpustov CO₂ v okolje. Zavest o varčevanju z energijo in zelenem pridobivanju le te na čedalje številčnejših nivojih prodira tako na raven posameznika, držav in skupnosti, tako kot na različne ravni industrijskih in gradbenih panog. Razvoj in številne rešitve je na svojem področju ustvarila tudi inženirska stroka na nivoju zasnove in gradnje objektov, ki vse stremijo k zmanjševanju porabe energije v zgradbah in posledično s tem k uporabi obnovljivih virov energije (Kovačević, 2016).

V Sloveniji se poraba energije v industriji vsako leto poveča za 4 %, zato se Slovenija sooča z energijsko dilemo, kako z energijo zadovoljiti večje potrebe, zmanjšati izpuste toplogrednih plinov in škodljive vplive na okolje. Zamenjava premoga, zemeljskega plina in nafte pri trenutni porabi energije ni možna, ker so njihove zaloge premajhne, zato je dobra rešitev zmanjšanje emisij CO₂, energetsko varčna gradnja (Zbašnik-Senegačnik, 2008, str. 18).

Po mnenju strokovnjakov najbolj natančno opredeljuje energetsko varčno gradnjo nizkoenergijske ali energijsko varčne in pasivne hiše. Kot pravi (Zbašnik-Senegačnik, 2008, str. 23) je razmerje med višino naložbe in prednostmi, ki jih prinaša najboljše. Pri trenutnem stanju tehnologije je glede na ceno najboljša pasivna hiša. Korak naprej k nič-energijskim, energijsko neodvisnim in plus energijskim zgradbam zahteva večji vložek sredstev, ki pa ni ekonomičen. Take zgradbe so za zdaj demonstracijski objekti, na katerih se preverjajo energetski scenariji prihodnosti.

Med energetsko varčno gradnjo sodijo naslednje hiše:

- nizkoenergijske hiše,
- pasivne hiše,
- nič energijske hiše,
- energijsko samozadostne hiše,
- plus energijske hiše in
- trilitrska hiša

2.1 Nizkoenergijske hiše

Nizkoenergijske hiše omogočajo manjšo porabo energije, a ne dosegajo standarda pasivne hiše. Pogoji javnega sklada Eko sklad natančno definirajo standard nizkoenergijske hiše za dodelitev nepovratne finančne spodbude (Kovačević, 2016):

- za ogrevanje porabi 15,5 kWh/m² (Primc, 2012).
- vgradnja stavbnega pohištva z najmanj trojno zasteklitvijo, $U \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- povprečna toplotna prehodnost celotnega toplotnega ovoja stavbe, $U \leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$
- vgradnja centralne prezračevalne naprave z energijsko učinkovitostjo vračanja toplote odpadnega zraka najmanj 80 %
- preizkus zrakotesnosti stavbe.

Projektni izračun ustreznosti nizkoenergijske hiše se opravi s programskim orodjem PHPP'07. Za gradnjo ali nakup nizkoenergijske hiše je v Sloveniji mogoče pridobiti nepovratno finančno spodbudo (Kovačević, 2016).

Za nizkoenergijske hiše velja, da so potrebe po ogrevanju in hkrati hlajenju čim manjše, to pa v sami osnovi omogoča zasnova izgradnje tovrstne hiše. Nizkoenergijske hiše so bolj ali manj

podobne klasičnim montažnim hišam, vendar je njihova poraba bistveno nižja zaradi lege, kjer je potencial izkoriščanja sončne energije v čim večji meri (Verglez, 2010).

2.2 Pasivna hiša

Pasivna hiša je energijsko varčna stavba, ki s svojimi karakteristikami zagotavlja potrebno bivalno udobje brez klasičnih ogrevalnih sistemov ali klimatskih naprav. Potrebna toplota se v prostore dovaja preko prezračevalne naprave, ki zagotavlja tudi vračanje toplote izrabljenega zraka. Standard pasivne hiše (Kovačević, 2016):

- za ogrevanje porabi 14,5 kWh/m² (Primc, 2012).
- zrakotesnost, $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
- skupna poraba primarne energije je lahko največ 120 kWh/(m²a)

Projektni izračun ustreznosti pasivne hiše se opravi s programskim orodjem PHPP'07. Za gradnjo ali nakup pasivne hiše je v Sloveniji mogoče pridobiti nepovratno finančno spodbudo.

Bistvene razlike med nizkoenergijsko in pasivno hišo ni. Arhitekt Kovačević (2016) pravi, da pasivna hiša izpolnjuje pogoje za nizkoenergijski objekt. Nizkoenergijski objekt pa ne izpolnjuje pogojev za pasivno hišo. Nizkoenergijska hiša ima za nivo blažje standarde, kar se odraža v izbiri nekoliko manjše debeline toplotne izolacije, nekoliko manj toplotno izolativnih oken in podobno. V Sloveniji je v zelo malo pasivnih hiš vgrajen sistem toplozračnega ogrevalnega sistema. Veliko bolj je razširjen sistem ploskovnega ogrevanja. Edina formalna merila za izpolnjevanje nizkoenergijskega standarda objektov v Sloveniji izdaja Eko sklad.

Pasivna hiša je samozadostna zgradba, funkcija in videz sta tradicionalna. Obstajajo pa manjše omejitve pri tlorisni zasnovi in obliki. Pomembno je, da je zunanjih površin glede na volumen objekta čim manj (Zbašnik-Senegačnik, 2008, str. 40).

2.3 Nič-energijska hiša

Zgrajena na pasiven način. Pri njeni gradnji so strožji standardi kot pri pasivni hiši. Hiša ne uporablja grelnih teles in nima konvencionalnega ogrevalnega sistema. Ovoj stavbe mora biti dodatno toplotno izoliran. Izolacija je med 40-60 cm. Električno in toplotno energijo pridobiva s pomočjo fotovoltaičnih in solarnih sistemov. Pri ogrevanju se lahko uporablja tudi biomasa in toplotna črpalka. Priklopljena je na javno električno omrežje, kamor oddaja električno energijo in jo iz tega sistema tudi črpa. Priključitev na javno omrežje je pomembna zaradi nihanja v proizvodnji električne energije. Zaradi tega prihaja poleti do presežkov, pozimi pa do primanjkljaja. Kot navaja Zbašnik-Senegačnik (2008, str. 22) je letna energetska bilanca izravnana.

Po vse Evropi se odločno pripravljajo na skoraj nič energijsko gradnjo. Ta bo v skladu z evropsko direktivo o energijski učinkovitosti stavb obvezna po letu 2020. Nič energijska stavba je stavba z zelo visoko energijsko učinkovitostjo. Načela gradnje nič energijskih hiš so preprosta. Stavba mora biti primerno oblikovana in usmerjena. Imeti mora sklenjen toplotni ovoj brez toplotnih mostov, mora biti zrakotesna, okna morajo biti energijsko učinkovita, vgrajeno mora biti mehansko prezračevanje z vračanjem energije, še posebej skrbno pa morajo biti izvedeni vsi detajli. Energetski svetovalci opozarjajo, da pri nas za nič energijsko hiš zaostaja priprava prostorske zakonodaje, nekoliko bolje je z gradbeno zakonodajo. V Sloveniji imamo premalo usposobljenih arhitektov in projektantov. Po njihovem mnenju je največja težava usposobljenost izvajalcev, še posebno gradbenikov in inštalaterjev, ki so zelo pomembni za uspešno gradnjo. Zadostno število inštalaterjev in gradbenikov mora pridobiti ustrezno strokovno znanje za nameščanje in vgradnjo energijsko učinkovite tehnologije in tehnologije obnovljivih virov energije. Prav tako energetski svetovalci opozarjajo, da v praksi

gradnja energijsko učinkovitih masivnih stavb ni preprosta, saj izvajalci zaradi pomanjkanja izkušenj ali pa zaradi površnosti naredijo preveč napak in energijske lastnosti stavbe se lahko močno poslabšajo (Pavlin, 2015).

2.4 Energijsko samozadostna hiša

Vso potrebno energijo pridobi iz sončne energije. Imeti mora večjo površino sončnih celic in akumulatorjev za shranjevanje elektrike kot pa nič-energijska hiša. Zgradba ni priključena na javno električno omrežje, zato energetsko bilanco izravnava sama. Poleti se ustvari presežek energije in se ta shrani za zimsko obdobje. Z elektrolizo vode se pridobi kisik in vodik, katera se uskladiščita ločeno. Pozimi se porabita v gorivih celicah (Zbašnik-Senegačnik, 2008, str. 23).

2.5 Plus energijska hiša

Ustreza samozadostni hiši. Energijo pridobiva s pomočjo sončnih celic. Obseg je večji kot pri energetsko samozadostni hiši. Hiša je grajena po zelo strogih standardih. Standardi so bolj zahtevni od pasivne gradnje. Energija za ogrevanje te zgradbe znaša cca 12kWh/m²a. Nadomesti se s pomočjo sončnih celic in toplotne črpalke. Višek električne energije gre v javno električno omrežje (Zbašnik-Senegačnik 2008, str. 23). Plus energijska hiša je enako kot pasivna hiša z vgrajenim sistemom za pridobivanje in shranjevanje elektrike iz sončne energije (Kovačević 2016). Energijska učinkovitost hiše je odvisna od množice dejavnikov. Najpomembnejša je makrolokacija, sledita mikrolokacija in orientacija na parceli, nato arhitekturna zasnova in šele na koncu uporabljene tehnične rešitve. Lokacija, kjer bo stala hiša, in arhitekturna zasnova pomembno vplivata na možnost zajemanja sončne energije, pri tem pa ne smemo pozabiti niti na toploto notranjih virov. Notranji viri v dobro toplotno izolirani hiši lahko zagotovijo polovico ali celo več potrebne toplote za ogrevanje (Primc, 2012).

2.6 Trilitrska hiša

Gre za nizkoenergijsko hišo z letno porabo toplote za ogrevanje okoli 30 kWh/m²a in zrakotesnost $n_{50} \leq 1 \text{ h}^{-1}$. Konstrukcija je brez toplotnih mostov. V trilitrsko hišo je vgrajena sončna naprava za ogrevanje sanitarne vode ali prezračevalna naprava z vračanjem toplote izrabljenega zraka (Zbašnik-Senegačnik, 2007, str. 13). Pri zgradbi se toplotna izolacija poveča, in sicer 20-30 cm. Konstrukcija mora biti grajena brez toplotnih mostov, tako da toplotna prehodnost U_{max} ne presega približno 0,2 W/m²K za zunanji ovoj in 1,4 W/m²K za zastekljene površine (Grobvšek, 2009). Kot navaja Zbašnik-Senegačnik (2008, str. 22) je pri tej hiši potreben konvencionalen ogrevalni sistem. Na južnem delu stavbe so potrebne velike zastekljene površine, na severni strani pa so priporočljiva manjša okna.

2.7 Sklepne ugotovitve

V nizkoenergijski hiši je potreben konvencionalen ogrevalni sistem in grelna telesa. Ta hiša ne dosega standarda pasivne hiše. Pasivna hiša je korak naprej od nizkoenergijske hiše. Pasivna hiša predstavlja najbolj ekonomičen koncept energetsko varčne gradnje. Razlika med stroški pasivne in nizkoenergijske hiše je zelo majhna. Pri gradnji pasivne hiše morajo biti delavci ustrezno usposobljeni. Slovenija nima veliko podjetij, ki bi se ukvarjali z pasivno gradnjo, vendar mislimo, da se stanje iz leta v leto izboljšuje, ker se stanje energetsko varčnih gradenj povečuje. Nič-energijska hiša se v letnem času sama oskrbuje s toploto in elektriko, ki jo pridobi iz sončne energije. Poleti presežek električne energije odda v javno omrežje. Pozimi pa iz javnega omrežja jemlje električno energijo nazaj. Energijsko samozadostna hiša deluje brez pomoči zunanjih fosilnih goriv. Fotovoltaične naprave proizvedejo toliko električne energije, kot jo potrebuje celotna hiša. Plus energijska hiša je hiša ki proizvede več energije, kot jo porabi. Ima kombinacijo generatorjev električne energije in uporabljene tehnike nizkoenergijskih objektov. Plus energijska hiša ima boljšo izolacijo, pravilno senčenje, osončenje objekta in dobro izbrano lokacijo. Trilitrska hiša je nadgradnja nizko-energijske hiše, ki se ne distancira

od konvencionalnih ogrevalnih tehnik, kot pri pasivni hiši. standard nizko energijskih hiš je mogoče izpopolniti, tako, da konvencionalno energijsko varčno hišno tehniko in dobro toplotno izoliran objekt v načrtih združimo.

3 UČINKOVITA RABA ENERGIJE

Učinkovitejša raba energije je najlažji način za manjše povpraševanje po energiji in manjše onesnaževanje s toplogrednimi plini. To lahko dosežemo s pomočjo energetske varčnih tehnologij, s spremembo našega ravnanja ali s kombinacijo obeh (Dovč, 2011, str. 5).

Učinkovita raba energije pomeni uporabo sodobnih tehnologij in ukrepov, ki zahtevajo manj energije za doseganje enakih ciljev. Ima pomembno vlogo pri energetske prihodnosti vsakega posameznika in družbe. Ima pomembno vlogo pri podnebnih spremembah in pri razvoju v trajnostno in nizkoogljično družbo. Z učinkovitejšo rabo energije potrebujemo manj energije. Gre za delovno investicije, pri katerih se uporabljajo domače proizvodnje (gradbeni material, stavbno pohištvo), zato je ustvarjena dodana vrednost na enoto investicije med največjimi in zato največji generator rasti BDP. Ukrepi učinkovite rabe energije so t.i. zmagovalni ukrepi, ki predstavljajo priložnost za razvoj in imajo pozitivne makroekonomske učinke. Je stroškovno med najbolj učinkovitimi ukrepi za doseganje ciljev zmanjševanja emisij toplogrednih plinov in doseganja večjega deleža obnovljivih virov energije v rabi bruto končne energije. Za gospodinjstva je energetska učinkovitost ključna tudi za obvladovanje življenjskih stroškov, krepitev kupne moči in izboljšanje kakovosti bivanja, tudi v luči prilagajanja na podnebne spremembe. Skladno z zahtevami Direktive o energetske učinkovitosti (2012/27/EU) ima Slovenija zastavljen nacionalni cilj zmanjšanja celotne porabe energije za 20 % do leta 2020. Ta cilj je, da raba primarne energije v letu 2020 ne bo preseгла 7,125 mio toe (82,86 TWh). To pomeni, da se glede na leto 2012 ne bo povečala za več kot 2 %. Učinkovita raba energije ima pomembno vlogo v celotni verigi dodane vrednosti v energetiki (Ministrstvo za infrastrukturo 2016a).

Stavbe v lasti in rabi javnih organov predstavljajo okrog 10 % celotnega stavbnega fonda, zato ima pri izpolnjevanju letnih obveznosti 3 % energetske prenove površine javnih stavb vodilno vlogo javni sektor. Za zmanjšanje porabe energije v stavbah je potrebno prilagajati in racionalno upravljati tudi sisteme daljinskega ogrevanja. Od leta 2019 naprej morajo biti vse novo zgrajene javne stavbe, ki za svoje delovanje porabijo energijo za ogrevanje in/ali hlajenje, zgrajene kot skoraj nič-energijske, od leta 2021 pa to velja še za vse ostale novogradnje. Energija v takih stavbah bo v veliki meri zagotovljena iz obnovljivih virov energije.

Za doseganje krovne cilja energetske učinkovitosti bo potrebno četrtno obstoječega stavbnega fonda do leta 2020 energetske obnoviti, kar predstavlja okrog 22 mio m² stavbnih površin. S tem se bo raba energije v stavbah zmanjšala skoraj za 10 %. Celovita, predvsem energetska prenova stavb (trajnostna gradnja) je tudi vladni strateški projekt št. 1. Izvajanje tega projekta bo pripomoglo k zagonu gradbeništva, povečana bo kreditna aktivnost poslovnih bank, model financiranja bo za energetske sanacije omogočal tudi koriščenje sredstev EU. Naš cilj je sprejeti ukrepe in pripraviti model financiranja, s katerimi bomo v Sloveniji povečali delež energetske saniranih javnih in zasebnih objektov ter v projekte pritegnili čim več zasebnih sredstev (Ministrstvo za infrastrukturo 2016a).

Da zmanjšamo energijo, ni nujno, da se odpovemo svojemu življenjskemu slogu, saj zelo veliko lahko storimo že, če se odločimo za nakup varčnih aparatov in drugih naprav, če se nekoliko manj vozimo z avtomobilom in nekoliko več pešamo in kolesarimo. Največje prihranke pa lahko dosežemo pri gradnji ali obnovi svojih stanovanj, poslovnih, javnih ter gospodarskih objektov, kjer so poraba energije in s tem povezani stroški tudi do 10-krat nižji (Dovč, 2011, str. 5).

4 ENERGETSKA IZKAZNICA

Energetska izkaznica stavbe je listina s podatki o energijski učinkovitosti stavbe in s priporočili za povečanje energijske učinkovitosti. Namenjena je boljši informiranosti potrošnika, ki želi stavbo oz. stanovanje kupiti ali najeti. Stavba je porabnik energije, zato je smiselno, da pred odločitvijo o nakupu ali najemu preverimo, kako energetsko varčna oziroma potratna je. Strošek za energijo v stavbi je relativno velik oziroma velike so tudi potrebne investicije, če bi želeli stavbo prenoviti, zato ima energetska izkaznica stavbe koristne podatke za odločitev potrošnika. Kupec je pri nakupu oziroma najemu seznanjen s tem, kakšne stroške lahko pričakuje za energijo v stavbi. Pri tem je zelo nujno da energetska izkaznica ne označuje samo razreda oz. določa energetsko učinkovitost stavbe, ampak so sestavni del energetske izkaznice tudi priporočeni ukrepi, s katerimi se lahko ta učinkovitost poveča. (Ministrstvo za infrastrukturo, 2016b).

4.1 Vrste energetskih izkaznic

Glede na tip in stanje nepremičnine, se izkaznice delijo na računске in merjene energetske izkaznice.

4.1.1 Računske energetske izkaznice

Računske energetske izkaznice se uporabljajo za vse novogradnje, celovite obnove objektov in obstoječe stanovanjske stavbe, ki so namenjene za prodajo ali najem. Energijski kazalci o rabi energije se izračunajo po standardu SIST EN ISO 13790 in na podlagi potrebnih nacionalnih robnih pogojev. Predvideno je ugotavljanje dejanske rabe energije iz triletnega povprečja po standardu SIST EN 15206.

Metodologija računa omogoča določitev potrebne toplote za ogrevanje in hlajenje in dovedene energije za njegovo delovanje, ki zajema (Energetska izkaznica EU, 2016):

- ogrevanje in hlajenje,
- pripravo tople vode,
- energijo sistema za prezračevanje in
- razsvetljava v objektu.

V računski energetski izkaznici so prikazani štiri vidiki energijske učinkovitosti (Energetska izkaznica EU, 2016):

1. letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe Q_{NH}/A_k (kWh/m²a),
2. letna dovedena energija za delovanje stavbe Q/A_k (kWh/m²a),
3. letna primarna energija za delovanje stavbe Q_p/A_k (kWh/m²a),
4. letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe (kg/m²a).

Za novogradnjo mora investitor pridobiti energetsko izkaznico pred vložitvijo zahteve za izdajo uporabnega dovoljenja skladno s predpisi, ki urejajo graditev objektov. Ta energetska izkaznica mora izkazovati izpolnjevanje zahtev predpisa, ki ureja učinkovito rabo energije v stavbah. Izkaznica je obvezen sestavni del projekta izvedenih del (PID). Ob pridobitvi uporabnega dovoljenja mora investitor kupcu ali najemniku predložiti energetsko izkaznico.

Računska energetska izkaznica se določi na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije stavbe. V računski energetski izkaznici se stavbo uvrsti v razred energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe (Energetska izkaznica stavbe, 2016).

Preglednica 1: Računska energetska izkaznica

Razred A1	od 0 do vključno 10 kWh/m ² a
Razred A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m ² a
Razred B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m ² a
Razred B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m ² a
Razred C	nad 35 do vključno 60 kWh/m ² a
Razred D	od 60 do vključno 105 kWh/m ² a
Razred E	od 105 do vključno 150 kWh/m ² a
Razred F	od 150 do vključno 210 kWh/m ² a
Razred G	od 210 do 300 in več kWh/m ² a

Vir: Medmrežje 7

4.1.2 Merjene energetske izkaznice

Merjene energetske izkaznice so namenjene obstoječim (starejše od 1 leta) ne-stanovanjskim stavbam, kot so (Energetska izkaznica EU, 2016):

- zdravstveni domovi,
- šole
- poslovne stavbe,
- stavbe za kulturo ipd.

Energijski kazalniki za merjeno energetsko izkaznico se določijo na podlagi (Energetska izkaznica EU, 2016):

- izmerjenih vrednosti porabe energije, za obdobje zadnjih treh zaključenih koledarskih let pred letom izdelave energetske izkaznice in
- enostavnega energetskega pregleda stavbe

Podatki na merjeni izkaznici so (Energetska izkaznica EU, 2016):

- letna dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto (kWh/m²a),
- letna poraba električne energije zaradi delovanja stavbe (kWh/m²a),
- letna primarna energija za delovanje stavbe Q_p/A_k (kWh/m²a),
- letne emisije CO₂ zaradi delovanja stavbe (kg/m²a).

5 GEOTERMALNA ENERGIJA

Geotermalna energija, ki je v obliki toplote, nastaja in je shranjena v notranjosti Zemlje zaradi razpadanja radioaktivnih elementov v zemeljski površini. Izkorišča se jo lahko direktno z zajemom toplih vodnih ali parnih vrelcev oziroma s hlajenjem vročih kamenin. Osnovne informacije, ki so potrebne za oceno izkoristljivosti tovrstne energije, nam podajo geološke raziskave. Te morajo odgovoriti na vprašanja ki so povezana:

- s pogoji nastopanja geotermalnih virov – kakšen je njihov obstoj, pogoji prostorskega razširjanja, kakšna je temperatura;
- ter pogoji zajema in izkoriščanja termalnih virov in s tem povezanimi tehnološkimi zahtevami – potencialna izkoristljivost, kakšna bi bila izkoriščena kapaciteta, ekološki vidik izkoriščanja, vzdrževanje in podobno

(povzeto po Pomurski razvojni inštitut, 2014).

Možnost uporabe geotermalne energije je odvisna od *temperature* termalne vode in glede na ta podatek, poznamo:

a. visokotemperaturne geotermalne vire;

kjer temperatura vode znaša nad 150° C in se izrablja za proizvodnjo elektrike in

b. nizkotemperaturne geotermalne vire;

kjer je temperatura vode pod 150° C in se izrablja za direktno ogrevanje na področjih kot so balneologija, agrikultura, akvakultura, industrijska uporaba in ogrevanje prostorov (Pomurski razvojni inštitut, 2014).

5.1 Prednosti in slabosti izkoriščanja geotermalne energije

Geotermalna energija predstavlja tako imenovano zeleno energijo, vendar kljub splošnemu pozitivnemu učinku tudi ta poseduje svojo negativno plat.

5.1.1 Prednosti izkoriščanja geotermalne energije

Je čista in varna za okolje, namreč v nasprotju s konvencionalnimi viri energije (fosilnimi gorivi) ima manjši vpliv na okolje in posledično manjšo količino emisij toplogrednih plinov.

Poleg tega so metode, ki se uporabljajo za pridobivanje električne energije, okoljsko nesporne in ne povzročajo emisij, škodljivih za okolje. Njene zaloge so tako rekoč neizčrpne, kar omogoča dolgoročno možnost izkoriščanja energije - seveda pa imajo različne lokacije različno gostoto toplotnega toka. Proizvodnja in poraba energije je mogoča hkrati na istem mestu, kar odpravi problematiko transportiranja in prenosa energije do mesta porabe.

Ob ustreznem dimenzioniranju odjema geotermalne energije, lahko deluje 24 ur na dan ne glede na vreme. To pomeni, da ne prihaja do nihanj količin pridobljene energije, se pravi da je omogočena stalna dostopnost.

Za izkoriščanje geotermalne energije je dandanes že na razpolago dobro poznana tehnologija, na primer geotermalne elektrarne ali v našem primeru črpalke. Geotermalno elektrarno zavzamejo razmeroma malo prostora, hkrati pa jo lahko vklopimo in izklopimo glede na povpraševanje.

Glede na stopnjo tehnološkega razvoja na tem področju, je zelo pomembno dejstvo, da je življenjska doba tovrstnih energetskih naprav za izkoriščanje geotermalne energije dolge, hkrati pa omogočajo nizke stroške obratovanja in vzdrževanja

(GEN energija d.o.o., 2014).

5.1.2 Slabosti izkoriščanja geotermalne energije

Njena največja pomanjkljivost je pomanjkanje lokacij, ki so primerne za izkoriščanje oziroma je gostota toplotnega toka dovolj visoka in primerna za izgradnjo geotermalne elektrarne – te so lahko velikokrat moteče zaradi svojega glasnega delovanja (Šolski center Celje, 2009).

Pri proizvodnji energije, lahko pride do onesnaževanja zraka. Para vsebuje pline, kot so ogljikov dioksid, metan, vodikov sulfid in druge. Poleg onesnaževanja zraka, para iz geotermalnih vrtin povzroča tudi hrup. Pri prostem izpustu pare znaša zvočna moč tudi do 120 dB, zato je potrebno vgraditi dušilnike, ki zmanjšajo hrup na 75 do 90 dB (Šolski center Celje, 2009).

Hitrost potovanja toplote skozi kamnino je zelo pomembna; lahko nas omejuje pri tem, s kakšno hitrostjo lahko toploto črpamo iz vroče notranjosti Zemlje. Če črpamo prehitro, lahko zmanjšamo temperaturo in je nato potrebno nekaj časa, da se kamnine ponovno segrejejo. S tem vplivamo na hidrotermalno, živalsko in rastlinsko neravnovesje (GEN energija d.o.o., 2014).

Kot pri vseh oblikah uporabe obnovljivih virov energije, je tudi pri posluževanju geotermalne energije začetni investicijski korak veliko finančno breme. Seveda je potrebno upoštevati, da se na dolgi rok, ta investicija povrne nazaj. Največji strošek investiranja predstavlja izkop vrtnice, poleg tega pa vsa ustrezna strojna oprema oziroma geotermalna črpalka.

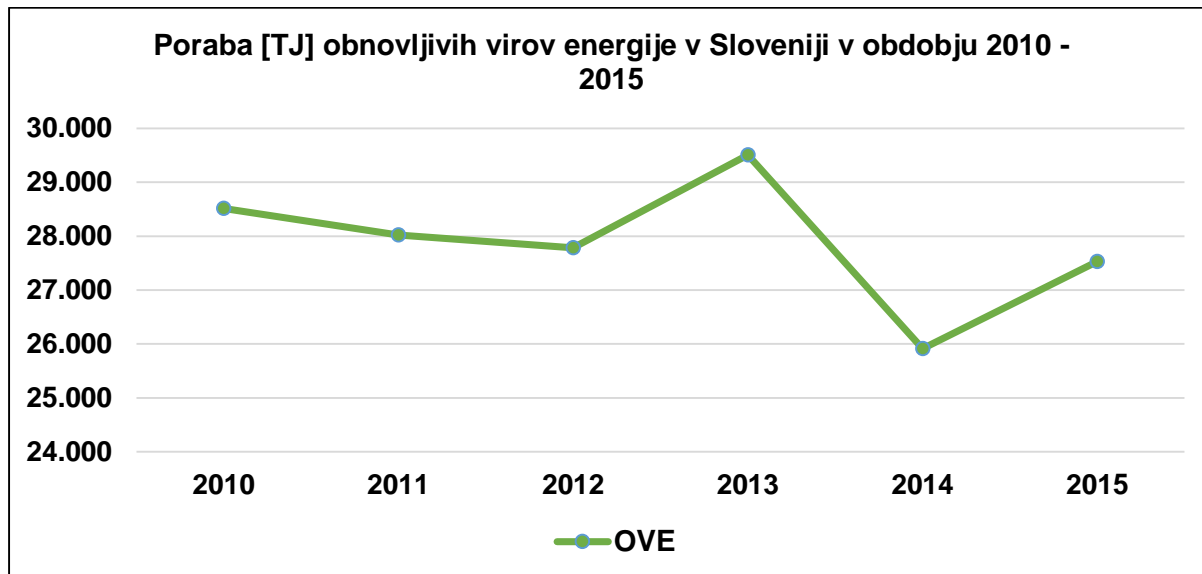
Velik problem se lahko pojavi z usedanjem tal, ki nastane pri praznjenju vodonosnikov – to lahko sicer tudi preprečimo s povratnim reinjektiranjem geotermalne vode nazaj v vodonosnik. Poleg tega je hkrati bilo tudi dokazano, da so na območjih izkoriščanja geotermalne energije povečane seizmične aktivnosti. Statistike kažejo, da se je povečal pojav potresov v regiji, kjer se izkorišča geotermalne energije (GEN energija d.o.o., 2014).

5.2 Možnost izkoriščanja geotermalne energije v Sloveniji

Tehnološki razvoj 21. stoletja nam ni omogočil napredek le na področju gospodarstva, znanosti, medicine, gradbeništva ampak nam je sočasno povzročil povišanje stroškovnega trenda energije po celem svetu. Hkrati se povečujejo emisije toplogrednih plinov, elektromagnetno onesnaževanje, manjšajo se zaloge neobnovljivih virov energije kar dodatno zviša njihovo ceno. Tudi v Sloveniji se srečujemo s podobnimi težavami. Da bi dosegli konkurenčne cene energentov in zmanjšali odvisnost od uvoza energentov, se ljudje odločajo za uporabo obnovljivih virov energije.

Za lažje razumevanje si oglejmo spodnji graf 1, kjer je izražena primerjava porabe obnovljivih virov energije v Sloveniji po letih, v obdobju 2010 – 2015.

Graf 1: Poraba obnovljivih virov energije v Sloveniji med leti 2010 in 2015

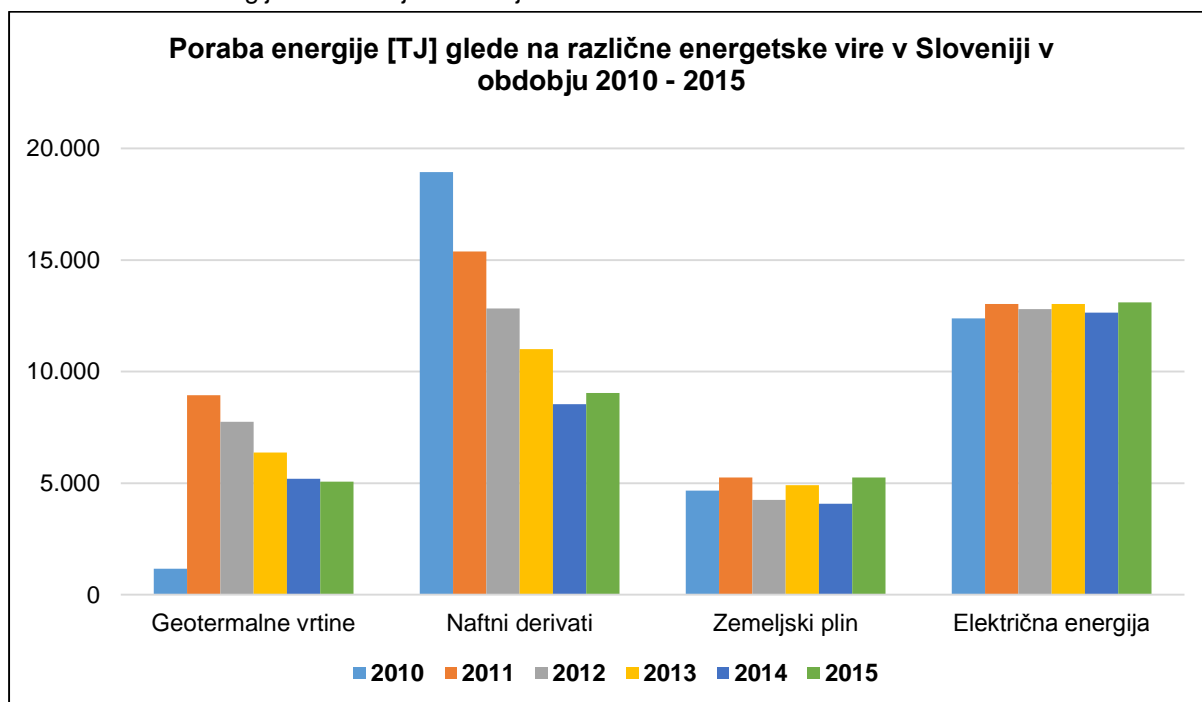


Vir: Surs, 2016

Opazimo lahko, da se v povprečju trend porabe obnovljivih virov energije spušča, vendar v obdobju 2014 -2015 ponovno strmo narašča.

Če izpostavimo obnovljiv vir energije v obliki geotermalne energije, lahko z grafa 2 opazimo nezanemarljivo izrabo le-te v gospodinjstvih v primerjavi s konvencionalnimi (neobnovljivimi viri). Omeniti je še potrebno, da se geotermalna energija ne izrablja samo v gospodinjstvih, ampak množično na področju turizma – se pravi natančneje, na področju zdraviliškega in termalnega turizma.

Graf 2: Poraba energije v Sloveniji v obdobju 2010 - 2015



Vir: SURS, 2016

Komentar: Iz grafa 2 je razviden padec porabe energije z uporabo geotermalnih vrtin in naftnih derivatov, medtem ko sta porabi energije z uporabo zemeljskega plina in električne energije bolj ali manj konstantni, z občasnimi nihanji. Opazno je tudi to, da kljub padcu porabe energije z uporabo geotermalnih virov, ta dosega količino porabe energije z uporabo električne energije – kar je zanimivo predvsem z vidika cene oziroma stroška posameznega energenta: namreč, električna energija je glede na začetne stroške investiranja dosti cenejša v primerjavi z geotermalno energijo.

Geotermalna energija, ki bi jo lahko uporabili, je odvisna od *temperaturne porazdelitve* znotraj zemeljske skorje, *od prenosa energije na površje, od razpoložljivosti vode* za prenos toplote iz globin na površje in procesa, ki se na zemeljskem površju izvaja za koriščenje te toplote. Tovrstna toplota vsebuje energijo v vrednosti približno 1024 J, kar predstavlja teoretični velik energetski potencial (Krmelj, Kosi, 2012).

V Sloveniji so geotermalno najbogatejša in najbolj preučena naslednja območja:

– **Panonska nižina oziroma celotno območje Pomurja**

Tu se nahaja nizkotemperaturna geotermalna voda v geoloških slojih imenovanih “Mura formacija”. Geotermalna voda se nahaja v globini do 1000 m, kjer so te plasti sestavljene iz različnih glin in peskov. Pomurje je nadpovprečno bogato z geotermalno energijo in predstavlja okrog 65 % vsega slovenskega potenciala, kjer se nahaja 31 proizvodnih vrtin – večina teh se sicer izrablja v namene turizma, vendar hkrati tudi za ogrevanje stanovanj in rastlinjakov (Pomurski razvojni inštitut, 2014).

– **Rogaško-Celjsko-Šoštanjско območje**

S površino 450 km². Skupna izdatnost vseh zajetij je približno 250 l/s vode, katere temperaturno območje obsega od 18,5 °C do 48 °C (Murko, 2016).

– **Planinsko-laško-zagorsko območje**

S površino 380 km². Skupna izdatnost vseh zajetij je okoli 150 l/s vode s temperaturnim območjem od 21 °C do 43 °C (Murko, 2016).

– **Krško-brežiško območje**

S površino 550 km². Izdatnost vseh zajetij je približno 240 l/s vode s temperaturnim območjem od 15 °C do 64°C (Murko, 2016).

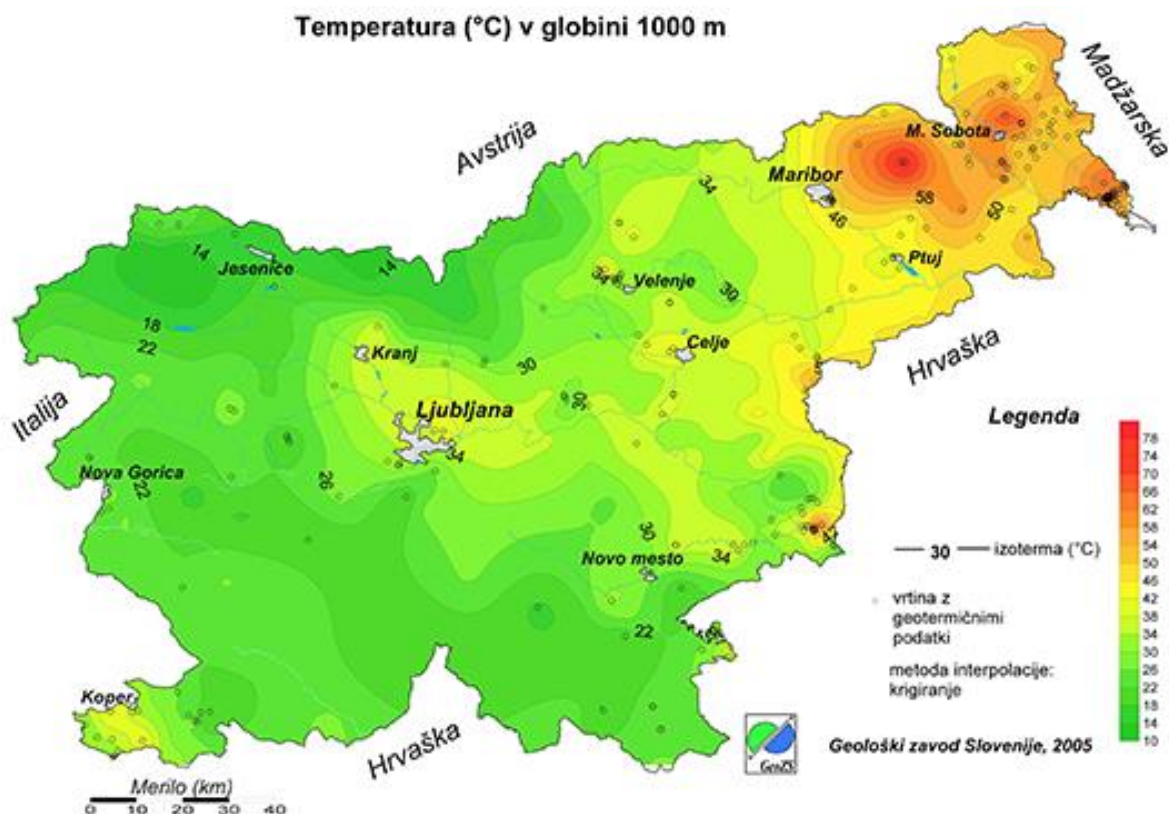
– **Ljubljanska kotlina**

S površino 600 km². Skupna izdatnost vseh zajetij je okoli 150 l/s vode s temperaturnim območjem od 18 °C do 30°C (Murko, 2016).

– **Slovenska Istra**

(Pomurski razvojni inštitut, 2014).

Na spodnji sliki 7 so za lažjo predstavo predstavljena območja v Sloveniji, ki bi bila primerna za izrabo geotermalne energije.



Slika 1: Karta potencialnih geotermalnih območij po Sloveniji
Vir: GeoZS, 2016

Geotermalni potenciali so v naši državi izredno slabo izkoriščeni, poleg tega pa javnosti še vedno nepoznane. Zaznano je bilo, da so potenciali izkoriščanja geotermalne energije v Sloveniji popolnoma neizkoriščeni, ekonomski učinki geotermalnega energetskega vira pa ogromni. Ampak ti ne morejo biti izkoriščeni brez, da se detajlno ne pojasni vseh njihovih učinkov. Marsikomu ni poznano, da zelo dobre učinke sinergije omogočajo solarne elektrarne skupaj z rabo geotermalne toplotne črpalke, ali primer učinka rabe geotermalne toplotne črpalke za daljinsko ogrevanje (Fius, 2016). Tisti majhen delež izrabe, ki se ga Slovenci poslužujejo pri proizvodnji električne energije in toplotne energije za ogrevanje, pa temelji na izkoriščanju za namene termalnega turizma.

Od celotne površine slovenskega ozemlja je večji del prebivalcev razporejena na 6.200 km², vse ostalo pa predstavljajo gozdne in visokogorske površine. Spodnje meja povprečja plitkih geotermalnih virov znaša 26°C, medtem ko višja meja povprečja 55°C. Vsesplošno znano je, da je Slovenija vodno izredno bogata. Razpolagamo z 27.000 km vodnih tokov in 54.000 km obrežij; na nivoju države beležimo izjemno visoko gostoto vodotokov (1.88 do 0.52 km/km²), v gosteje naseljenih okoljih pa le-ta grobo ocenjeno znaša 4.3 km/km². To pomeni, da Slovenija razpolaga z 3.280 km² površin plitkih geotermalnih virov (Fius, 2016).

5.3 Stroškovna primerjava med izrabo energije konvencionalnega in geotermalnega sistema

Primerjavo bom naredila med sistemom zemeljske sonde in med dvema najpogostejše rabljenima energentoma – kurilnim oljem in zemeljskim plinom. Osnova naj bo enodružinska hiša, katere letna poraba energije po ocenah znesse 60 kWh/m² (Grobovšek, 2010).

Potrebna energija za ogrevanje objekta, je ocenjena na 18.000 kWh. Všteto je okvirno 1.800 ur obratovanja kurilne naprave. Če pri tem vštujemo še pripravo sanitarne vode, pri čemer porabimo 0,2 kW po osebi, bi potrebovali vgraditi toplotno črpalko z 11 kW toplotne moči. Električna moč te črpalke znaša 2,75 kW, medtem ko hladilna moč črpalke znaša 8,25 kW.

Pri toplotni črpalke upoštevamo 1800 ur obratovanja in število 4 oseb v enodružinski hiši. Pri električni moči črpalke (2,75 kW) znaša poraba električne energije 4950 kWh. Toplotna moč črpalke znaša 11 kW in hladilna moč črpalke (Q_k) 8,25 kW. Potrebno število in globino sonde določimo iz enačbe $L_{\text{sonde}} = Q_k / q_e = 825 \text{ kW} / 55 \text{ W/m} = 150 \text{ m}$, pri čemer je $q_e = 55 \text{ W/m}$ toplotni odvzem iz zemlje. Pri izračunu stroškov investicije ni upoštevana montaža kurilnih naprav in izvedba ogrevalnega sistema. Pri zemeljski sondi znaša cena izvedbe vrtin 50 €/m, poleg tega moramo upoštevati še stroške za pridobitev rudarskega dovoljenja in dokumentacije znašajo – ti pa znašajo okvirnih 1.200 €. Skratka, slaba stran ogrevanja z zemeljsko sondo je res visoka investicija v primerjavi s klasičnim ali kompaktnim zemeljskim kolektorjem.

Za primerjavo stroškov ogrevanja sem uporabila naslednje cene energentov (z dne, 28.11. 2016):

- ekstra lahko kurilno olje 0,50 €/l
- zemeljski plin 0,70 €/m³
- UNP 0,68 €/l
- električna energija 0,12 €/kWh

Iz zgornjih podatkov je razvidno, da je najcenejše ogrevanje s toplotno črpalke. Ogrevanje s toplotno črpalke hkrati zmanjša količine emisije toplogrednih plinov, predvsem ogljikovega dioksida (CO₂). Pri tem so bili upoštevani naslednji parametri;

- emisije za ELKO: 2,6 kg CO₂/l,
- zemeljski plin: 1,9 kg CO₂ /m³,
- UNP: 1,5 kg CO₂/l,
- emisije za električno energijo: 0,5 kg CO₂/kWh.

Komentar: Jasno razvidno je, da imamo najnižji strošek ogrevanja s sistemom zemeljske sonde, poleg tega pa še zmanjšamo negativne vplive zaradi zmanjšane količine izpustov emisij v zrak.

Poglavitna slabost tega sistema z zemeljsko sondo je visoka začetna investicija za izgradnjo. Vendar je možno pridobiti finančno pomoč v obliki ugodnega ekološkega kredita in državne subvencije.

Za izračun celoletnega stroška investicije za posamezni ogrevalni sistem, je potrebno narediti izračun stroškov za amortizacijo in stroškov za obresti. Stroški investicije za ogrevalni sistem se razdelijo na amortizacijsko dobo in na pričakovano življenjsko dobo. V tem primeru so letni stroški investicije odvisni od višine stroškov nakupa, obrestne mere in življenjske dobe ogrevalnega sistema (Povzeto po Grobovšek, 2010).

Z ekološkega vidika si oglejmo še pomen zmanjševanja emisij ogljikovega dioksida, če nadomestimo uporabo kurilnega olja ali plina z obnovljivim virom energije za ogrevanje. Za osnovo bom uporabila podatke o izdaji gradbenih dovoljenj v Sloveniji.

V enem letu se izda gradbenih dovoljenj za okvirnih 800.000 m² stanovanjskih površin (Grobovšek, 2010). Iz tega lahko izračunamo, da za en kvadratni meter porabimo 90 kWh energije za ogrevanje, bomo za ogrevanje vseh omenjenih objektov 72.000.000 kWh energije.

Če bi to energijo pridobivali s kurilnim oljem, bi pri 80 % izkoristku kurilne naprave pomenilo to 9.000.000 l kurilnega olja, s čimer bi proizvedli 23.400.000 kg CO₂. In če bi kurilno olje nadomestili z obnovljivim virom – v našem primeru z geotermalno energijo, zmanjšamo emisije vsaj za 75 %, kar pomeni 17.550.000 kg CO₂ manj na leto (Grobovšek, 2010).

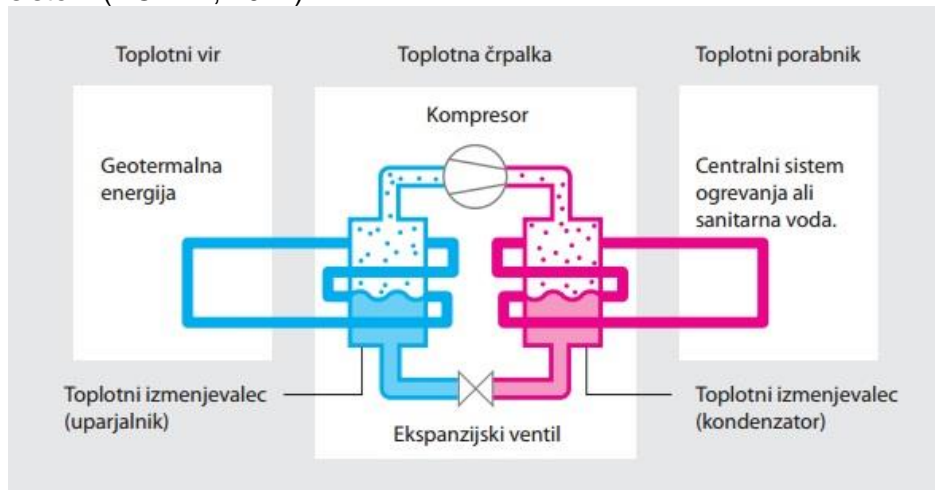
6 UPORABA GEOTERMALNE ENERGIJE PRI OGREVANJU STAVBE NA PRIMERU IZ OKOLICE HRASTNIKA

Geotermalna energija predstavlja naravni neizčrpen vir, katerega izkoriščanje dandanes vse preveč zanemarjamo. Zemlja konstantno vsrkava sončno energijo, kar omogoča v globljih plasteh ohranjanje konstantne temperature in je razpoložljiv vir toplote skozi vse leto. Ob naprednem in inovativnem tehnološkem razvoju v obliki toplotnih črpalk, imamo sedaj potencial izkoriščanja tega vedno razpoložljivega vira energije za ogrevanje prostorov ali sanitarne vode (ROTEX, 2014).

Na globini 10 -15 m je temperatura konstantna in se giblje okoli 10 °C. Ta energija za toplotno črpalko predstavlja obnovljiv toplotni vir za ogrevanje. Geotermalno energijo lahko izkoriščamo na dva načina:

- s pomočjo energetske vrtine
- ali preko zemeljskega kolektorja.

V primeru, da imamo v bližini objekta vir podtalnice, je smiselna uporaba geotermalne vrtine. Izvedba oziroma izdelava vrtine ne zahteva veliko prostora. Lahko jo izvedemo tudi na manjših parcelah. Drugi način izkoriščanja geotermalne energije predstavlja s pomočjo zemeljskega kolektorja. Položijo se cevi na približno 120 - 130 cm globine, ki so med seboj odmaknjene približno 70 cm. Kolektor se nato napolni z mešanico vode in sredstva proti zamrzovanju. Ta tekočina nato kroži po ceveh kolektorja in se segreva z odvzemanjem toplote zemlji. Segreta pride do toplotne črpalke, kjer v prvem izmenjevalcu svojo energijo prenese na freonski plin. Kolektorska voda se za cca. 4 °C ohlajena vrača v talni kolektor. Ogret plin se nato v kompresorju dodatno segreje in svojo energijo v drugem izmenjevalcu prenese na ogrevalni sistem (ROTEX, 2014).



Slika 2: Delovanje toplotne črpalke
Vir: ROTEX, 2014

6.1 Splošni opis in podatki o obravnavani stavbi

Za primer sem si izbrala enostanovanjsko stavbo v mestu Hrastnik, ki vključuje dve etaži – kletni in stanovanjski del stavbe. Zaradi želje o varovanju osebnih podatkov stanovalca le-teh ne bom navajala.

Preglednica 2: Osnovne lastnosti stavbe

Bruto ogrevana površina	406,5 m ³
Neto ogrevana površina	325,2 m ³
Celotna površina stavbe	340 m ²
Neto uporabna površina	117 m ³
Povprečna letna temperatura	9,5 °C
Zunanja zimska temperatura	-10 °C
Notranja temperatura pozimi	20 °C
Notranja temperatura poleti	26 °C
Lega	Mesto
Leto izgradnje	1967

Vir: Drobež, 2016a

Stavba vključuje ogrevalni sistem na ekstra lahko kurilno olje. Segrevanje sanitarne vode se v času delovanja kotla pripravlja centralno, izven kurilne sezone pa z električnim grelnikom.

Uporaba ekstra lahkega kurilnega olja prispeva 45.288 kWh/a, medtem ko uporaba električne energije prispeva 4.496 kWh/a (Drobež, 2016b). Poleg tega je potrebno 244 kWh/m²a toplote za ogrevanje, kar stavbo uvršča v energetski razred G. Naj za primerjavo navedem, da so minimalne zahteve za leto 2016 definirane 54 kWh/m²a (energetski razred C). Obe vrednosti sta odvisni ne le od potreb po dovajanju toplote in energije, ampak tudi od kakovosti ovoja stavbe, stopnje energetske učinkovitosti klimatskih sistemov, izrabe obnovljivih virov energije in drugih organizacijskih ukrepov.

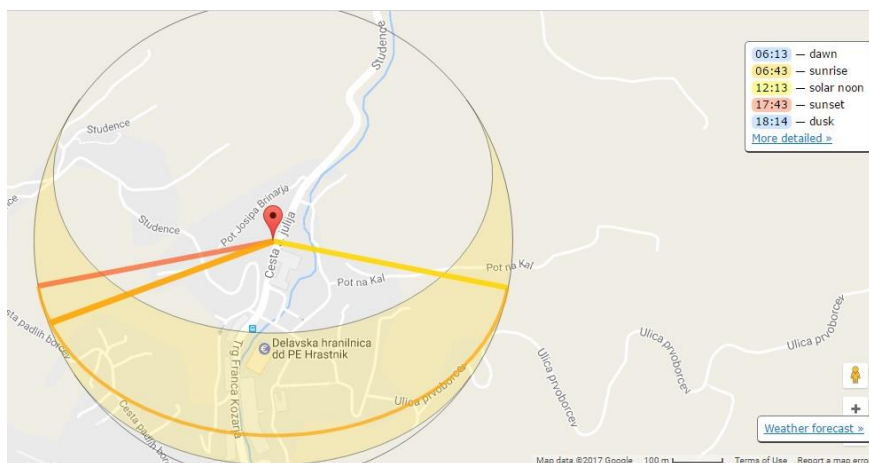
Na spodnji sliki je primer stavbe, ki ima podobne karakteristike kot naš obravnavan primer stavbe. Nahaja se v območju naselja z naslovom Cesta 3. julija. Pročelje stavbe je obrnjeno proti jugozahodu, medtem ko je zadnja stran stavbe usmerjena proti severovzhodu.



Slika 3: Primer hiše s podobnimi karakteristikami kot naš obravnavan primer stavbe

Vir: Google Maps, 2017

Tudi osončenost je podobna, kot je prikazano na spodnji sliki 4. Na sliki so prikazane sončne lege ob sončnem vzhodu, lege sonca ob različnih urah tekom dneva in lego sonca ob sončnem zahodu. Tanka oranžna krivulja je trenutna pot sonca in rumeno obarvano območje so različne poti sonca, ki jo opravi tekom celega leta. Bližje je rob območja proti centru, višje je sonce na horizontu.



Slika 4: Osončenost naselja Cesta 3. julija v Hrastniku
Vir: Suncalc.net, 2017

6.2 Trenutna letna poraba energije obravnavane stavbe

Glede na sedanje stanje porabe energije, ki ga zahteva obravnavana stavba v energetskem razredu G, lahko naredimo izračune stroškov porabljenih virov energije. Te lahko primerjamo s stroški, ki bi nastali če bi izvedli ukrepe za učinkovite izboljšave energetske učinkovitosti za obravnavano stavbo, da bi dosegli razred C (54 kWh/m²a) in s tem pridobili nek splošni vpogled, ali se nam investiranje v energetsko saniranje obravnavane stavbe splača ali ne.

Izračunana letna poraba toplote za ogrevanje obravnavane stavbe znaša 28.590 kWh (Drobež, 2016c).

Letna poraba toplote obravnavane stavbe: $28.590 \text{ kWh} \div 117 \text{ m}^2 = 244,36 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$

Po zgornjem izračunu dobimo potrebno toploto za ogrevanje tako imenovane neto uporabne površine stavbe, kar hkrati predstavlja ovrednotenje stavbe v energetski razred. Potrebe po ogrevanju so upoštevane samo v časovnem obdobju devetih mesecev – namreč izpušeni so poletni meseci junij, julij in avgust, ko zaradi višjih temperatur ozračja ni potrebe po dodatnem ogrevanju obravnavane stavbe.

6.2.1 Količinska in stroškovna poraba energentov obravnavane stavbe

Za 244,36 kWh/m²a je potrebnih 45.288 kWh proizvedene energije iz ekstra lahkega kurilnega olja in 4.496 kWh proizvedenih s pomočjo električne energije. Kurilna vrednost ekstra lahkega kurilnega olja znaša 10,08 kWh/liter.

Kar pomeni, da za omenjene energetske potrebe znaša poraba 4.492,9 litrov ekstra lahkega kurilnega olja. Če to količino preračunamo v vrednost, ta znaša 3.167,5 € (po zadnji spremembi cene energenta na dan 1.4.2016) (Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, 2016).

Če zraven prištejemo še strošek 746,3 € (po zadnji spremembi cene energenta na dan 1.9.2016 (SURS, 2016)) porabe električne energije za ogrevanje sanitarne vode v poletnem času (junij, julij, avgust), dobimo skupni strošek ogrevanja za celotno koledarsko leto 3.913,8 €.

6.3 Potrebna dolžina geotermalne vrtine

6.3.1 Potrebna dolžine geotermalne vrtine za trenutno energetsko potrebo in potrebno močjo črpalke

Trenutna potrebna toplota za ogrevanje obravnavane stavbe znaša 244,36 kWh/m²a. Geotermalna vrtina na območju Zasavja, v mestu Hrastnik in z dolžino 120m odda 6,86 kW toplote (Medved s sodel., 2012).

$$\text{Energija geotermalne vrtine} = \frac{6.860 \text{ W}}{120 \text{ m}} = 57,2 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

Po zgornji enačbi dobimo energijo v obliki toplote, ki jo odda en meter geotermalne vrtine. Za izračun potrebne dolžine geotermalne vrtine, ki bi zadostila trenutni energetski potrebi obravnavane stavbe imamo naslednje podatke, ki so navedeni v spodnji preglednici 3.

Preglednica 3: Podatki za izračun dolžine geotermalne vrtine za trenutne energetske potrebe stavbe

Toplotna izdatnost geotermalne vrtine	6,86 kW
Toplotna izguba hiše	244,36 W/m ²
Število oseb v stavbi	2 osebi
* Energija potrebna za ogrevanje sanitarne vode	201,3 W/h
Električna moč toplotne črpalke	2,8 kW

Legenda:

$$* \text{ Energija za ogrevanje sanitarne vode} = \left(\frac{3.623 \text{ W/h}}{9 \text{ mesecev}} \right) \div 2 \text{ osebi} = 201,3 \frac{\text{W}}{\text{h}}$$

Moč toplotne črpalke ($P_{T\check{c}}$)

Če želimo izračunati potrebno dolžino geotermalno vrtine, moramo poleg energetskih potreb obravnavane stavbe upoštevati tudi potrebno moč toplotne črpalke. Slednje naredimo po spodnjem izračunu:

$$P_{T\check{c}} = \left(244,36 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 117 \text{ m}^2 \right) + (201,3 \text{ W} \times 2 \text{ osebi}) = 28.992,72 \text{ W}$$

Izračunana vrednost, ki znaša 28.992,72 W nam pove, kolikšna bi morala biti moč toplotne črpalke, da bi zadostila energetskim potrebam ogrevanja 244,36 kWh/m². Iz tega lahko nato nadaljnjo izhajamo za izračun dolžine geotermalne vrtine.

Izračun potrebne dolžine (L_{GV}) in strošek geotermalne vrtine

$$L_{GV} = \frac{P_{T\check{c}}}{\text{Električna moč toplotne črpalke}} = \frac{28.992,72 \text{ W}}{57,2 \text{ W}} = 506,87 \text{ m}$$

Dolžina 506,87 m je dolžina geotermalne vrtine, ki bi zadostovala trenutnim potrebam ogrevanja obravnavane stavbe.

$$\text{Število vrtin, ki bi jih potrebovali} = 506,87 \text{ m} \div 120 \text{ m} = 4,22$$

V tem primeru bi potrebovali 5 vrtin, ki bi bile dolge 120 m. Če to finančno ovrednotimo, dobimo strošek izkopa geotermalnih vrtin. Cena izdelave geotermalne vrtine nihajo od 45 € do 65 € na tekoči meter (Tomažič, 2015). Če vzamemo povprečno vrednost cene, to je 55 €, lahko izračunamo strošek izkopa vrtine v našem primeru.

$$\text{Strošek izkopa geotermalnih vrtin} = 506,87 \text{ m} \times 55 \text{ €/m} = 27.877,85 \text{ €}$$

Strošku izkopa geotermalnih vrtin je potrebno še prišteti stroške preostalega geotermalnega sistema ogrevanja, torej:

- strošek toplotne črpalke (nakup in namestitve) – približno 4.000 €;
- vrtanje in izdelava vrtin - 11.000 €;
- povezave, cevi, obtočne črpalke in delo – 1.000 €.

Če seštejemo vse stroške, bi nas celotni sistem ogrevanja s pomočjo geotermalne energije za trenutne energetske potrebe po ogrevanju stal 43.877,85 €. Strošek te investicije bi se nam po izračunu ($43.877,85 \text{ €} \div 3.913,8 \text{ €} = 11,2$), glede na trenutni letni strošek porabe energentov, povrnil v malo več kot 11-ih letih.

Ta strošek se nanaša na primer uporabe geotermalne energije, ki bi zadostila celotni trenutni potrebi energije za ogrevanje obravnavane stavbe ($244,36 \text{ kWh/m}^2\text{a}$), ki spada v G razred energetske izkaznice. To bi vsekakor predstavljalo velik finančni zalogaj za oba stanovalca, zato bi bila potrebna energetska sanacija stavbe, da bi ta dosegala zakonsko predpisan energetske C razred in s tem minimalne zahteve po potrebni toploti za ogrevanje – $54 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

6.3.2 Potrebna dolžine geotermalne vrtine za doseganje C razreda energetske izkaznice in potrebno močjo črpalke

V skladu z Energetskim zakonom (Ur. l. RS 17/14) je minimalna zahtevana potrebna toplota za ogrevanje za to leto, $54 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. S pomočjo podatkov iz preglednice 3 lahko naredimo izračune za potrebno dolžino geotermalne vrtine, da bo zadoščeno omenjenim zakonodajnim zahtevam.

Moč toplotne črpalke ($P_{T\check{c}}$)

$$P_{T\check{c}} = \left(54 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \times 117 \text{ m}^2 \right) + (201,3 \text{ W} \times 2 \text{ osebi}) = 6.720,6 \text{ W}$$

Izračunana vrednost znaša $6.720,6 \text{ W}$ – ta nam omogoča definirati moč toplotne črpalke, da bi zadostila energetskim potrebam ogrevanja 54 kWh/m^2 . Iz tega nadaljujemo z izračunom dolžine geotermalne vrtine.

Izračun potrebne dolžine (L_{GV}) in strošek geotermalne vrtine

$$L_{GV} = \frac{P_{T\check{c}}}{\text{Električna moč toplotne črpalke}} = \frac{6.720,6 \text{ W}}{57,2 \text{ W}} = 117,5 \text{ m}$$

Dolžina 117,5 m je dolžina geotermalne vrtine, ki bi zadostovala trenutnim potrebam ogrevanja obravnavane stavbe.

$$\text{Število vrtin, ki bi jih potrebovali} = 117,5 \text{ m} \div 120 \text{ m} = 0,98$$

Potrebovali bi eno vrtino, dolžine 120 m. S finančnega vidika gledano, lahko izračunamo strošek izkopa geotermalnih vrtin. Cena izdelave geotermalne vrtine nihajo od 45 € do 65 € na tekoči meter (Tomažič, 2015). Če vzamemo povprečno vrednost cene, to je 55 €, lahko izračunamo strošek izkopa vrtine v našem primeru.

$$\text{Strošek izkopa geotermalnih vrtin} = 117,5 \text{ m} \times 55 \text{ €/m} = 6.462,5 \text{ €}$$

Temu strošku izkopa geotermalnih vrtin moramo prišteti še stroške preostalega geotermalnega sistema ogrevanja (strošek toplotne črpalke 4.000 €, vrtanje 11.000 €, cevi in ostalo delo 1.000 €), kar na koncu zneso 22.462,5 €.

Če naredimo okvirni izračun stroškov porabe istih energentov, katerih se stanovalca trenutno poslužujeta (električna energija in ekstra lahko kurilno olje), bi za zakonodajno predpisanih 54 kWh/m² porabili približno 9.902 kWh energije iz ekstra lahkega kurilnega olja in 1.100 kWh električne energije. V stroškovnem ovrednotenju bi za ekstra lahko kurilno olje na letni ravni odšteli 700 € in porabo elektrike okvirnih 165 € - kar v skupnem seštevku zneso 865 €.

Investicija v izrabo geotermalne energije bi se po izračunu ($22.462,5 \text{ €} \div 865 \text{ €} = 25,9$), glede na strošek porabe energentov pri minimalni zahtevani potrebni toploti za ogrevanje 54 kWh/m²a, povrnila v 26-ih letih.

7 PRIMERJAVA MED TRENUTNO IN ENERGETSKO SANIRANO OBRAVNAVANO STAVBO

Na koncu poglavja 6.3.1 sem omenila, da bi za doseganje C razreda bilo potrebno izvesti energetsko sanacijo stavbe in šele nato razmišljati o investiranju v geotermalni sistem ogrevanja – namreč stroški izgradnje in namestitve bi bili skrajno previsoki. Poglejmo si bolj podrobno razčlenitev situacije.

Stavba je bila zgrajena leta 1967, kar pomeni da so določeni gradbeni elementi stavbe že dotrajani, materiali pa manj kvalitetni v primerjavi z današnjimi. S tem posledično prihaja do nepotrebnih toplotnih izgub, zato je na daljši rok smiselno izvesti energetsko sanacijo stavbe. To pomeni, da bi bilo potrebno:

- izdelati toplotno zaščito tistih elementov, ki imajo največjo toplotno prevodnost (zunanje stene, strop proti podstrešju, strop nad kletnim prostorom),
- menjati okna in vrata.

V našem primeru bi izdelava toplotne zaščite bila izvedljiva s pomočjo ekspaniranega polistirena, tako imenovanega stiropora. Moje mnenje je, da bi zunanje stene »oblekli« v fasadni sistem s stiroporom debeline 16 cm, ker imamo hkrati pri izbiri te debeline stiropora možnost subvencioniranja s strani Eko sklada - Slovenskega okoljskega javnega sklada.

7.1 Trenutne največje toplotne izgube obravnavane stavbe

Toplotne izgube vsake stavbe so odvisne od mnogih spremenljivk. V tem diplomskem delu se bomo osredotočili na naslednje:

- Površino – S [m^2]
- Gradbeni material
- Debelino sloja posameznega gradbenega materiala [m]
- Toplotno prevodnost – λ [W/mK]
- Toplotno upornost – R [m^2K/W], z računsko formulo:

$$R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2K}{W} \right]$$

- Toplotno prehodnost – U [W/m^2K], z računsko formulo:

$$U = \frac{1}{R \times S} \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

V preglednici 4 so navedeni podatki, pridobljeni z izračuni iz navedenih računskih formul; te so v skladu z zakonodajnim aktom, in sicer s Pravilnikom o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, ki je bil sprejet leta 2002 (Ur.l. RS, št. 42/2002).

Pomembna spremenljivka pri toplotnih izgubah je toplotna prehodnost, ki je celotna toplotna prehodnost in upošteva prehod toplote skozi element ovoja stavbe ter vključuje prevajanje, konvekcijo in sevanje (Ur.l. RS, št. 42/2002).

Preglednica 4: Toplotne izgube obravnavane stavbe

Gradbeni element	Površina [m ²]	Gradbeni material (po Drobež, 2016)	Debelina [m]	Toplotna prevodnost [W/mK] (po Ur.l.RS št.42/2002)	Toplotna upornost [m ² K/W]	Toplotna prehodnost [W/m ² K]
Toplotni ovoj zunanjih sten	78	Apnena malta	0,5	0,87	0,575	0,0223
		Zidak za nosilni zid	0,29	0,38	0,763	0,0168
		Zaključni sloj	0,03	0,45	0,067	0,1923
		SKUPAJ	0,82	1,7	1,405	0,2314
Toplotna prehodnost toplotnega ovoja zunanjih sten						0,2314
Strop proti podstrešju	76	Beton	0,15	2,04	0,074	0,178
		Kamena volna	0,10	0,035	2,857	0,046
		SKUPAJ	0,25	2,075	2,931	0,224
Toplotna prehodnost stropa proti podstrešju						0,224
Strop nad kletnim prostorom	76	Beton	0,10	2,04	0,049	0,2684
		Estrih (cement)	0,07	1,4	0,050	0,2632
		Bitumenska hidroizolacija	0,01	0,19	0,053	0,2500
		SKUPAJ	0,25	3,63	0,152	0,7816
Toplotna prehodnost stropa nad kletnim prostorom						0,7816

Trenutna toplotna prehodnost toplotnega ovoja stavbe znaša 0,2314 W/m²K. Ta je posledica pomanjkanja ustreznega termoizolacijskega materiala – recimo stiropora.

Vendar toplota uhaja in se izgublja tudi skozi okna in stara lesena vrata. Ker je hiša bila zgrajena v letu 1967, so temu obdobju primerno vgradili okna, z enojno zasteklitvijo. V tem primeru je toplotna izguba dosti večja, kot danes, ko se v večini vgrajujejo okna z najmanj dvojno zasteklitvijo. To pomeni, da sta v sistemu okna vgrajeni vsaj dve stekli, med njima pa je zrak, ki je dober toplotni izolator.

Toplotna prevodnost (λ) stekla je 0,85 W/mK (Grobvšek, 2016). Če to vrednost pomnožimo s površino vseh oken (14 m²), dobimo vrednost toplotne prevodnosti za vsa okna – ta je 11,9 W/mK. Toplotna prehodnost oken, ki so bila vgrajena do leta 1980, v povprečju znaša 5,6 W/m²K (Grobvšek, 2016) - glede na leto izgradnje (1967) naše obravnavane stavbe lahko ta podatek upoštevamo kot trenutno stanje toplotne prehodnosti oken.

Toplotna prehodnost lesenih vhodnih vrat, ki so bila vgrajena do leta 1980, povprečno znaša 2,7 W/m²K (Grobvšek, 2016) – kar pomeni konkretno izgubljeno količino toplote skozi vrata. Nova lesena vhodna vrata bi pripomogla k manjši izgubi toplote – v spodnji preglednici 8 smo naredili analizo toplotnih izgub glede na prejšnjo in energetsko sanirano stanje.

7.2 Energetska sanacija obravnavane stavbe

Poglejmo spodnjo analizo, če bi v primeru energetske sanacije zamenjali oziroma stavbi dodali nov fasadni sistem in dosegli zmanjšano toplotno prehodnost obravnavane stavbe. Uporabili bi stiropor z debelino 16 cm, s toplotno prevodnostjo $\lambda = 0,039 \text{ W/mK}$ (Fragmat d.o.o., 2016).

Preglednica 5: Stanje pred in po energetske sanaciji toplotnega ovoja

	Trenutno stanje	Ciljno stanje	Sanirano stanje
Letna poraba toplote	244 kWh/m ²	54 kWh/m ²	47 kWh/m ²
λ [W/mK] fasade	1,7	0,3762	1,661*
R [m²K/W] fasade	4,4869	0,9930	1,4045
U [W/m²K] fasade	1,1965	0,2648	0,2314
Toplotna izguba [kWh/m²a]	244	54	47
Energetski razred	G	C	C

* Toplotno prevodnost (λ) sanirane stavbe smo izračunali po naslednji enačbi:

$$\lambda_{\text{TOPLOTNEGA OVOJA SANIRANE STAVBE}} = 1,70 \frac{\text{W}}{\text{mK}} - 0,039 \frac{\text{W}}{\text{mK}} = 1,661 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$$

Da je energetska sanacija stavbe učinkovita, mora biti vrednost:

- toplotne prevodnosti toplotnega ovoja stavbe višja od tiste, pred izvedbo sanacije,
- toplotne upornosti po sanaciji višja od tiste, pred izvedbo sanacije,
- toplotne prehodnosti po sanaciji nižja od tiste, pred izvedbo sanacije.

Ker je vrednost toplotne prevodnosti višja od zahtevane ciljne vrednosti, lahko sklepamo, da bi uhajanje toplote bilo znatno nižje. Poleg tega lahko sklepamo, da bi sanacija z novim fasadnim sistemom, katerega ključni element je stiropor z debelino 16 cm in toplotno prevodnostjo 0,039 W/mK, zadostovalo za doseganje energetskega razreda C.

Za celotni fasadni sistem bi potrebovali najmanj 340 m² stiropora. Če to količino stroškovno ovrednotimo, bi nas samo ta količina stiropora stala 3.536 €. Znesek je izračunan glede na ceno enega kvadratnega metra stiropora s komercialnim imenom EPS F 160, ki ga izdeluje Fragmat Tim d.o.o.; to podjetje sem si izbrala zaradi njegove lokacije – namreč stroškovno in logistično je prevoz gradbenega materiala ugoden.

K strošku stiropora je potrebno prišteti še ceno ostalih sestavnih komponent fasadnega sistema (od vezivnih materialov, zaključnega sloja, postavitve delavnega odra in drugih). Povprečna cena fasadnih sistemov (z vsemi vključenimi stroški) s stiroporom debeline 16 cm stane približno 40 €/m². V našem primeru bi nas torej energetska sanacija z dodanim fasadnim sistemom stala okvirnih 17.136 €.

Poleg energetske sanacije s pomočjo izboljšanja toplotnega ovoja stavbe, moramo upoštevati še zamenjavo starih oken z novimi, ki bi pripomogla k manjši toplotni izgubi obravnavane stavbe. V spodnji preglednici 7 so izračuni spremenljivk, ki jih upoštevamo pri toplotnih izgubah skozi okna stavbe. Podatki so izračunani in navedeni za trenutno stanje in stanje, ki bi ga morali doseči za uvrščanje obravnavane stavbe v energetske razred C.

Preglednica 6: Trenutno in ciljno stanje toplotnih izgub preko oken obravnavane stavbe

	Trenutno stanje	Ciljno stanje
λ [W/mK] okna	0,85	0,1881
R [m ² K/W] okna	0,007	0,0576
U [W/m ² K] okna	5,6	1,2393
Toplotna izguba [kWh/m ² a]	244	54
Površina [m ²]	14	14
Energetski razred	G	C

Zamenjavo starih oken bi naredili z dvojno zasteklitvijo, ali z dvojno zasteklitvijo v kombinaciji s plinom argonom, ali s trojno zasteklitvijo v kombinaciji s plinom kriptonom. Vloga teh dveh žlahtnih plinov je temperaturno in zvočno izoliranje okna oziroma vmesnega prostora med enim in drugim steklom okna. S pomočjo izračunov spremenljivk za določanje toplotnih izgub bomo lahko opredelili, s katerim okenskim sistemom bi se lahko približali zahtevanemu energetskemu razredu C.

Preglednica 7: Toplotne izgube po sanaciji z zamenjavo oken

	Ciljno stanje	Dvojna zasteklitev	Dvojna zasteklitev in argon	Trojna zasteklitev in kripton
λ [W/mK]	0,1881	0,76	0,55	0,55
R [m ² K/W]	0,0576	0,0255	0,0510	0,1020
U [W/m ² K]	1,2393	2,8	1,4	0,7
Toplotna izguba [kWh/m ² a]	54	122	61	30,5
Površina [m ²]	14	14	14	14
Energetski razred	C	E	D	B2

Komentar:

Po izračunih iz zgornje preglednice 7 lahko vidimo, da bi bila najbolj optimalna menjava starih oknov s trojno zasteklitvijo, ki imajo za polnilo vmesnih prostorov kripton; namreč s sanacijo bi dosegli energetski razred B2.

Cena za štiri enokrnlina PVC okna s komarniki, dimenzije 100 cm x 100 cm, s troslojnim steklom in vmesnim plinskim polnjenjem, povprečno nanese od 2.300 do 3.500 € (Mojmojster, 2016) – odvisno od posameznega ponudnika. Torej, če vzamemo povprečno ceno, bi za okna odšteli približno 2.900 €.

Energetsko sanacijo lahko izvedemo tudi z menjavo starih lesenih vrat, z novimi. Danes naprednejši materiali in izpopolnjene tehnologije omogočajo manjšo toplotno prehodnost lesenih konstrukcij. Nova lesena vhodna vrata bi pripomogla k manjši izgubi toplote – v spodnji

preglednici 8 smo naredili analizo toplotnih izgub glede na prejšnjo in energetsko sanirano stanje;

Preglednica 8: Stanje pred in po energetski sanaciji z zamenjavo vhodnih vrat

	Trenutno stanje	Ciljno stanje	Sanirano stanje ^a	Sanirano stanje ^b
Letna poraba toplote	244 kWh/m ²	54 kWh/m ²	145 kWh/m ²	54 kWh/m ²
U vrat [W/m²K]	2,7	0,6	1,6	0,6
Toplotna izguba [kWh/m²a]	244	54	145	54
Energetski razred	G	C	E	C

Legenda:

a – standardna lesena vrata, iz masivnega lesa hrasta

b – lesena vrata, izdelana iz izolacijske sredice, ki se nahaja v večslojni plošči, ki je ojačana z okvirjem iz masivnega lesa različnih vrst in integriranimi stabilizatorji (namenjena so predvsem za vgradnjo v pasivne hiše) (Doors, 2016).

Cena za standardna enokrilna vrata, iz masivnega hrastovega lesa, znaša v povprečju 1.000 €. Ta cena je bolj ali manj enaka med različnimi ponudniki (Glin Nazarje, Jelovica, MIK in drugi). Razpon cen za lesena vrata, ki so namenjena za vgradnjo v pasivne hiše, pa znaša od 1.180 € do 2.485 €. Torej, nekakšna razumno povprečna cena za vrata za pasivno hišo znaša približno 1.500 €. V zgornji preglednici 5 je razvidno, katera vrsta vrat bi nam pripomogla k večji učinkovitosti energetske sanacije. Za 500 € razlike v ceni dosežemo preskok iz energetskega razreda E v energetski razred C.

7.3 Cenovna primerjava sanacijskih ukrepov

Analizirali in predstavili smo vse potencialne sanacijske ukrepe, ki bi pripomogli k energetski učinkovitosti naše obravnavane stavbe. Med vsemi možnostmi se lahko odločimo, kateri bi bil glede na finančne stroške najbolj ugoden. V spodnji preglednici je celoten stroškovni pregled energetske sanacijske ukrepe.

Preglednica 9: Cenovna primerjava sanacijskih ukrepov

Vrsta ukrepa		Strošek [€]	Toplotna izguba [kWh/m ² a]	Dosežen energetski razred z ukrepom
Toplotna zaščita stavbe	Fasadni sistem, stiropor debeline 16 cm	17.136	47	C
Menjava oken	Enokrilno leseno okno, trojna zasteklitev, vmesna polnitev s plinom kriptonom, 4 okna	2.900	30,5	B2
Menjava vrat	Enokrilna lesena vrata, z izolacijsko sredico, masivni les, integrirani stabilizatorji	1.500	54	C

Po podatkih iz preglednice 9 bi bilo najbolj racionalno in finančno ugodno, da se odločimo za energetsko sanacijo z zamenjavo starih oknov z novimi. Ne le, da je stroškovno manjši znesek v primerjavi z izdelavo toplotne zaščite stavbe, ampak tudi letne toplotne izgube bodo manjše. Kar pomeni, da bomo imeli manjše potrebe po ogrevanju in s tem manjšo porabo energentov.

V primeru zamenjave starih oken z novimi, ki bi imeli trojno zasteklitev z vmesnim plinskim polnjenjem, bi letna toplotna izguba znašala 30,5 kWh/m². Na podlagi tega podatka lahko izračunamo, koliko bi privarčevali pri porabi energentov, če bi obravnavano stavbo ogrevali s pomočjo geotermalne energije.

V poglavju 6.3.2 smo izračunali dolžino geotermalne vrtine, da bi zadostila energetskim potrebam ogrevanja 54 kWh/m². Potrebovali bi eno vrtino, dolžine 120 m, kar pomeni da bi geotermalni sistem ogrevanja v celoti odšteli 22.462,5 €. Iz vseh teh podatkov in enačb lahko izračunamo potrebno dolžino vrtine in ostale stroške, če bi želeli zadostiti potrebam ogrevanja energetskega razreda B2, katerega bi dosegali s sanacijo v obliki zamenjave starih oken z novimi.

Za potrebe ogrevanja 30,5 kWh/m²a bi potrebovali 57,2 m dolgo geotermalno vrtino. To pomeni, da bi morali izkopati polovico dolžine standardne vrtine. Po podatkih in izračunih iz poglavja 6.3.2 lahko stroškovno ovrednotimo, da bi nas investicija stala okvirnih 19.146 €. K temu strošku prištejmo še strošek zamenjave oken, torej 2.900 € in v končni fazi dobimo kumulativne stroške celotne energetske sanacije v kombinaciji z izrabo obnovljivega vira energije za potrebe ogrevanja obravnavane stavbe – 22.046 €. Celotna investicija v energetsko sanacijo bi se nam povrnila dobrih 23-ih letih.

7.4 Pregled in primerjava pred in po energetski sanaciji, stroškovna primerjava ukrepov in čas povračila investicij

Preglednica 10: Celotni pregled pred in po energetski sanaciji obravnavane stavbe

STANJE PRED ENERGETSKO SANACIJO		STANJE PO ENERGETSKI SANACIJI					
Toplotna izguba: 244 kWh/m ² a	Energetski razred: G						
TRENTNO STANJE	UKREP	UČINEK	STROŠEK	TOPLOTNA IZGUBA	ENERGETSKI RAZRED	POVRNITEV INVESTICIJE	
Ekstra lahko kurilno olje	Poraba 4.492,9 L 3.167,5 €	Izraba OVE – Geotermalna energija	Energetska neodvisnost, manj izpustov emisij toplogrednih plinov	22.462,5 €	54 kWh/m ² a	C	26 let
Električna energija	Poraba 4.496 kWh 746,6 €						
Topl. izgube skozi topl. ovoj	$U_{\text{Topl.ovoja}} = 0,2314$ W/m ² K	Zamenjava toplotnega ovoja s stiroporom debeline 16 cm	Manjša toplotna prevodnost, manjše toplotne izgube, manjše potrebe po ogrevanju stavbe, manjši izpusti zračnih emisij	17.136 €	47 kWh/m ² a	C	4,4 leta
Topl. izgube skozi stara okna	$U_{\text{Okna}} = 5,6$ W/m ² K	Menjava oken s PVC okvirji, trojno zasteklitvijo, plinskim polnjenjem (kripton)	Manjša toplotna prevodnost, manjše toplotne izgube, manjše potrebe po ogrevanju stavbe	~ 2.900 €	30,5 kWh/m ² a	B2	0,7 leta
Topl. izgube skozi stara lesena vrata	$U_{\text{Vrata}} = 2,7$ W/m ² K	Menjava vrat z lesenimi vrati, ki imajo izolacijsko sredico, ojačan okvir z masivnim lesom in stabilizatorji	Manjša toplotna prevodnost, manjše toplotne izgube, manjše potrebe po ogrevanju stavbe	~ 1.500 €	54 kWh/m ² a	C	0,4 leta

8 RAZPRAVA IN SKLEP

Slovenija na letni ravni poveča porabo energije za 4 %. Posledično se zato sooča z energijsko problematiko, na kakšne načine zadostiti vse večjim energetskim potrebam in hkrati zmanjšati izpuste toplogrednih plinov. Potencialna rešitev za zmanjšanje emisij CO₂ in zadovoljiti potrebe po energiji, je energetsko varčna gradnja – s tem lahko tudi potrdimo prvo hipotezo diplomskega dela. Najbolj natančno je energetska varčna gradnja definirana kot nizkoenergijska ali energijsko varčna in pasivna hiša. Trenutno razvojno stanje tehnologije na področju gradbeništva, je s finančnega vidika najbolj primerna pasivna hiša. V kombinaciji z učinkovitejšo rabo energije je to najlažji način za manjše povpraševanje po energiji in manjše onesnaževanje s toplogrednimi plini. To je izvedljivo s pomočjo energetsko varčnih tehnologij, s spremembo našega ravnanja ali s kombinacijo obeh. Za doseganje cilja energetske učinkovitosti bo treba eno četrtno obstoječega stavbnega fonda do leta 2020 energetsko obnoviti, kar predstavlja približno 22 milijonov kvadratnih metrov stavbnih površin. S tem se bo raba energije v stavbah zmanjšala skoraj za 10 %. Celovita, predvsem energetska prenova stavb, je hkrati vladni prioritetni strateški projekt. Ta bo pripomogel in spodbudil k večjemu zagonu gradbeništva, povečana pa bo tudi kreditna aktivnost poslovnih bank. Poglavitni cilj je sprejeti ukrepe in pripraviti model financiranja, s katerimi se bodo v Sloveniji povečali deleži energetske saniranih javnih in zasebnih objektov ter v tovrstne projekte pritegniti čim več zasebnih sredstev. Stavba je porabnik energije, zato je smiselno, da smo seznanjeni do katere meje je ta energetsko varčna oziroma potratna. Strošek za energijo v stavbi je relativno velik, po drugi strani pa so tudi potrebne sanacijske investicije. Pri tem je pomembna energetska izkaznica, ki definira energetsko učinkovitost stavbe, hkrati pa so navedeni še priporočeni ukrepi, s katerimi se lahko ta učinkovitost poveča. Tehnološki razvoj 21. stoletja nam ni omogočil napredek le na področju gospodarstva, znanosti, medicine in gradbeništva ampak sočasno tudi povišanje stroškovnega trenda energije. Tudi v Sloveniji se srečujemo s podobnimi težavami. Da bi dosegli konkurenčne cene energentov in zmanjšali odvisnost od uvoza energentov, se ljudje odločajo za uporabo obnovljivih virov energije. Če izpostavimo izrabo enega izmed obnovljivih virov energije v obliki geotermalne energije, je potrebno poudariti v gospodinjstvih in na področju turizma. Ti predstavljajo naravni neizčrpen vir, katerega izkoriščanje dandanes vse preveč zanemarjamo. Zemlja konstantno vsrkava sončno energijo, kar omogoča v globljih plasteh ohranjanje konstantne temperature in je razpoložljiv vir toplote skozi vse leto. Ob naprednem in inovativnem tehnološkem razvoju v obliki toplotnih črpalk, imamo sedaj potencial izkoriščanja tega vedno razpoložljivega vira energije za ogrevanje prostorov ali sanitarne vode. Geotermalni potenciali so v Sloveniji slabo izkoriščeni in hkrati javnosti nepoznane – pomeni, da Slovenija razpolaga z 3.280 km² površin plitkih geotermalnih virov. V našem primeru obravnavane stavbe, s toplotno izgubo 244,36 kWh/m²a, je potrebnih 45.288 kWh proizvedene energije iz ekstra lahkega kurilnega olja in 4.496 kWh proizvedenih s pomočjo električne energije - skupni strošek ogrevanja za celotno koledarsko leto znašajo 3.913,8 €. V tem primeru bi za izrabo geotermalne energije potrebovali 5 vrtin, ki bi bile dolge 120 m. Strošek te investicije, 43.878 €, bi se nam glede na trenutni letni strošek porabe energentov in potrebi energije za ogrevanje stavbe z energetskim razredom G, povrnil v malo več kot 11-ih letih. V skladu z Energetskim zakonom (Ur. l. RS 17/14) je minimalna zahtevana potrebna toplota za ogrevanje 54 kWh/m²a, pri čemer bi potrebovali eno vrtino, dolžine 120 m, pri čemer bi nas strošek investiranja stal 22.463 €, povrnilo pa bi se nam v 26-ih letih. V obeh primerih gre za zelo visoke stroške izgradnje, zato bi bilo potrebno izvesti energetsko sanacijo stavbe preden se odločimo za investiranje v geotermalni sistem ogrevanja – pri čemer ne moremo potrditi druge hipoteze. Glede na starost obravnavane stavbe, so določeni gradbeni elementi stavbe že dotrajani, materiali pa manj kvalitetni v primerjavi z današnjimi. S tem prihaja do toplotnih izgub, zato je na daljši rok smiselno izvesti energetsko sanacijo stavbe. To pomeni, da bi bilo potrebno zgraditi novo toplotno zaščito gradbenih elementov z največjo toplotno prevodnostjo ter menjati stara okna in vrata. Za celotni fasadni

sistem bi potrebovali najmanj 340 m² stiropora, debeline 16 cm. Torej bi nas energetska sanacija z dodanim fasadnim sistemom stala okvirnih 17.136 €. Poleg energetske sanacije s pomočjo izboljšanja toplotnega ovoja stavbe, moramo upoštevati še zamenjavo starih oken z novimi - najbolj optimalna bi bila menjava oknov s trojno zasteklitvijo, ki imajo za polnilo vmesnih prostorov kripton in s tem dosegli energetskega razreda B2. Za to obliko investiranja v energetska učinkovito gradnjo bi odšteli približno 2.900 €. S saniranjem starih lesenih vrat lahko istočasno dosežemo manjše toplotne izgube. Dandanes so poznani naprednejši materiali in izpopolnjene tehnologije, ki omogočajo manjšo toplotno prehodnost lesenih konstrukcij. Razpon cen za lesena vrata, ki so namenjena za vgradnjo v pasivne hiše znašajo od 1.180 € do 2.485 € - torej, povprečna cena za vrata za pasivno hišo znaša približno 1.500 €, s čimer bi dosegali zakonodajno predpisane kriterije energetskega razreda C. Najbolj racionalna in finančno ugodna bi bila energetska sanacija z zamenjavo starih oken z novimi. Poleg manjše finančne obremenitve bi hkrati dosegli manjše letne toplotne izgube in s tem imeli manjše potrebe po ogrevanju – torej, lahko potrdimo tretjo hipotezo diplomskega dela. Posledično bi bila manjša poraba energentov, hkrati pa bi prispevali manjšo količino zračnih emisij. V primeru zamenjave starih oken z novimi, ki bi imeli trojno zasteklitev z vmesnim plinskim polnjenjem, bi letna toplotna izguba znašala 30,5 kWh/m². Za te potrebe ogrevanja (30,5 kWh/m²a) bi potrebovali 57,2 m dolgo geotermalno vrtino, kar bi nas v končni fazi stalo 22.046 €. Celotna investicija v energetska sanacijo pa bi se nam povrnila dobrih 23-ih letih.

9 VIRI IN LITERATURA

1. Benko, B., 2015. *Energetska sanacija stanovanjske hiše zgrajene leta 1996*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru. Fakulteta za energetiko. Krško
2. Brajar, M., 2013. *Energetska sanacija stanovanjske hiše zgrajene leta 1933*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru. Fakulteta za energetiko. Krško.
3. Dovč, F., 2011. *Učinkovita raba energije in obnovljivi viri energije*. Portorož: Društvo DOVES, program Ekošola kot način življenja.
4. Doors d.o.o., 2016. *Pasivna vhodna vrata*. Dostopno na: <http://www.doors.si/pasivna-vhodna-vrata.html>
5. Drobež, U., 2016a. *Elaborat gradbene fizike za področje učinkovite rabe energije v stavbah*. E-dom d.o.o. Hrastnik.
6. Drobež, U., 2016b. *Energetska izkaznica stavbe*. E-dom d.o.o. Hrastnik.
7. Drobež, U., 2016c. *Izkaz energijskih lastnosti stavbe*. E-dom d.o.o. Hrastnik.
8. Energap, 2016. *Primerjava cen energentov*. Dostopno na: <http://www.energap.si/uploads/Primerjava%20cen%20energentov.jpg> (28.11. 2016)
9. Energetska izkaznica EU, 2016. *Energetska izkaznica stavbe*. Dostopno na: <http://www.energetska-izkaznica.eu/vrste-izkaznic/merjena-energetska-izkaznica-stavbe/>.
10. Energetska izkaznica stavbe, 2016. *Energetska izkaznica*. Dostopno na: <http://www.energetskaizkaznica.si/>
11. Fius, D., 2016. *Kakšen je potencial plitkih geotermalnih virov v Sloveniji? Varčujem z energijo*. Dostopno na: <http://varcevanje-energije.si/toplotne-crpalke/kaksen-je-potencial-plitkih-geotermalnih-virov-v-sloveniji.html>
12. Fragmat d.o.o., 2016. *Fasadne EPS plošče: Fragmat EPS F*. Dostopno na: <http://www.fragmat.si/si/gradbeni-program/izdelki/termoizolacije-eps/fasadne-eps-plosce/419-fragmat-eps-f>
13. GEN energija d.o.o., 2014. *Geotermalna energija*. Dostopno na: <http://www.esvet.si/drugi-viri-energije/geotermalna-energija>
14. Grobovšek, B., 2009. *Načrtovanje novogradnje v luči novega pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah*. Dostopno na: <http://gcs.gizrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT373.htm>.
15. Grobovšek, B., 2010. *Uporaba geotermalne energije za ogrevanje in pripravo tople vode*. Dostopno na: <http://www.energijadoma.si/novice/svetovalnica/uporaba-geotermalne-energije-za-ogrevanje-in-pripravo-tople-vode#.WDaBzfrLIV>

16. Grobovšek, B., 2016. Pasivna hiša – Toplotne, optične in zvočne lastnosti zastekljenih površin. Dostopno na: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT267.htm>
17. Kobaševič, Ž., 2015. *Cene energentov in primarnih virov v Sloveniji in svetu*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru. Fakulteta za energetiko. Krško.
18. Koch, G., 2016. *Energijsko učinkovite opečne hiše prihodnosti: Zmanjšanje toplogrednih plinov in stroškov za energijo ter oskrba z energijo iz obnovljivih virov ob energetsko učinkoviti gradnji*. Initiative Ziegel im Fachverband der Stein und Keramischen Industrie. Wien.
19. Kovačević, Z., 2016. *Tipi energetsko učinkovitih in varčnih stavb*. Dostopno na: <http://mroz.si/tipi-energetsko-ucinkovitih-in-varcnih-stavb/>.
20. Krmelj, V., Kosi, D., 2012. *Potencial geotermalne energije v Sloveniji*. Renewable Energies Transfer System. Dostopno na: http://www.energap.si/uploads/Potencial%20geotermalne%20energije%20v%20Sloveniji_SL.pdf
21. Legada d.o.o., 2016. *Energetska izkaznica stavbe: Energenti*. Dostopno na: <http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/energenti>
22. Malovrh, M., Praznik, M., 2011. *Splošno o energiji*. Gradbeni inštitut ZRKM d.o.o. Ljubljana. Dostopno na: <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije/URE/URE1-01.htm>
23. Medved, S., Vetršek, J., Domjan, S., Jasim Tahir, A., 2012. *Lokalni energetski koncept Občine Zagorje ob Savi: Končno poročilo za javo obravnavo*. Dostopno na: <http://www.zagorje.si/dokument.aspx?id=2144>
24. Ministrstvo za infrastrukturo, 2016a. *Učinkovita raba energije*. Dostopno na: http://www.mzi.gov.si/si/delovna_podrocja/energetika/ucinkovita_raba_energije/.
25. Ministrstvo za infrastrukturo, 2016b. *Energetske izkaznice stavb*. Dostopno na: <http://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/energetske-izkaznice-stavb/>.
26. Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, 2016. *Cene naftnih derivatov*. Dostopno na: http://www.mgrt.gov.si/si/delovna_podrocja/notranji_trg/nadzor_cen_naftnih_derivatov/cene_naftnih_derivatov/kurilno_olje_el/
27. Mojmojster, 2016. *Okna in zasteklitev*. Članek. Dostopno na: http://www.mojmojster.net/clanek/210/okna_in_zasteklitev
28. Murko, R., 2016. *Alternativni viri energije: Geotermalna energija*. Dostopno na: <http://www2.arnes.si/~rmurko2/GEOTERMALNA.HTM>
29. Novak, P., Medved, S., 2000. *Energija in okolje – Izbira virov in tehnologij za manjše obremenjevanje okolja*. Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, Ljubljana.

30. Pavlin, C., 2015. *Od nizkoenergijske in pasivne do plus energijske hiše*. Dostopno na: <http://www.delo.si/gospodarstvo/infrastruktura/od-nizkoenergijske-in-pasivne-do-plusenergijske-hise.html>.
31. Pomurski razvojni inštitut, 2014. Geotermalna energija. Dostopno na: <http://www.pri-ms.si/index.php/obnovljivi-viri-energije/geotermalna-energija>
32. Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, 2002. Uradni list Republike Slovenije, št. 42/2002. Ljubljana.
33. Primc, B., 2012. *Meja med nizkoenergijsko in pasivno hišo*. Dostopno na: <http://www.deloindom.si/enostanovanjske-hise/meja-med-nizkoenergijsko-pasivno>.
34. Pušnik, I., 2007. *Energetska učinkovitost zgradb*. Elektrotehniški vestnik št.74. str.: 248 – 254. Dostopno na: <http://ev.fe.uni-lj.si/5-2007/Pusnik.pdf>.
35. ROTEX, 2014. *Ogrevanje s pomočjo geotermalne energije*. Dostopno na: http://ftp.seltron.si/web-pdf/HPU_ground_WEB.pdf
36. Šarler, B., 2007. *Oblike energije*. Univerza v Novi Gorici. Laboratorij za večfazne procese. Nova Gorica.
37. Šolski center Celje, 2009. *Prednosti in slabosti geotermalne energije*. Dostopno na: <http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2009/OVE/slabosti.htm>
38. Tomažič, R., 2015. *Koliko stane vrtina?*. Dostopno na: <http://varcevanje-energije.si/toplotne-crpalke/koliko-stane-vrtina.html>
39. Topdom d.o.o., 2016. *Izolacija nad, med in pod škarniki*. Dostopno na: <http://www.topdom.si/si/katalog-streh/izolacija.htm>
40. Valenčič, M., Malovrh, M., Glušič, A., Šijanec Zavrl, M., Repič, K., 2011. *Priročnik za povečanje energetske učinkovitosti zgradb*. Gradbeni inštitut ZRKM d.o.o. Ljubljana. Dostopno na: http://www.enforce-ee.eu/wp/slo/wp-content/uploads/2012/03/Priro%C4%8Dnik-za-pove%C4%8Danje-energ_u%C4%8Dink_stavb_web.pdf
41. Verglez, S., 2010. *Analiza okoljske ustreznosti izbire gradbenih materialov pri gradnji pasivnih montažnih hiš*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru, Ekonomsko-poslovna fakulteta.
42. Zbašnik-Senegačnik, M., 2007. *Pasivna hiša*. Ljubljana: Fakulteta za arhitekturo
43. Zbašnik-Senegačnik, M., 2008. *Pasivna hiša*. Ljubljana: Fakulteta za arhitekturo.
44. Žagar, D., 2011. *Metoda hitrega določanja energetske izkaznice*. Diplomsko delo. Univerza v Mariboru. Fakulteta za gradbeništvo. Maribor

10 VIRI SLIKOVNEGA GRADIVA

- Slika 1: Karta potencialnih geotermalnih območij po Sloveniji
<http://www.geo-zs.si/index.php/dejavnosti/geotermija> (1.4.2016).
- Slika 2: Delovanje toplotne črpalke
http://ftp.seltron.si/web-pdf/HPU_ground_WEB.pdf (5.12. 2016)
- Slika 3: Primer hiše s podobnimi karakteristikami kot naš obravnavan primer stavbe, Google Maps, 2017
- Slika 4: Osončenost naselja Cesta 3. julija v Hrastniku
<http://suncalc.net/#/46.1504,15.0852,16/2017.02.27/16:53> (27.2.2017)