Isplativost ugradnje dizalice topline

Dodić, Denis

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic Pula - College of Applied Sciences / Politehnika Pula - Visoka tehničko-poslovna škola s pravom javnosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:212:831761

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Image not found or type unknown

Repository / Repozitorij:

Digital repository of Istrian University of applied sciences

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

ZAVRŠNI RAD

ISPLATIVOST UGRADNJE DIZALICA TOPLINE

Denis Dodić

Pula, lipanj 2015.

IZJAVA O SAMOSTALNOSTI IZRADE ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da sam ovaj završni rad – Isplativost ugradnje dizalica topline izradio samostalno pod vodstvom mentora v.pred.mr.sc.Radovana Jokića, primjenjujući metodologiju znanstveno-istraživačkog rada, i koristeći dostupnu literaturu.

Tuđe spoznaje, izraze, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam neposredno ili citirajući naveo u završnom radu, na uobičajen, standardiziran način, povezane su korištenjem bibliografskih jedinica. Rad je pisan u duhu hrvatskog jezika.

Student:

Denis Dodić _____

AUTOR:

Ime i prezime: Denis Dodić

Datum i mjesto rođenja: 26.03.1985., Pula, Hrvatska

MB studenta: 0761

ZAVRŠNI RAD:

Kolegij: Elektrotehnika

Naslov: Isplativost ugradnje dizalica topline

Mentor: v.pred.mr.sc. Radovan Jokić

Godina: 2015.

SAŽETAK

Pregled isplativosti ugradnje dizalica topline kreće kroz povijesni razvoj te kroz osnovne činjenice. Objašnjen je proces rada kroz desnokretni ili ljevokretni kružni proces rada. Ima nekoliko načina rada dizalica: monovalentni, bivalentno paralelni, bivalentno alternativni te djelomično bivalentno usporedni način rada. Značajke dizalica topline su razrađene kroz podteme o osnovnim dijelovima i pokazateljima učinkovitnosti. Nakon toga je opisana primjena dizalica topline te njeni toplinski izvori kroz primjere I izračune. Važan je i dio o dimenzioniranju i odabiru dizalice topline te proračuni o investicijskim troškovima gdje je dana usporedba više sistema i kombinacija grijanja i hlađenja te njiohova isplativost.

Rad može poslužiti svim onima kojima je ugradnja sistema grijanja u fokusu zanimanja te svima koji su tek pred odlukom za koji će se oblik sistema grijanja i hlađenja odlučiti.

SUMMARY

View the viability of installing a heat pump moves through the historical development and the basic facts. The process of working are explained through the right-handed or left-handed circular process work. There are several modes crane: monovalent, bivalent parallel, alternative dual-mode and dual-mode partially parallel mode. Features heat pumps are described through sub-themes of the main parts of the effectiveness indicators. After that describes the use of heat pumps and heat sources through its examples and calculations. An important part of the sizing and selection of heat pumps and the budgets of the investment costs which is a comparison between a number of systems and the combination of heating and cooling and their profitability.

The work can serve all those who install the heating system and those who are just in front of the decision of who nneds to decide about the heating and cooling systems.

SADRŽAJ

1. UVOD…… 9
1.1. Opis problema…….. 9
1.2. Cilj i svrha……. 9
1.3. Metode istraživanja……. 9
2. POVIJEST DIZALICA TOPLINE……. 10
3. OSNOVE DIZALICA TOPLINE…… 11
3.1. Proces rada……. 11
3.2. Desnokretni kružni process…….. 11
3.3. Lijevokretni kružni process…… 11
4. NAČIN RADA DIZALICA TOPLINE…… 14
4.1. Monovalentni način rada…… 14
4.2. Bivalentno-paralelni način rada…… 15
4.3. Bivalentno-alternativni način rada…… 15
4.4. Djelomični bivalentno-usporedni način rada…….. 16
5. ZNAČAJKE DIZALICA TOPLINE…… 17
5.1. Osnovni dijelovi dizalice topline…… 17
5.1.1. Isparivač…… 18
5.1.2. Kompresor…… 18
5.1.3. Kondenzator……. 19
5.1.4. Ekspanzijski ventil…… 20
5.2. Pokazatelj učinkovitosti…….. 21
6. PRIMJENA DIZALICA TOPLINE……. 24
6.1. Grijanje s dizalicom topline…… 24
6.2. Priprema sanitarne vode s dizalicom topline……. 25
6.3. Hlađenje s dizalicom topline……. 26
7. TOPLINSKI IZVORI…….. 27
7.1. Zrak…… 27
7.2. Voda…….. 29
7.3. Zemlja…… 31
7.3.1. Zemljani kolektor…….. 31
7.3.2. Zemljana sonda……. 34

8. DIMENZIONIRANJE I ODABIR DIZALICA TOPLINE…….. 36
8.1. Dimenzioniranje…… 36
8.1.1. Položaj zgrade…….. 37
8.1.2. Vanjska stolarija……... 37
8.1.3. Izolacija zgrade……. 38
8.1.4. Primjer određivanja toplinskog opterećenja zgrade…… 39
8.1.4.1. Tehnički opis……. 39
8.1.4.2. Proračun fizikalnih svojstava zgrade glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite…… 41
8.1.4.3. Izračun investicija odvojenog hlađenja klima uređajem…… 59
8.1.4.4. Usporedba troškova izrade sistema….. 61
9. ZAKLJUČAK…… 66
POPIS LITERATURE……. 67
POPIS SLIKA …….. 68
POPIS TABLICA…….. 69
POPIS GRAFIKONA…… 70

1. UVOD

1.1. Opis problema

Predmet rada je analiza isplativosti dizalice topline. Dizalica topline je uređaj koji koristi električnu energiju da bi prebacio toplinsku energiju iz toplinskog spremnika niže temperaturne razine u toplinski spremnik više temperaturne razine ili obruto zavisno radi li se o grijanju ili hlađenju. Rad dizalice topline jednak je tehnologiji hladnjaka, samo s obrnutim načelom. U kružnom procesu (Carnotov proces) toplina izvučena iz okoline zemlje, zraka i podzemnih voda predaje se radnomu mediju plinu R407C koji se komprimira te dovodi na višu temperaturnu razinu. Na taj se način neprimjetna toplina zemlje ili zraka pretvoriti u korisnu energiju u svrhu grijanja.

1.2. Cilj i svrha

Cilj ovog rada je pokazati efikasnost, kvalitetu i dugoročnu isplativost ugradnje dizalica topline. U analizu isplativosti ugradnje dizalice topline ulazi se zbog toga što dizalice topline znatno smanjuju količinu utrošene energije potrebnu za grijanje i hlađenje te zbog toga što je dugoročno gledano isplativije ugraditi dizalicu topline nego neke danas učestalije korištene oblike grijanja i hlađenja. Pored toga rad ima za cilj prikazati dizalice topline kroz njihovu povijest, rad i primjenu.

1.3. Metode istraživanja

Kako bi se što bolje razradila tema isplativosti ugradnje dizalica topline korištene su deskriptivne, analitičke, sintetičke, komparativne, indukcijske, dedukcijske, istraživačke i računalne metode, analize slučaja, statističke metode, grafičke metode i deskripcija.

2. POVIJEST DIZALICA TOPLINE

Načelo rada dizalice topline je 1842. godine prikazao Carnot kad je opisao kružni process rada koji predstavlja osnovu za rad sadašnjih dizalica topline i rashladnih uređaja. 1935. godine američki fizičar Perkins izumio je rashladni parni stroj koji je za radnu tvar koristio dietileter, da bi 1851. irski fizičar Thomson otkrio mogućnost povišenja temperaturne razine dovođenjem energije te opisao mehanički sustav grijanja i hlađenja zgrade. Von Linde, njemački izumitelj, konstruiro je 1877. godine kompresijski rashladni uređaj koji je za radnu tvar koristio amonijak. Jedna od prvih dizalica topline koja je 1938. godine ugrađena za grijanje u vijećnicu Kanton u Zürichu za toplinski izvor koristila je vodu iz rijeke Limmat. Nakon drugog svjetskog rata dizalice topline se počinj sve više primjenivati, a sedamdesetih godina doživjele su vrhunac primjene uoči velike naftne krize u svijetu. Tada dizalice topline nisu davale željene rezultate pa su nakon prolaska naftne krize zaboravljene. Devedesetih godina uoči rasta cijena fosilnih goriva ponovno počinje zanimanje za primjenu dizalica topline isto tako raste i ekološka svijest i standard stanovništva što rezultira masovnom ugradnjom te 55 milijuna ugrađenih dizalica topline do 1995. godine. Dolaskom 21. stoljeća dolazi do značajnog razvoja novih tehnologija i tehničkih rješenja koja su povećala učikovitost dizalica topline, pa se smatra da će dizalice topline uskoro postati osnovni izvor topline u sustavima grijanja.

3. OSNOVE DIZALICE TOPLINE

3.1. Proces rada

Kružni proces je slijed promjena u nekom sustavu gdje završetak predstavlja ponovni početak slijeda, a taj se slijed može ponavljati proizvoljan broj puta što za poslijedicu daje prijenos topline ili obavljanje rada. Kružni poces može biti desnokretni ili lijevokretni.

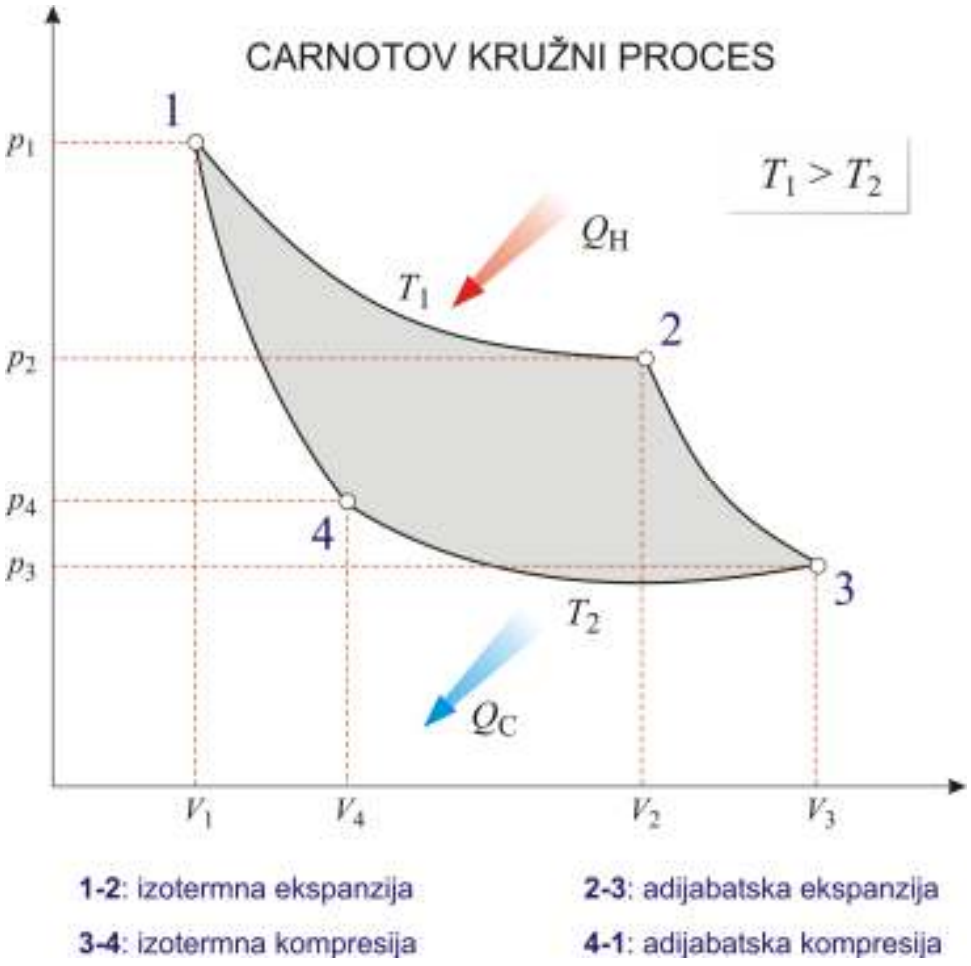
3.2. Desnokretni kružni proces

Kod desnokretnih kružnih procesa promijene se odvijaju u smijeru kazaljke na sat što za poslijedicu daje rad. U desnokretnim procesima dolazi do pretvorbe toplinske energije u rad. Primjer su motori sa unutarnjim izgaranjem, parni strojevi i plinske turbine.

3.3. Lijevokretni kružni proces

Kod lijevokretnih kružnih procesa promijene se odvijaju suprotno kretanju kazaljke na sat i njihov je cilj izmjena topline između dva spremnika, za prijenos topline od toplinskog spremnika na nižoj do toplinskog spremnika na višoj temperaturnoj razini. Za obavljanje tog rada lijevokretni kružni proces koristi mehanički rad kompresora. Primjer su dizalice topline i rashladni uređaji. Lijevokretni kružni proces također može biti rashladno-ogrijevni pa se isto tako može koristiti za grijanje i hlađenje.

Za ocjenu svih kružnih procesa koristi se Carnotov proces. Carnotov proces radnom mediju dovodi mehanički rad izvana kako bi se omogućilo da se pri nižoj temperaturi iz okolice dovodi toplina te da potom pri višoj temperaturi predaje tu toplinu.



Slika 1. Carnotov kružni proces
Izvor:http://glossary.periodni.com/preuzimanje_slike.php?name=carnotov_kruzni_proces.png&source=Carnotov+kru%C5%BEni+proces

Carnotov kružni proces sastoji se od četiri povratljiva parcijalna procesa:

1-2: Izotermna ekspanzija[1] na temperaturi T_1 uz dovođenje topline Q_H.

2-3: Adijabatska ekspanzija[2] do temperature T_2.

3-4: Izotermna kompresija na temperaturi T_2 uz odvođenje topline Q_C.

4-1: Adijabatska kompresija nazad do temperature T_1.

[1] Izotermni proces je promjena sistema, pri kojoj temperatura ostaje konstantna: ΔT = 0. Ovo se obično događaa kada je sistem u kontaktu sa vanjskim toplotnim rezervoarom (izvor: http://bs.wikipedia.org/wiki/Izotermni_proces)
[2] U termodinamici, adijabatski proces ili izokalorični proces je proces u kojem nema prijenosa topline prema ili iz fluida. Naziv "adijabatski" doslovno označuje odsutnost prijenosa topline. (Izvor: http://hr.wikipedia.org/wiki/Adijabatski_proces)

Izvršeni rad jednak je zbroju izvršenih radova parcijalnih procesa, a prikazan je osjenčanom površinom ograničenom krivuljama koje prikazuju promjene stanja.

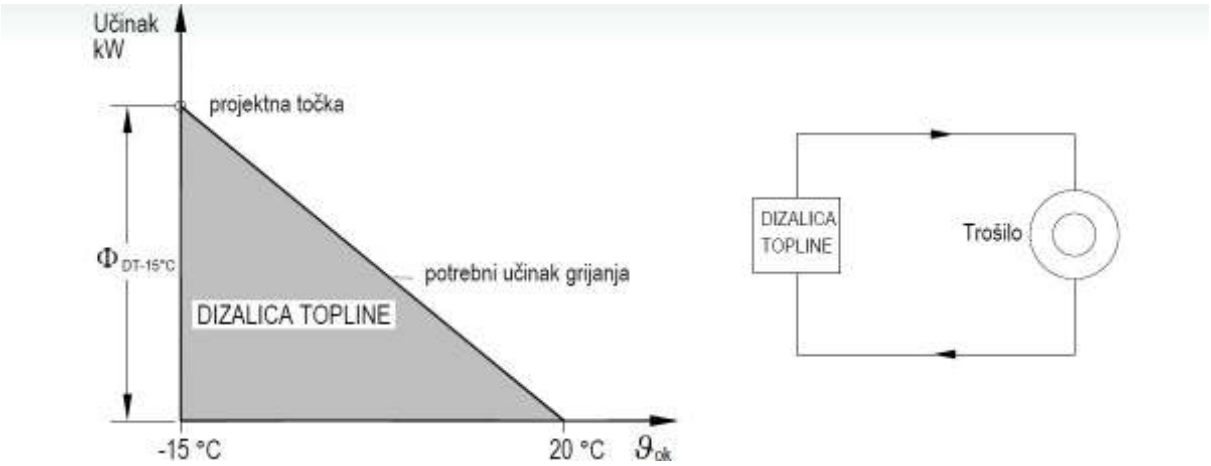
4. NAČIN RADA DIZALICE TOPLINE

Dizalice topline mogu biti jedini izvor topline u sustavu grijanja ili se mogu koristiti s drugim izvorima topline. Načini rada dizalica topline su:

- monovalentni
- bivalentno-paralelni
- bivalentno-alternativni
- Djelomični bivalentno-usporedni

4.1. Monovalentni način rada

Ovaj način rada dizalice topline podrazumijeva da cjelokupnu potrebu objekta za toplinom tijekom sezone grijanja i pripreme PTV-a pokriva isključivo dizalica topline. Učinak dizalica topline se projektira prema vanjskoj projektnoj temperaturi zraka i fizici zgrade. Jedna od prednosti monovalentnog načina rada je i manje zauzimanje prostora, odnosno nema potrebe za plinskom instalacijom, dimnjakom ili spremnikom loživog ulja.

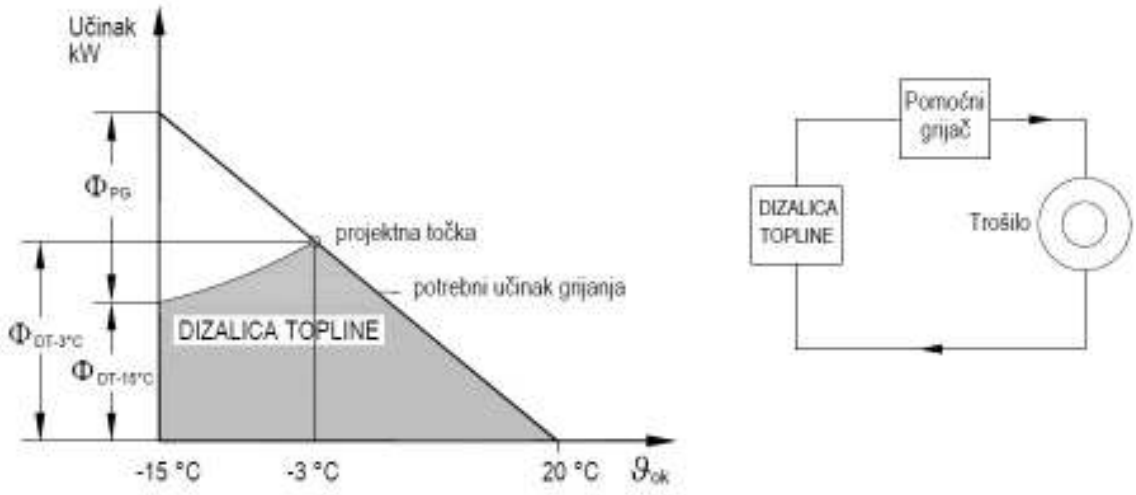


Slika 2. Monovalentni način rada dizalice topline

Izvor: Završni rad “Dizalice topline u sustavu podnog grijanja” Zvonimir Matić

4.2. Bivalentno-paralelni način rada

Pri ovom načinu rada je do određene vrijednosti vanjske temperature zrak jedini izvor topline. Daljnjim padom vanjske temperature zraka (-3° C ili niže) uključuje se paralelno još jedan toplinski izvor (npr. plinski bojler). Priključenje drugog toplinskog izvora regulacija vodi prema vanjskoj temperaturi zraka i potrebnom učinku grijanja. Prednost takvog načina rada je mogućnost zadržavanja postojećeg kotla, te veća sigurnost opskrbe zgrade toplinom jer tada postoje dva izvora topline i dva energenta.

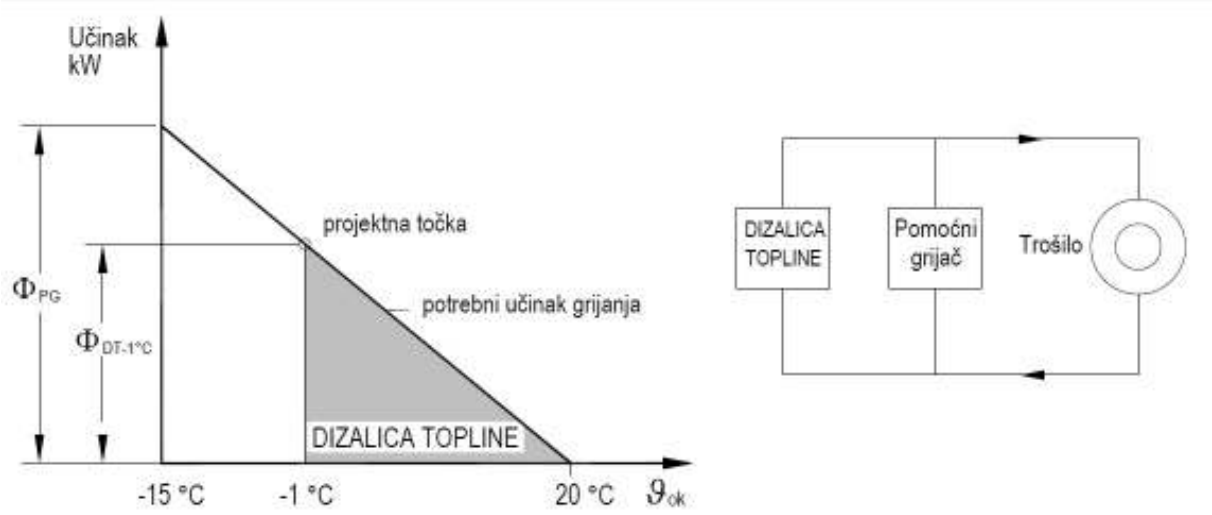


Slika 3. Bivalentno paralelni rad dizalice topline
Izvor: Završni rad "Dizalice topline u sustavu podnog grijanja" Zvonimir Matić

4.3. Bivalentno-alternativni način rada

Ovakav način rada dizalice topline znači da u određenom trenutku u sezoni grijanja (bivalentnoj točki), dodatni izvor topline preuzima pokrivanje cjelokupnih potreba zgrade za toplinom, dok se dizalica topline isključuje. Bivalentna točka odgovara nekoj vrijednosti niske vanjske temperature zraka. Ovaj način sustava grijanja koristi se za zgrade s radijatorima kao ogrjevnim tijelima, temperaturnog režima 90/70° C. Do određene vrijednosti vanjske temperature zraka, dizalica topline je jedini izvor topline, koja ovisno o karakteristici grijanja odgovara temperaturi polaznog voda maksimalno 55°C. Daljnjim padom vanjske temperature zraka

uključuje se drugi izvor topline i on je dalje jedini u radu (npr. plinski bojler). Točka prekretanja izbora sustava grijanja u ovom primjeru iznosi -1°C.



Slika 4. Bivalentno alternativni način rada dizalice topline
Izvor: Završni rad "Dizalice topline u sustavu podnog grijanja" Zvonimir Matić

4.4. Djelomični bivalentno-usporedni način rada

Djelomični bivalentno-usporedni način rada dizalice topline znači da se u određenom trenutku u sezoni grijanja (točki uključivanja), uključuje dodatni izvor topline koji zajedno sa dizalicom topline služi za pokrivanje potreba zgrade toplinom, a zatim se ona (u točki isključivanja) isključuje pa dodatni izvor topline pokriva cjelokupne potrebe za toplinom. Točke uključivanja i isključivanja određene su okolinom i temperaturom ogrjevnog medija, te vremenom jeftinije tarife električne energije. Da bi njihova primjena bila učinkovita, trebaju ispuniti nekoliko osnovnih uvjeta:

- raspoloživost toplinskog izvora zadovoljavajuće temperature kroz cijelu sezonu grijanja;
- što manju udaljenost između toplinskog izvora i mjesta predaje topline;
- mjesta predaje topline trebaju imati umjerenu temperaturnu razinu (niskotemperaturni sustav grijanja);
- veliki broj sati uporabe tijekom godine – radi veće isplativosti;
- visoke cijene drugih izvora energije (ostvarenje veće uštede).

5. ZNAČAJKE DIZALICE TOPLINE

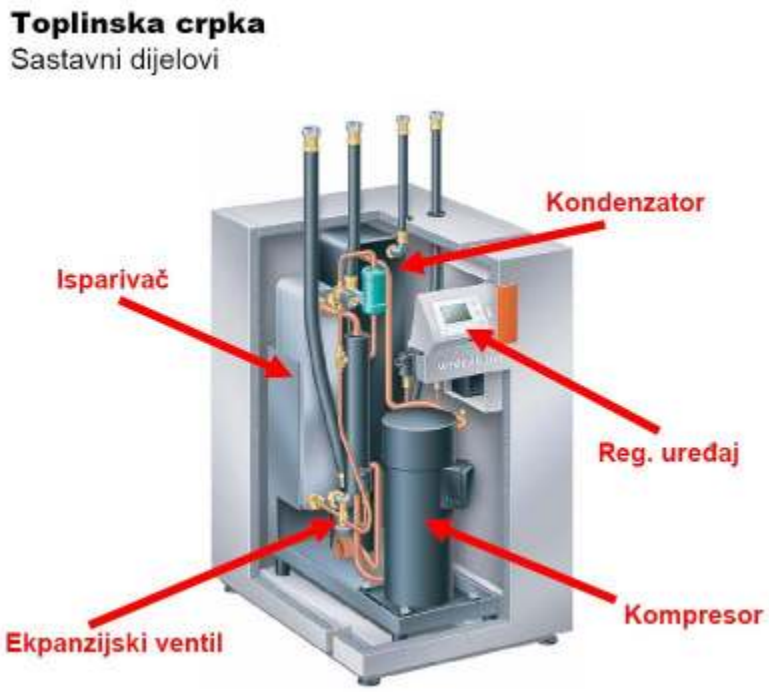
Dizalica topline je uređaj koji koristi električnu energiju da bi prebacio toplinsku energiju iz toplinskog spremnika niže temperaturne razine u toplinski spremnik više temperaturne razine ili obruto zavisno radi li se o grijanju ili hlađenju, ovisno što u zadanom trenutku smatramo korisnim.

Rad dizalice topline jednak je tehnologiji hladnjaka, samo s obrnutim načelom. U kružnom procesu (Carnotov proces) toplina izvučena iz okoline zemlje, zraka i podzemnih voda predaje se radnomu mediju plinu R407C koji se komprimira te dovodi na višu temperaturnu razinu. Na taj se način neprimjetna toplina zemlje ili zraka pretvoriti u korisnu energiju u svrhu grijanja.

5.1. Osnovni dijelovi dizalica topline

Osnovni dijelovi kompresijskih dizalica topline su :

- isparivač
- kompresor
- kondenzator
- ekspanzijski ventil



Slika 5. Sastavni dijelovi dizalica topline
Izvor: http://www.hep.hr/esco/prezentacije/toplinske_pumpe.pdf

5.1.1. Isparivač

Isparivač je izmjenjivač topline građen kao sustav cijevi namotanih u zavojnicu površinom u koje ulazi rashladni medij na nižoj temperaturi i preuzima toplinu iz tla, vode ili zraka. Tlo, voda ili zrak su mediji koji svoju energiju predaju toplinskoj pumpi. Isparivač je funkcijski građen kao i kondenzator.

5.1.2. Kompresor

Kompresori su strojevi koji imaju ulogu tlačenja rashladnog medija, podizanja njegove temperature i tlaka dovođenjem rada.
Podjela prema području primjene, odnosno temperature:

- kompresori za niske tlakove isparavanja (za smrzavanje isparavanja temperatura ispod -30° C);
- kompresori za srednje tlakove isparavanja (za hlađenje temperatura isparavanja približno -10° C);
- kompresori za visoke tlakove isparavanja (za klimatizaciju temperatura isparavanja veću od 0° C).

Podjela prema dosegljivom tlaku:

- vakumske sisaljke;
- kompresori niskog tlaka (do 10 bar);
- kompresori srednjeg tlaka (do 100 bar);
- kompresori visokog tlaka (do 500 bar);
- superkompresori (do 3000 bar).

Dizalice topline najčešće koriste kompresore niskog odnosno srednjeg tlaka do 20 bara.

5.1.3. Kondenzator

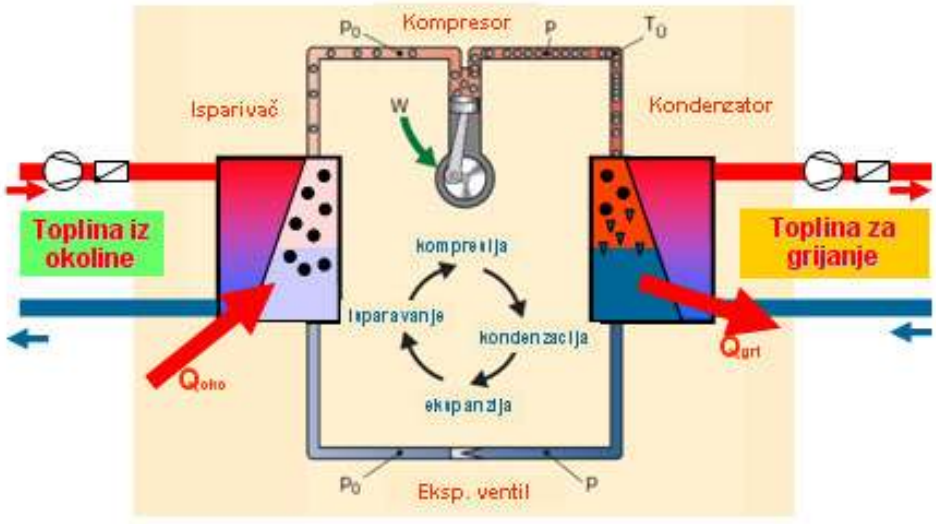
Kondenzator je dio rashladnog sustava (dizalice topline) u kojem dolazi do kondenzacije ili ukapljivanja radne tvari[3], zahvaljujući predaji topline neposrednoj okolini što može biti prostor ili prijenosni medij. Kondenzator dizalice topline je zapravo, izmjenjivač topline u kojem radna tvar izmjenjuje toplinu s ogrjevnim medijem sustava grijanja koji se pri tome zagrijava.

Proces u kondenzatoru započinje ulaskom radne tvari u plinovitom stanju. Potom se ona hladi na temperaturu kondenzacije te se potom kondenzira na konstantnoj temperaturi i tlaku, a pri čemu se toplina predaje neposrednoj okolini. Osim toga, prije ulaska u ekspanzijski ventil radna tvar se dodatno pothlađuje na temperaturu pothlađivanja, pa kondenzator dijelimo na tri zone: zonu pregrijavanja, kondenzacije i pothlađivanja. Toplinski učinak kondenzatora ovisi u ukupnoj površini za izmjenu topline, koeficijentu prijelaza topline te razlici temperatura radne tvari koja kondenzira i ogrjevnog medija. S obzirom na ogrjevni medij koji se koristi postoje dvije izvedbe kondenzatora za dizalice topline. Vodom hlađeni, kada je ogrjevni medij voda (sustavi toplovodnog grijanja i pripreme potrošne tople vode), te zrakom hlađeni, kada je ogrjevni medij zrak (za sustave toplozračnog grijanja, ventilacije i klimatizacije). S obzirom na konstrukciju u dizalicama topline se koriste pločasti od nehrđajućeg čelika ili s dvostrukom koaksijalnom cijevi od bakra ili legure bakra i nikla.

[3]Plin R407C

5.1.4. Ekspanzijski ventil

Ekspanzijski odnosno prigušni ventil je dio rashladnog sustava dizalice topline u kojem se radnoj tvari u kapljevitom stanju snižava energetska razina odnosno temperatura i tlak na vrijednost na kojoj se omogućava njezino isparavanje na temperaturi koja je niža od temperature posrednog medija. Proces u ekspanzijskom ventilu počinje ulaskom radne tvari u kapljevitom stanju, koja je često i pothlađena. Tada ona ekspandira, uz snižavanje temperature i tlaka do vrijednosti isparavanja s kojima ulazi u isparivač, pri čemu ona djelomično isparava. Istodobno se omogućava prilagodba volumnog protoka radne tvari potrebnom rashladnom učinku isparivača. Tri osnovne izvedbe su jednostavna kapilarna cijev, termostatski ekspanzijski ventili te ekspanzijski ventili s elektroničkim upravljanjem.



Slika 6. Proces rada dizalice topline
Izvor: http://www.mcsolar.hr/toplinske-pumpe.php

Proces rada kompresorske dizalice topline može se podijeliti u četiri osnovna koraka:

1. U isparivaču se radnom mediju, plinu R 407 C, dovodi neprimjetna toplina zemlje, podzemne vode ili zraka, plin se zagrijava na 3 do 7 ºC, isparava te prelazi iz tekućeg u plinovito agregatno stanje.

2. Radni medij potom se komprimira u kompresoru uslijed čega mu raste tlak, a s porastom tlaka i temperatura na 65 ºC. Za taj proces potrebno je 25% dodatne električne energije za rad kompresora.
3. Toplinska energija dobivena komprimiranjem radnog medija izravno se prosljeđuje polaznom vodu sustava grijanja. Radni medij na taj se način pothlađuje, kondenzira te pretvara natrag u tekuće agregatno stanje.
4. Dekomprimiranjem radnog medija u ekspanzijskom ventilu, uslijed naglog pada tlaka, radni medij ponovno se pothlađuje tako da je iznova u stanju primiti dovedenu toplinu okoline.

5.2. Pokazatelji učikovitosti

Osnovni pokazatelj učikovitosti rada dizalice topline za grijanje je COP (coefficient of preformance) on je jednak omjeru toplinske energije koju je dizalica topline dovela nekom prostoru ili mediju i pogonske energije.

$$\text{COP} = \quad \varepsilon_{DT} = \frac{Q_{dov}}{E_{pog}}$$

ε_{DT} - faktor grijanja dizalice topline
Q_{dov} - toplina koja je dovedena nekom prostoru ili mediju
E_{pog} - pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline

Što je COP veći to je sustav s toplinskom crpkom učinkovitiji.
Potreba za električnom energijom ili njen udio u ukupnoj izlaznoj snazi dizalice topline biti će to veća što je:
a) niža temperatura okoline
b) viša izlazna temperatura dizalice topline

SCOP je pokazatelj učikovitosti rada dizalice topline tijekom dulijeg razdoblja, primjer tijekom jedne sezone grijanja.

$$\text{SCOP} = \quad \varepsilon_{DT,sez} = \frac{\sum Q_{dov}}{\sum E_{pog}}$$

$\varepsilon_{DT,sez}$ - sezonski faktor grijanja dizalice topline
$\sum Q_{dov}$ - ukupna toplina koja je dovedena nekom prostoru ili mediju u jednoj sezoni

grijanja

$\sum E_{pog}$ - ukupna pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline tijekom jedne sezone grijanja

EER je osnovni pokazatelj učikovitosti rada dizalice topline prilikom hlađenja. On je jednak omjeru rashladnog učinka koji rashladni uređaj preko isparivača uzima iz prostora ili medija koje treba hladiti i pogonske električne snage za rad kompresora. Što je EER veći to je sustav prilikom hlađenja učikovitiji.

EER = $\varepsilon_{RU} = \frac{Q_{odv}}{E_{pog}}$

ε_{RU} - faktor hlađenja rashladnog uređaja

Q_{odv} - toplina koja je odvedena od nekog prostora ili medija

E_{pog} - pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline

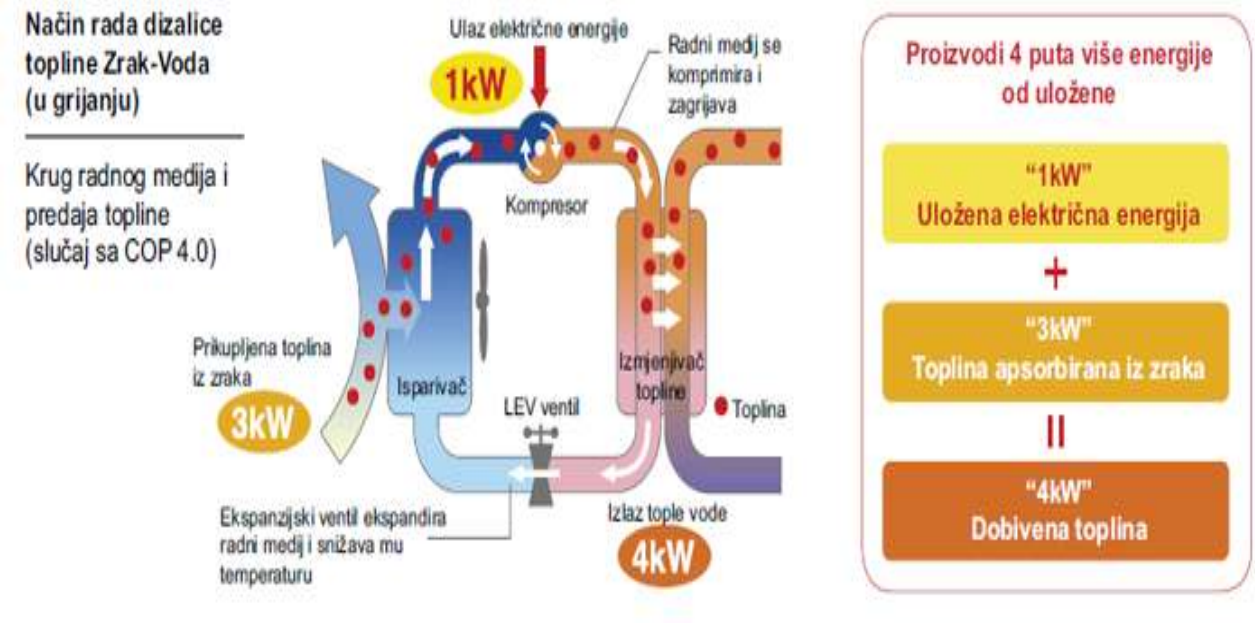
SEER je pokazitelj učikovitosti rada dizalice topline tijekom jedne sezone hlađenja.

SEER = $\varepsilon_{RU,sez} = \frac{\sum Q_{odv}}{\sum E_{pog}}$

$\varepsilon_{RU,sez}$ - sezonski factor hlađenja rashladnog uređaja

$\sum Q_{odv}$ - ukupna toplina koja je odvedena od nekog prostora ili medija u jednoj sezoni hlađenja

$\sum E_{pog}$ - ukupna pogonska energija za ostvarivanje procesa u dizalici topline tijekom jedne sezone grijanja



Slika 7. Krug radnog medija i predaja topline sa COP 4.0

Izvor: http://klima.frigosan.hr/klima-uredjaji/dizalice-topline-mitsubishi-electric/

6. PRIMJENA DIZALICE TOPLINE

6.1. Grijanje s dizalicom topline

Dizalica topline koja iz okoline uzima toplinu za grijanje kuće treba za pogon struju iz električne mreže. No, ono što je najizraženija prednost primjene dizalice topline u odnosu na klasična rješenja sustava grijanja, na svaki utrošeni kilovat električne energije toplinska pumpa proizvede 2, 3 ili čak 4 puta više besplatne toplinske energije što ovakvo grijanje čini vrlo isplativim. Kakav će biti ovaj omjer, između ostaloga, ovisi o:

- izvoru topline iz okoline
- radnoj temperaturi
- kvaliteti dizalice topline



Slika 8. Primjena dizalice topline
Izvor: http://deltron.itc.hr/wp-content/uploads/2014/06/versati-ku%C4%87a-2.png

Za izvor topline traži se da tijekom sezone korištenja dizalice topline imaju što višu temperaturu konstantne vrijednosti. Primjer voda temperature 12ºC bolja je od vode 9ºC, voda temperature 10ºC bolja je od zemlje 5ºC, otpadni zrak iz nekog tehnološkog procesa konstantne temperature bolji je od okolnog zraka promjenjive

vrijednosti temperature. Što je viša temperatura izvora to će dizalice topline koristiti manje električne energije. Odabir koji će se izvor upotrijebiti ovisit će o njegovoj trajnoj raspoloživosti, tehničkim mogućnostima korištenja, nastalim troškovima njegove primjene. Kada se govori o radnoj temperaturi dizalice topline pri tome se misli na polaznu temperaturu ogrjevne vode za sustav grijanja. Ako toplinska pumpa mora raditi sa što višom izlaznom temperaturom to će trošiti i više električne energije. Dizalice topline za razliku od kotlova ne mogu dati prevelike izlazne temperature. One se kreću do maksimalno 55-65ºC ovisno o tipu dizalice topline. Temperatura ogrjevne vode za sustav grijanja ovisi o temperaturi okolnog zraka. Što je vani hladnije potrebno je s većom temperaturom ići u ogrjevna tijela i obrnuto. Međutim promatrajući jednu sezonu grijanja, zahtjevi za visokim temperaturama zapravo su vrlo rijetki tako da dizalica topline dosta svoga radnog vremena provede u nisko-temperaturnom režimu što je sa stanovišta troškova povoljno. Ako je sustav grijanja izveden tako da i kod najhladnijih dana polazna temperatura za ogrjevna tijela nije veća od 55ºC tada toplinska pumpa može pokriti ukupne potrebe za toplinom sustava sa podnim grijanjem. Kod zahtjeva za temperaturama višim od 55ºC za radijatorski sustav dizalicu topline potrebno je kombinirati sa dodatnim proizvođačem topline kao što su uljni kotao, zidni plinski uređaj ili dodatni električni grijač. U ovoj kombinaciji kotao ispunjava vršne potrebe za toplinom, a dizalica topline je opet glavni proizvođač topline, a ujedno i najveći "štediša" osnovnog pogonskog enegenta.

6.2. Pripreme sanitarne vode s dizalicom topline

Osim za grijanje prostora, dizalice topline koriste se i za pripremu sanitarne vode. Sanitarna voda priprema se u akumulacijskim spremnicima koji su nešto većeg volumena i veće površine ogrjevne spirale iz razloga kako ne bi dolazilo do prečestog uključivanja/isključivanja kompresora. Spremnici su nešto većeg volumena iz razloga što se sanitarna voda priprema u noćnom režimu dok je povoljnija električna struja u količini ukupne dnevne potrošnje.

6.3. Hlađenje s dizalicom topline

Dizalica topline osim za grijanje može se u ljetnim mjesecima koristiti i za hlađenje prostora. Hlađenje je obrnuti postupak rada od grijanja dizalicom topline - princip rada kuhinjskog hladnjaka ili klima uređaja. Hlađenje s dizalicama topline moguće je ostvariti samo s određenim modelima. U osnovi se razlikuje aktivno i pasivno hlađenje. Dizalice topline s aktivnim hlađenjem najsličnije su klima uređajima. Najviše su korištene u izvedbi na zrak, a tijekom hlađenja dolazi do potrošnje električne energije za pogon kompresora.

Ljeti su temperature unutar boravišnog prostora u pravilu više nego u zemlji ili podzemnim vodama. U tom slučaju mogu se niže temperature zemlje odnosno podzemnih voda koje zimi služe kao izvor topline, iskoristiti za izravno prirodno (pasivno) hlađenje boravišnog prostora. Zbog visokih vanjskih temperatura ljeti, zrak nije pogodan izvor. Kako se kod ove vrste hlađenja ne koristi kompresor troškovi korištenja električne energije su minimalni. Pasivnim hlađenjem općenito se ne može ostvariti isti rashladni učinak kao kod aktivnog hlađenja tako da je ovaj sustav efikasan kod manjih zahtjeva za hlađenjem. Učinak hlađenja ovisan je o veličini izvora topline i njegovoj temperaturi koja može biti podvrgnuta oscilacijama ovisno o godišnjem dobu. Najbolje rezultate kod prirodnog hlađenja daju podzemne vode kod kojih je približno konstantna temperatura tijekom cijele godine, a kreće se 8 - 12ºC.

Većina suvremenih dizalica topline ima funkciju prirodnog hlađenja. Kod dizalica sa prirodnim hlađenjem istovremeno se u ljetnim mjesecima može ostvariti i priprema sanitarne vode. Za aktivno i pasivno hlađenje pogodni su sljedeći sustavi: fenkojleri, rashladni stropovi i podno grijanje.

7. TOPLINSKI IZVORI

Za učinkovitost dizalice topline je od velike važnosti izvor topline kojim se koristi, odnosno njegove karakteristike. Savršeni izvor topline za dizalice bi trebao imati visoku i stabilnu temperaturu tijekom sezone grijanja, postojati u izobilju i biti lako dostupan, biti nezagađen, imati povoljna termofizička svojstva, a njegovo iskorištavanje ne bi smijelo zahtijevati velika ulaganja i operativne troškove. Najčešće dostupnost izvora topline određuje način na koji će se iskoristiti, a niti jedan od izvora nije savršen. Neki su pogodni za grijanje i hlađenje domova, dok su neki gotovo isključivo iskoristivi za industrijske pogone.

Najčešće se za izvor topline dizalice koriste:

- zrak
- voda
- zemlja

7.1. Zrak

Zrak iz okoliša je besplatan i široko dostupan, a ujedno je i najčešći izvor topline za dizalice. Zračne dizalice topline postižu za 10-30% manju sezonsku učinkovitost nego dizalice topline koje koriste vodu. Ponajviše je to tako zbog preniskih temperatura u određenim razdobljima, odnosno zbog prevelikih temperaturnih razlika, što utječe na povećanje potrebne energije za optimalno funkcioniranje. Najveća prednost zraka iz okoliša je to što ga dizalice topline mogu najjednostavnije koristiti, a za to je potreban samo ventilator koji radi na struju. No zrak ima znatno manji toplinski kapacitet u usporedbi s vodom, što znači da može primiti manje energije. Dizalice topline na zrak je preporučljivo koristiti u krajevima gdje prevladava blaža klima, odnosno gdje temperature ne padaju prenisko, iako su novije generacije dizalica topline konstruirane tako da mogu raditi do temperature -25 °C, opremljene su i sustavom protiv zamrzavanja, nisu pogodne za krajeve gdje dugo vremena prevladavaju hladnije temperature zbog smanjenog COP-a što znači da su pogonski troškovi dizalice topline znatnije povećani. Preporučuje ih se za ugradnju

gdje vlada pretežno mediteranska klima gdje one postižu COP do 5 što znači da su pogonski troškovi niži i samim time je vrijeme isplativosti ugradnje dizalice topline na zrak kraće.



Slika 9. Primjer dizalice topline na zrak

Izvor: http://www.toplinskepumpe.com/2011/04/sto-sve-moze-biti-izvor-topline/

Ispušni zrak (ventilacija) je često korišten izvor topline za dizalice u stambenim i poslovnim zgradama. Dizalica uzima toplinu iz ventilacijskog zraka te je prebacuje u prostor, odnosno koristi za grijanje vode. Tijekom sezone grijanja, neophodan je neprekidan proces ventilacije kako bi se osigurao konstantan izvor topline. Postoje i određeni modeli dizalica topline koje imaju mogućnost korištenja i ispušnog zraka i zraka iz okoliša.

7.2. Voda

Kada se govori o vodi kao izvoru topline za pogon dizalica topline, pri tome se misli na iskorištavanje energije podzemnih voda kao najčešći izbor. Podzemne se vode obično ne nalaze na prevelikim dubinama i ne bi trebao biti veliki problem doći do njih. Temperatura podzemnih voda približno je konstantna tijekom cijele godine i kreće se od 8 - 12ºC. Ovakva stalna i relativno visoka temperatura izvora omogućava dizalicama topline koje koriste vodu kao izvor topline, rad s najvećim koeficijentom učinka, što nije slučaj kod zemlje i zraka. Sustav se sastoji od dva bunara upojnog i usisnog. Iz usisnog se bunara pomoću dubinske pumpe crpi voda i transportira do dizalice topline, a zatim se kroz drugu cijev odvodi u drugi upojni bunar. Usisni bunar ne bi trebao biti dubine veće od 20 m jer s većom dubinom rastu troškovi električne energije za pogon dubinske pumpe. Voda koja se odvodi u upojni bunar temperature je između 5 -7ºC, niže je vrijednosti od vode koja se crpi. Kako zbog ovog ne bi došlo do pada temperature na usisu, bunare je potrebno razmaknuti na što veću udaljenost, najmanje 5 m. Upojni bunar može se i izbjeći pa se u tom slučaju voda odvodi u kanalizaciju. Ova varijanta se ne preporučuje jer se osiromašuje podzemni vodeni tok.

Rijeke i jezera su u principu dobri izvori topline, ali im je glavni nedostatak niska temperatura zimi, blizu 0°C. To predstavlja veliki izazov u instaliranju sustava dizalice topline, jer se teško izbjegava zamrzavanje isparivača pumpe.

Morska voda u određenim okolnostima također može biti odličan izvor topline, a uglavnom se koristi za srednje i velike sustave dizalica topline. Na dubini između 25 i 50 metara, temperatura mora je konstantna (5-8°C), a formacije leda ne predstavljaju problem zbog potrebne točke smrzavanja. Mogu se koristiti i direktni sustavi i rasolni sustavi[4]. Pri tome je važno koristiti izmjenjivače topline i pumpe od nehrđajućih materijala, kako bi se osigurala trajnost komponenti, a i kako bi se onemogućilo zagađivanje vode. Tehnološka voda se također može koristiti za pogon dizalica topline. Pri tome mora biti određene kvalitete, količine i maksimalne temperature do 25 C. Otpadne vode i kanalizacija imaju karakterstično visoku i konstantnu temperaturu kroz cijelu godinu. Kao izvori topline se mogu koristi kanalizacijski odvodi (filtrirana i nefiltrirana otpadna voda), industrijski odvodi, voda za hlađenje u industrijskim procesima ili u proizvodnji električne energije ili kondenzirana

[4] Rasolina je mješavina soli i vode

toplina iz rashladnih postrojenja. Najveća ograničenja za korištenje kod stambenih i poslovnih zgrada je udaljenost od korisnika, te promijenjiva dostupnost toka topline iz otpadnih voda. No, ovaj oblik izvora topline je savršen za industrijske dizalice topline, jer omogućava znatnu uštedu energije.

Sustavi s vodom najučinkovitiji su i izuzetno su pogodni za pasivno hlađenje, ne traže velika ulaganja. Određeno ograničenje može biti birokracija, dobivanje vodopravnih uvjeta za korištenje podzemnih voda, a isto tako ovaj sustav traži konstantno održavanje međuizmjenjivača te godišnju provjeru i čišćenje.



Slika 10. Primjer dizalice topline na vodu

Izvor: http://www.toplinskepumpe.com/2011/04/sto-sve-moze-biti-izvor-topline/

Okvirni proračun:

Zadano:

P = 15 kwh potrebna snaga za grijanje objekta

e = 0,25 udio el. snage za pogon kompresora dizalice topline (cca 25 %)

Q - jedinični protok dubinske crpke, $Q \approx 300\ l/h\ po\ kwh$

Potreban stalni protok vode:

$V = P \cdot (1 - e) \cdot Q$

$V\ = 15 \cdot (1 - 0{,}25) \cdot 300 = 3375 l/h$

7.3. Zemlja

Dizalica topline zemlja/voda za svoj se rad koristi toplinom zemlje. Zemlja je vrlo dobar spremnik Sunčeve energije budući da su temperature na dubini od oko 1,2-1,5 metara tijekom čitave godine relativno stalne i kreću se između 5 °C i 15 °C. Putem horizontalno postavljenih zemljanih kolektora ili putem vertikalnih dubinskih sondi, akumulirana toplina zemlje se putem rasoline prenosi do isparivača dizalice topline. Količina akumulirane i predane topline u najvećoj mjeri ovise o termofizikalnim svojstvima tla.

Za iskorištavanje topline tla postoje dvije osnovne izvedbe izmjenjivača:

- podzemni toplinski kolektor
- podzemne toplinske sonde

7.3.1. Zemljani kolektor

Korištenjem podzemnih toplinskih kolektora mora se voditi računa o veličini kolektorskih polja, a osnovna vrijednost za dimenzioniranje kolektorskog polja je snaga dizalice topline. Prosječna proračunska vrijednost uzima se 25w/m2, odnosno to znači da je za izgradnju kolektorskog polja potrebna velika površina zemlje.

Podzemni kolektor sastoji se od sustava cijevi koji se polaže na dubini koje su adekvatne za određeno klimatsko područje 1,2 do 1,5 metara dubine. Na toj dubini tijekom cijele godine vlada relativno konstantna temperatura od 5 °C do 15 °C.

Razmak polaganja cijevi ovisi o promjeru cijevi i kreće se u rasponu od 40 - 70 cm. Položene cijevi se prije zatrpavanja provjeravaju tlačnom probom. U cijevi se

stavlja mješavina glikola[5] i vode kao zaštita od smrzavanja. Naime, tijekom rada sustava mogu se očekivati temperature medija u cijevima i ispod 0ºC. Nakon što se napune medijem i stave pod pritisak, cijevi se zatrpavaju zemljom. U slučaju prisutnosti oštrog kamenja u zemlji poželjno je prije zatrpavanja cijevi prekriti tanjim slojem pijeska debljine 10 - 15 cm. Polazni i povratni krajevi cijevi spajaju se na zajednički razdjelnik i sabirnik koji se nalazi u ukopanom šahtu kojeg je najbolje postaviti u iskopani bazen. Od šahta do toplinske stanice gdje se nalazi dizalica topline radi se iskop kanala također na dubinu 1,2 - 1,5 m i u njega se polažu dvije napojne polietilenske cijevi. Prijenos topline od zemlje do dizalice topline obavlja se cirkulacijom medija kroz cijevi pomoću cirkulacijske pumpe koja se nalazi u toplinskoj stanici. Površina ispod koje su položene cijevi ne smije se asfaltirati. Poželjno je da u potpunosti bude izložena utjecaju Sunca i oborina. Sustav sa zemljanim kolektorom jedan je od najčešće korištenih sustava. Garantira stabilno oduzimanje topline iz zemlje i ne traži prevelika ulaganja. Kao mogući nedostaci su ograničenja u raspoloživoj površini zemlje i smanjen učinak kod pasivnog hlađenja.

[5] koristi se protiv smrzavanja svih otvorenih i zatvorenih sistema za centralno grijanje i solarne ćelije



Slika 11. Primjer dizalice topline zemljanim kolektorom

Izvor: http://www.toplinskepumpe.com/2011/04/sto-sve-moze-biti-izvor-topline/

Okvirni proračun:

Zadano:

P = 15 kwh potrebna snaga za grijanje objekta

e = 0,25 udio el. snage za pogon kompresora dizalice topline (cca 25 %)

$q =$ specifično odvajanje zemlje, $q \approx 0{,}025\ kwh/m^2$

Potrebna raspoloživa površina zemlje:

$A = P \cdot (1 - e) \div q$

$A = 15 \cdot (1 - 0{,}25) \div 0{,}025 = 450 m^2$

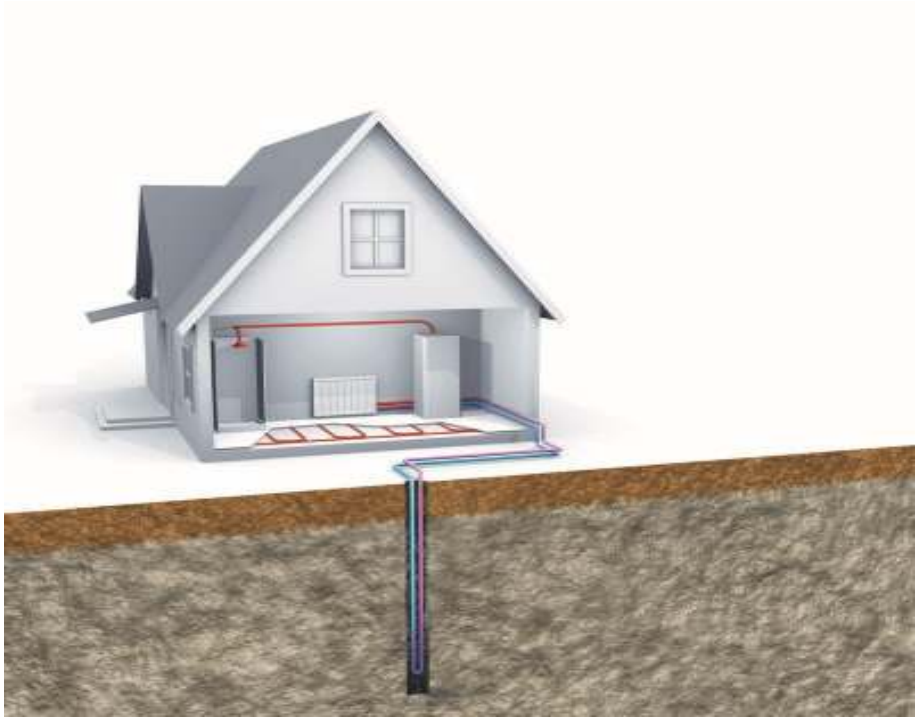
7.3.2. Zemljana sonda

Pomoću zemljane sonde oduzima se energija iz zemlje iz većih dubina. Kod ovog sustava primarni je toplinski tok zemljane kore, a ne direktno sunčevo zračenja kao kod zemljanih kolektora. Na ovaj način dobiva se približno konstantna temperatura izvora kroz cijelu godinu.

Kod sustava sa sondama izvode se dubinska bušenja na dubine 60 - 100 m, a u bušotinu se kao i kod zemljanih kolektora polaže najčešće polietilenske cijevi. Promjer bušenja ovisi o sastavu tla i promjera cijevi, a najčešće se kreće u rasponu od 140 - 165 mm. Cijevi su dvostruke polietilenske U-cijevi posebno napravljene za ovu namjenu, promjera 32 ili 40 mm. Toplina koju zemlja predaje na sondu ovisna je o sastavu zemlje. Prosječni godišnji toplinski učinak kreće se od 35 - 100 W/m.

Kao okvirna proračunska veličina može se uzeti 50 W/m. Na osnovu ovog podatka može se izračunati ukupna dužina bušenja ili broj bušotina. Razmak između bušotina ne bi smio biti manji od 6 m. U cijevi se stavlja mješavina etylenglikola i vode kao osiguranje od preniskih temperatura u sondi. Međuprostor bušotine i cijevi ispunjava se suspenzijom bentonit+cement+voda prema točno određenoj recepturi. Punjenje suspenzijom potrebno je kako bi se ostvario kvalitetni prijenos topline od zemlje na sondu. Bušotine se međusobno povezuju u zajedničkom šahtu koji se nalazi u neposrednoj blizini toplinske stanice. Prijenos topline od zemlje do dizalice topline obavlja se cirkulacijom medija kroz sonde pomoću cirkulacijske pumpe koja se nalazi u toplinskoj stanici. Sustav sa zemljanim sondama ne traži veliku raspoloživu površinu.

Sustav sa dubinskim sondama je stabilan i kao takav najčešće je korišten u Europi. Osnovno i jedino ograničenje primjene je povećano početno ulaganje. Najveća investicija je bušenje, ono se u Hrvatskoj kreće u rasponu od 350-450 kn/m. Dubinske sonde imaju vijek trajanja 100 i više godina, a kod procjene ulaganju i ovo može biti jedan od odlučujućih faktora. Toplinska pumpa nema nusprodukte svoga rada i time je ekološki u potpunosti prihvatljiva te ne zahtjeva dimnjak.



Slika 12. Primjer dizalice topline sa zemljanom sondom
Izvor: http://www.toplinskepumpe.com/2011/04/sto-sve-moze-biti-izvor-topline/

Okvirni proračun:
Zadano:

P = 15 kwh potrebna snaga za grijanje objekta

e = 0,25 udio el. snage za pogon kompresora dizalice topline (cca 25 %)

$q =$ specifično odvajanje zemlje, $q \approx 0{,}050\ kwh/m'$

Potrebna dubina bušenja sonde:

$$L = P \cdot (1 - e) \div q$$

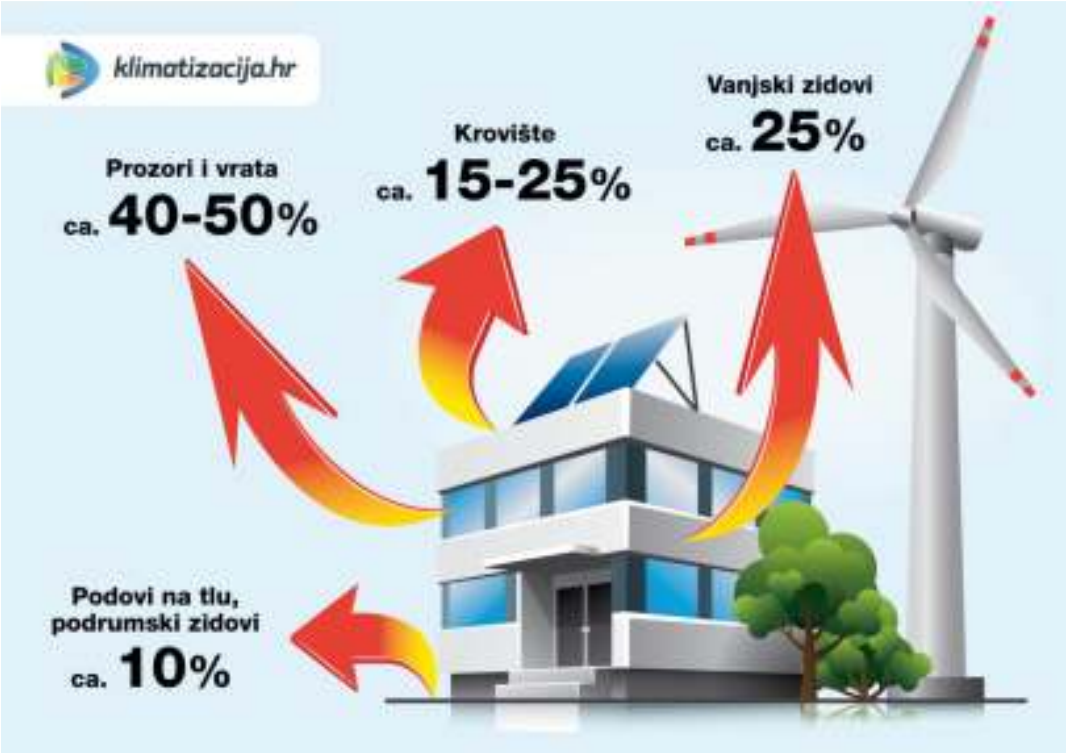
$$L = 15 \cdot (1 - 0{,}25) \div 0{,}050 = 225\ m'$$

8. DIMENZIONIRANJE I ODABIR DIZALICE TOPLINE

8.1. Dimenzioniranje

Najvažniji dio pri odabiru dizalice topline je dimenzioniranje i projektiranje sustava grijanja i hlađenja za pojedinu stambenu jedinicu. Izuzetno je važno da se i prilikom samog projektiranja zgrade uzme u obzir niz faktora koji uvelike mogu smanjiti potrebu za energijom. Projektiranjem same zgrade treba obratiti pozornost na:

- položaj zgrade i razvrstavanje prostorija u zgradi
- vanjska stolarija
- izolacije zgrade

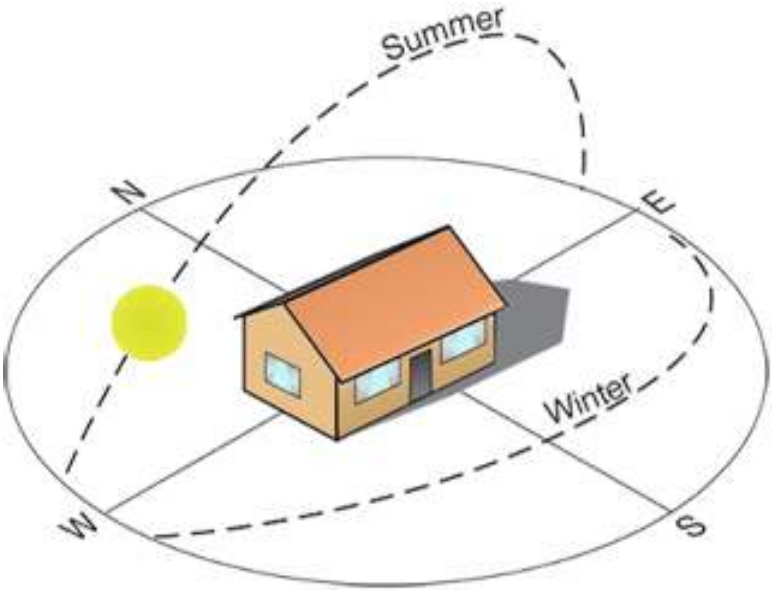


Slika 13. Gubici energije u zgradama

Izvor: http://www.klimatizacija.hr/novosti/14-kuca-zubadan---izolacija-zidova-i-krova/

8.1.1. Položaj zgrade

Položaj zgrade se u pravilu orijentira prema jugu**,** također preporučljivo je obratiti pažnju na povišen teren, visoke građevine, gusto zimzeleno drveće I slične barijere koje bi mogle biti prepreka prolasku sunčevih zraka. Značajan dio energije za grijanje zgrada dobiva se insolacijom[6], tako da je jako bitno da su prostorije u kojima dnevno najviše boravimo najizloženije suncu. Iznimno je korisno da je jedna strana krova okrenuta prema jugu zbog solarnih kolektora. Također, na južno pročelje postavljaju se veliki prozori kako bi se maksimizirali dobici sunčeva zračenja. Iznad južnih prozora postavlja se mudro projektirano sjenilo koje štiti od visokog ljetnog sunca, a dopušta ulaz sunčevih zraka zimi, kada je sunce na horizontu niže. Prozori prema sjeveru u načelu su manjeg opsega.



Slika 14. Položaj ulaza sunčevih zraka ljeti i zimi

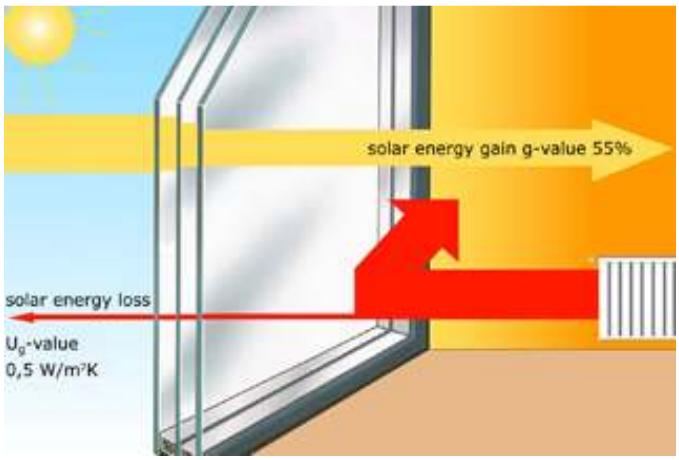
Izvor:http://www.pasivnakuca.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=4

8.1.2. Vanjska stolarija

Kvalitetna vanjska stolarija doprinosi smanjenju gubitka energije iz ovojnice zgrade. Obično se kombinira trostruko low-e staklo punjeno inertnim plinom sa

[6] Insolacija je količina energije što je prima Zemlja sa sunčevim zrakama

zračnim začepljenjem i sa specijalno razvijenim termički lomljenim prozorskim okvirima. Prozori zgrade moraju biti dobro brtvljeni da je nekontrolirani prolaz zraka između dva profila sveden na minimum. Istovremeno, takvi prozori propuštaju sunčeve zrake kojima se zimi zagrijava unutrašnjost objekta, što je u dobro izoliranim građevinama iznimno značajan i besplatan dobitak toplinske energije. Prozori i vanjski zid igraju veliku ulogu u toplinskim gubicima zgrade jer zajedno čine preko 70 posto ukupnih toplinskih gubitaka kroz ovojnicu zgrade.



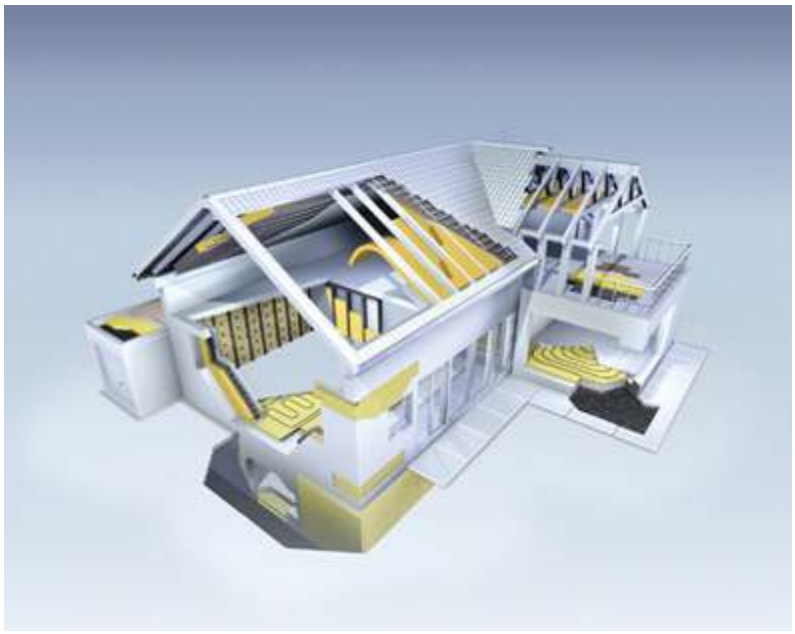
Slika 15. Trostruko low-e staklo

Izvor:http://www.pasivnakuca.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=7&Itemid=4

8.1.3. Izolacija zgrade

Adekvatnom izolacijom zgrade značajno se smanjuje gubitak topline kroz zidove, krov i pod. Može se koristiti široki izbor materijala za toplinsku izolaciju kako bi se postigla potrebna visina R vrijednosti[7], niske U-vrijednosti[8]. Posebnu pažnju treba predati uklanjanju toplinskih mostova. Poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade moguće je značajno postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine.

[7] Toplinski otpor (oznaka: R) izražava otpor materijala prolasku topline
[8] Koeficijent prolaska topline (oznaka: *U*).



Slika 16. Izolacija zgrade

Izvor:http://www.ursa.com.hr/hr-hr/pasivna-gradnja/stranice/kako-do-energetski-stedljivog-objekta.aspx

8.1.4. Primjer određivanje toplinskog opterećenja zgrade

Određivanje toplinskog opterećenja zgrade započinje tehničkim opisom.
Općenito: građevina se nalazi u sv. Lovreču na širem području Poreča. Zgrada je oblikovana kao slobodnostojeća građevina, kuća je zamišljena kao P. U građevini se predviđa grijanje i hlađenje svih unutarnjih korisnih prostorija te grijanje sanitarne potrošne vode. Za predmetnu građevinu predviđeno je grijanje i hlađenje ventilkonvektorima, te ugradnja podnog grijanja u svim prostorijama. Za pripremu potrošne tople vode predviđa se spremnik tipa Multi energy koji služi za pripremu tople sanitarne vode i akumulaciju sistema grijanja.

Temeljem gore navedenih podataka vidljivo je da je sustav kompletne klimatizacije svrstan u jednu cjelinu što uvelike doprinosi smanjenju investicije i daljnjih troškova održavanja te je maksimalno pojednostavljem naprema klasičnim sustavima odvojenog grijanja i hlađenja.

8.1.4.1. Tehnički opis

Lokacija i namjena zgrade: **Lovreč**

Katastarska čestica: **3718/1, K.O. Lovreč**

Ulica, kućni broj: **Lovreč**

Namjena zgrade: **Stambene zgrade grijane na temp. 18 °C ili višu**

Etažnost: **Manje od 3 etaže**

Meteorološki parametri

Meteorološka postaja: **ROVINJ**

Mjesec	Srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka *Θe (°C)*	Srednja vanjska vlaga (%)
siječanj	4,8	81,4
veljača	5,3	78,6
ožujak	7,8	76,0
travanj	11,5	75,1
svibanj	16,1	75,6
lipanj	19,9	72,6
srpanj	22,4	68,9
kolovoz	21,8	72,1
rujan	18,4	77,5
listopad	14,2	78,3
studeni	9,7	80,0
prosinac	6,1	79,3

Tablica 1. Meteorološki podaci

Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Unutarnja projektna temperatura grijanja, Θint,set,H = 20

°C Broj izmjena zraka, n = 0,5 (h^{-1})

Srednja mjesečna temp. vanj. zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade Θe,mj, min= 4,8 °C

Srednja mjesečna temp. vanj. zraka najtoplijeg mjeseca na lokaciji zgrade Θe,mj,max =22,4 °C

Geometrijske karakteristike

Oplošje grijanog dijela zgrade A(m²):	**602,32**
Obujam grijanog dijela zgrade Ve (m³):	**970,00**
Faktor oblika zgrade fo (m^{-1}):	**0,62**
Ploština korisne površine zgrade Ak (m²):	**310,40**
Udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja f (%):	**13,01**

8.1.4.2. Proračun fizikalnih svojstava zgrade glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite

SPECIFIČNI TRANSMISIJSKI TOPLINSKI GUBICI

Gubici kroz vanjske građevne dijelove

Neprozirne plohe vanjskih građevnih dijelova

oznaka	naziv	nagib orijentacija	koef.prol.topl. U (W/m²K)	ploština A (m²)	topl. gubici AU (W/K)
Jugoistočna fasada	Vanjski zid	90, SE	0,27	68	18,22
Jugozapadna fasada	Vanjski zid	90, SW	0,27	55	14,74
Sjeveroistočna fasada	Vanjski zid	90, NE	0,27	119	31,89
Sjeverozapadna fasada	Vanjski zid	90, NW	0,27	119	31,89
Ukupno:				**361**	**96,75**

Tablica 2 . Neprozirne plohe vanjskih građevnih dijelova

Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Prozirne plohe vanjskih građevnih dijelova

oznaka	naziv	nagib orijentac.	koef.prol.topl. U (W/m²K)	ploština A (m²)	toplinski gubici AU (W/K)
Otvori jugoistok	Otvori - PVC okviri	90, SE	1,02	5	5,1
Otvori jugozapad	Otvori - PVC okviri	90, SW	1,02	2	2,04
Otvori sjeveroistok	Otvori - PVC okviri	90, NE	1,02	11	11,22
Otvori sjeverozapad	Otvori - PVC okviri	90, NW	1,02	36	36,72
Ukupno:				**54**	**55,08**

Tablica 3. Prozirne plohe vanjskih građevnih dijelova
Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Napomena: Umjesto točnog proračuna prema normama, utjecaj toplinskih mostova uzet je u obzir povećanjem koeficijenta prolaska topline. U svakog građevnog dijela oplošja grijanog dijela zgrade za ΔUtm=0,05 W/m2K.

Koeficijent izravnog toplinskog povezivanja između grijanog i vanjskog prostora preko omotača zgrade HD

HD = ΣAi(Ui+ΔUtm) = 151,83
W/K

Gdje znači: ΣAiUi - toplinski gubici kroz ravne dijelove omotača zgrade

Koeficijent toplinskog gubitka kroz tlo u stacionarnom stanju Hg

naziv	ploština poda A (m2)	izložen opseg P (m)	toplinski gubici Hg (W/K)
Pod na tlu	165,00	62,00	20,55
Ukupno:	**165,00**		**20,55**

Tablica 4. Koeficijent toplinskog gubitka kroz tlo
Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem Hve

naziv	Obujam grijanog zraka V (m^3)	Broj izmjena zraka n (h^{-1})	toplinski gubici Hve (W/K)
Prirodno provjetravanje	737,20	0,50	125,32
Ukupno:			**125,32**

Tablica 5. Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem

Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka Htr

HT = HD + Hg + Hu + Hus + ΔHt = 151,83 + 20,55 + 0,00 + 0,00 + 0,00 = 172,37 W/K

Specifični transmisijski toplinski gubitak po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H'tr,adj

H'tr,adj = Htr,adj/A = 172,37/602,32 = 0,29 W/(m²K)

Gdje znači: A - Oplošje grijanog dijela zgrade

Max. specifični transmisijski topl. gubitak po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H'tr,adj,max

H'tmax =0,45 + 0,15/fo = 0,45 + 0,15/0,62 = 0,69

Koeficijent ukupnih toplinskih gubitaka H

H = Htr + Hve = 172,37 + 125,32 = 297,70 (W/K)

Gdje znači: Qi - srednja temperatura unutrašnjeg zraka za odabrani mjesec (°C) Qe - srednja temperatura vanjskog zraka za odabrani mjesec (°C)

t - trajanje proračunskog razdoblja (odabranog mjeseca) (h)

TOPLINSKI DOBICI

Unutarnji toplinski dobici

Unutarnji dobici topline, Qint, računaju se s vrijednosti 5W/m2 ploštine korisne površine zgrade za svaki mjesec:

Qint = 5(W/m2) AK(m2) t(h) = 5 (W/m2) 310,40 t (h)

Gubici topline Ql računaju se za svaki mjesec prema izrazu: Ql = H(Qi - Qe)t (Wh)

Toplinski dobici od sunca, Qsol

oznaka	ploština A (m²)	nagib orijentac	napr. za zašt. od sunč. zrač. Fc	sjenče-nost Fs	faktor okvira Ff	propuštanja energ. ostaklj. g	efektivna ploština Aef=gAFcFsFf
Otvori jugoistok	5	90, SE	1,00	1,00	0,70	0,55	1,93
Otvori jugozapad	2	90, SW	1,00	1,00	0,70	0,55	0,77
Otvori sjeveroistok	11	90, NE	1,00	1,00	0,70	0,55	4,24
Otvori sjeverozapad	36	90, NW	1,00	1,00	0,70	0,55	13,86

Tablica 6. Toplinski dobici od sunca

Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

POTREBNA TOPLINA ZA GRIJANJE ZGRADE

Efektivni toplinski kapacitet: C = 50 Ve = 50 970,00 = 48.500,00 (Wh/m³K) Vremenska konstanta zgrade: τ = Cm/H = 48.500 /297,70 = 162,92 (h)

Omjer između dobitaka i gubitaka topline: γ = Qgn/Qht

Stupanj iskorištenja dobitaka: η = (1- γa)/(1- γa+1)

za γ<>1 η = a/(a+1) za γ=1

Gdje znači: a = ao + T/ To, ao=1, To=16

	mjesec	unutrašnji dobici QH,int (MJ)	solarni dobici QH,sol (MJ)	ukupni dobici QH,gn=QH,int +QH,sol (MJ)	ukupni gubici QH,ht (MJ)	dob/gub γH=QH,gn/ QH,ht	koris. dobitaka ηH,gn	QH,nd=alfaH,red(QH,ht-ηQH,gn) (MJ)
1	siječanj	4.157	1.517	5.674	12.120	0,47	1	**6.446**
2	veljača	3.755	2.198	5.953	10.587	0,56	1	**4.637**
3	ožujak	4.157	3.323	7.480	9.728	0,77	0,99	**2.328**
4	travanj	4.023	4.664	8.687	6.559	1,32	0,75	**39**
5	svibanj	4.157	6.839	10.996	3.110	3,54	0,28	**3**
6	lipanj	4.023	7.543	11.566	77	149,89	0,01	**0**
7	srpanj	4.157	7.570	11.727	-1.914	-6,13	-0,16	**0**
8	kolovoz	4.157	5.708	9.865	-1.435	-6,87	-0,15	**1**
9	rujan	4.023	3.586	7.609	1.235	6,16	0,16	**0**
10	listopad	4.157	2.735	6.892	4.625	1,49	0,67	**13**
11	studeni	4.023	1.666	5.689	7.948	0,72	0,99	**2.292**
12	prosinac	4.157	1.331	5.488	11.083	0,5	1	**5.596**
Suma ili prosjek:		**49.946**	**48.680**	**97.626**	**63.723**	**12,70**	**0,55**	**21.354**

Tablica 7. Potrebna toplina za grijanje zgrade

Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Godišnja potrebna toplina za grijanje QH,nd = 21.354 (MJ) = 5.932 (kwh)

Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade

Q''H,nd = 19,11 (kwh/m²a)

Maksimalna godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade, ovisno o faktoru oblika zgrade fo

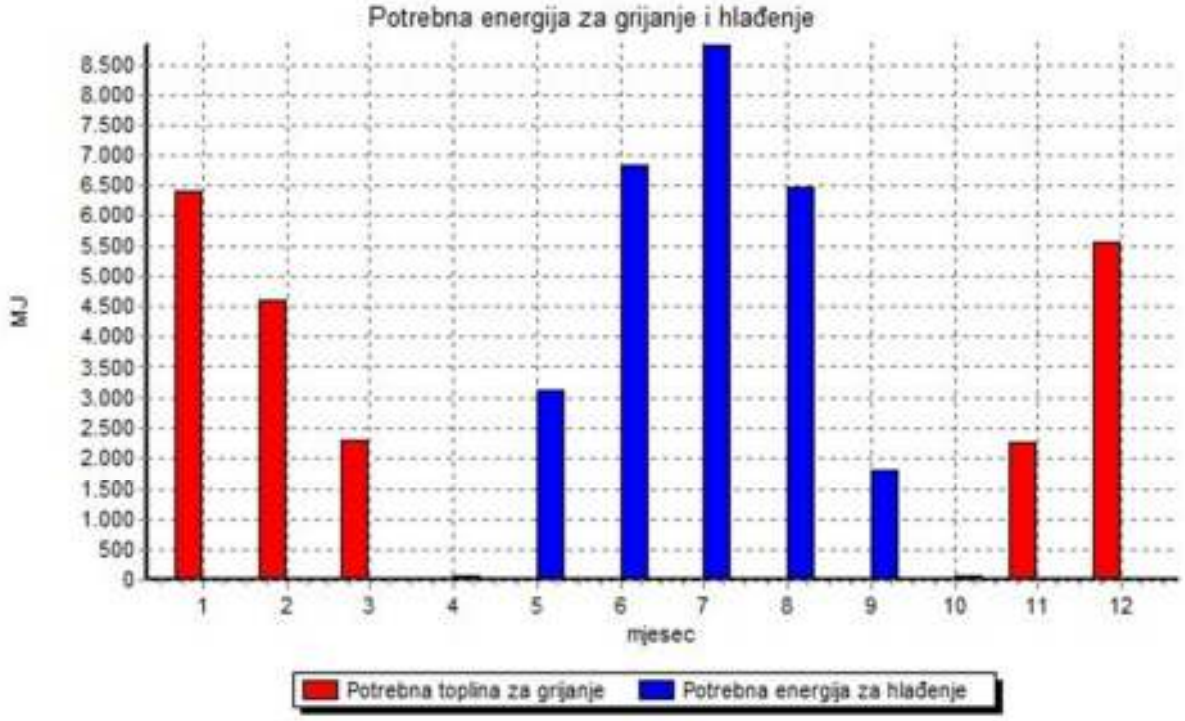
Q''H,nd,dop = 41,03 + 51,41 fo = 72,95 (kwh/m²a)

POTREBNA TOPLINSKA ENERGIJA ZA HLAĐENJE ZGRADE

	mjesec	unutrašnji dobici QC,int (MJ)	solarni dobici QC,sol (MJ)	ukupni dobici QC,gn=QC,int +QC,sol (MJ)	ukupni gubici QC,ht (MJ)	dob/gub γC=QC,gn/QC,ht	koris. dobitaka ηC,gn	QC,nd=alfaC,red(QC,ht-ηQC,gn) (MJ)
1	*siječanj*	*4.157*	*1.517*	*5.674*	*16.904*	*0,34*	*0,34*	***0***
2	*veljača*	*3.755*	*2.198*	*5.953*	*14.908*	*0,4*	*0,4*	***0***
3	*ožujak*	*4.157*	*3.323*	*7.480*	*14.512*	*0,52*	*0,52*	***0***
4	*travanj*	*4.023*	*4.664*	*8.687*	*11.189*	*0,78*	*0,77*	***65***
5	*svibanj*	*4.157*	*6.839*	*10.996*	*7.894*	*1,39*	*0,99*	***3.147***
6	*lipanj*	*4.023*	*7.543*	*11.566*	*4.707*	*2,46*	*1*	***6.859***
7	*srpanj*	*4.157*	*7.570*	*11.727*	*2.870*	*4,09*	*1*	***8.857***
8	*kolovoz*	*4.157*	*5.708*	*9.865*	*3.349*	*2,95*	*1*	***6.516***
9	*rujan*	*4.023*	*3.586*	*7.609*	*5.864*	*1,3*	*0,99*	***1.807***
10	*listopad*	*4.157*	*2.735*	*6.892*	*9.409*	*0,73*	*0,73*	***69***
11	*studeni*	*4.023*	*1.666*	*5.689*	*12.578*	*0,45*	*0,45*	***29***
12	*prosinac*	*4.157*	*1.331*	*5.488*	*15.867*	*0,35*	*0,35*	***0***
Suma ili prosjek:		***48.946***	***48.680***	***97.626***	***120.051***	***1,31***	***0,71***	***27.349***

Tablica 8. Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje QC,nd = 27.346 (MJ) = 7.596 (kwh)

Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće



Grafikon 1. Potrebna energija za grijanje i hlađenje objekta

Izvor: vlastiti izračuni

Iz proračuna fizikalnih svojstava zgrade glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite izračunata je predviđena količina toplinske energije potrebne za grijanje tijekom zimskih mjeseci i hlađenje tijekom ljetnih mjeseci. Na temelju tih podataka kreće se u izbor opreme za zagrijavanje i hlađenje objekta.

Izračunom je predviđeno da je za zagrijavanje potrebno 5.932 (kwh). Ta se brojka prema praksi uvećava za 25% kako uređaj ne bi radio stalno pod opterećenjom od 100% te samim time bio veliki potrošač te kako ne bi dolazilo do učestalih kvarova zbog prevelikog opterećenja uređaja što će u znatnijoj mjeri smanjiti troškove održavanja. Isto tako planira se i zagrijavanje potrošne tople vode (PTV) gdje će biti predviđen spremnik od 160 l. Za zagrijavanje spremnika PTV potrebna su dodatna 3kwh.

Zbrojem svih ovih podataka dolazi se do potrebne snage od 11,165kwh.

U vrijeme ljetnih mjeseci prilikom hlađenja objekta prema izračunu potrebno je 7,546kwh toplinske energije za hlađenje, isto tako tu je brojku potrebno

uvećati za 25% kako sustav ne bi bio preopterećen, pa proizlazi da je potrebna snaga za hlađenje objekta 9,495 kwh.
Nakon izračuna potrebne snage za grijanje i hlađenje, odabire se uređaj koji će zadovoljiti potrebe dobivene u izračunu.



Slika 17. ACV slme 400
Izvor: http://www.vivaco.hu/index.php?page=tarolo-egy-eletre

Odabir dizalice topline

Kako na tržištu ima puno proizvođača dizalica toplina te im kvaliteta uvelike varira treba biti oprezan pri samom odabiru, dakako i cijena je jedan od važnijih elemenata pri samom odabiru. Prijedlog bi bio odabrati uređaj jednog od renomiranih svjetskih proizvođača koji su se dosad pokazali efikasnim i kvalitetnim npr. Viessmann, Mitsubishi electric, Vaillant, Daikin, Toshiba…
Jedan od najbitnijih elemenata pri samom odabiru dizalice topline mora biti blizina i razvijenost servisne mreže te dostupnost rezervnih dijelova.
Izvođač se pri odabiru dizalice topline odlučio za kvalitetan sustav koji uz malu potrošnju električne energije daje veliku izlaznu snagu toplinske energije.
Izabran je uređaj renomiranog svjetskog proizvođača Mitsubishi electric koji se u praksi pokazao jako pouzdanim i kvalitetnim uređajem s razvijenom

servisnom mrežom u blizini, malim troškovima održavanja te velikom iskoristivosti COP 1:4,45 u režimu zagrijavanja i EER 1:4,35 u rezimu hlađenja.

Proizvođač: **MITSUBISHI ELECTRIC**
Tip: **PUHZ-SW100VHA**

- REŽIM GRIJANJA

- apsorbirana snaga: 3,01 kwh / 230 V / 1 faza / 50 Hz
- vanjska temperatura: 7 ^{0}C / voda: 35 ^{0}C
- kapacitet grijanja: 11,20 kwh
- nominala energetska učinkovitost: COP = 4,45
- apsorbirana snaga: 2,52 kwh / 230 V / 1 faza / 50 Hz
- vanjska temperatura: 2 ^{0}C / voda: 35 ^{0}C
- kapacitet grijanja: 10,0 kwh
- nominala energetska učinkovitost: COP = 3,32

- REŽIM HLAĐENJA

- vanjska temperatura: 35 ^{0}C / voda: 7 ^{0}C
- kapacitet hlađenja: 9,10 kwh
- nominala energetska učinkovitost: EER = 2,75
- apsorbirana snaga: 3,31 kwh / 230 V / 1 faza / 50 Hz
- vanjska temperatura: 35 ^{0}C / voda: 18 ^{0}C
- kapacitet hlađenja: 10,0 kwh
- nominala energetska učinkovitost: EER = 4,35
- apsorbirana snaga: 2,30 kwh / 230 V / 1 faza / 50 Hz
- rashladni medij: R410A



Slika 18. PUHZ-SW100VHA
Izvor: http://www.climatisation-lyon-villeurbanne.com/power-inverter-jusqu-a-20c-ext/343-mitsubishi-puhz-sw100vha-ehsc-vm6b-power-inverter-mono.html

Po specifikaciji odabranog uređaja vidljivo je da udovoljava uvjetima proračuna fizikalnih svojstava zgrade glede uštede toplinske energije i toplinske zaštite i kao takav idealan je izbor izvođača.

Kako bi sustav bio efikasniji potrebno je ugraditi akumolacijoni spremnik od 400l koji u sebi već ima intergrirani bojler za pripremu PTV od 164l te primarni spremnik od 219l . Odabran je sustav smart line multi energy 400 radi dodatne uštede jer taj sustav u sebi može apsorbirati u primarnom krugu 25 kwh toplinske energije pa je zamišljeno da sustav radi noću dok je električna energija jeftinija te tako zagrije toplu

vodu kapaciteta 164l te akumulira energiju od 25kwh koja bi trebala biti dovoljna da zadovolji većinu dnevnih potreba za zagrijavanjem prostora i pripreme PTV.

Invensticijski troškovnik dizalice topline s PTV-om

Vanjska jedinica Mitsubishi Electric PUHZ-SW100VHA za grijanje, hlađenje	17.500,00 kn
Hydro Box Mitsubishi Electric ERSC-VM2B za hlađenje, grijanje, ptv	17.300,00 kn
ACV smart line multi energy 400 akumulacija i ptv	16.000,00 kn
Aermec fan coils za hlađenje	20.000,00 kn
Ukupno	70.800,00 kn

Tablica 9. Investicijski troškovnik dizalice topline s PTV-om

Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Iz izračuna troškova vidljivo je da je da su troškovi visoki pa su za realizaciju takvog projekta potrebna velika sredstva. Upravo zbog visokih troškova većina invenstitora odustaje od projekta te se odlučuju za neki drugi izvor energije.
Za izračun podataka pogonskih troškova preuzeta je cijena 1 kwh električne energije na dan 07.06.2015. od društva HEP d.o.o koja iznosi 1,06 kn / kwh

Mjesec	Potrebna energija za grijanje u kwh	Stvarna potrošnja el energije u kwh	Potrošnja za pripremu ptv	Cijena 1 kwh u kunama	Zbroj po mjesecima u kunama
	a	*b*	*c*	*d*	*E*
siječanj	1791	597,00	88,87	1,06	727,02
veljača	1288	429	80,27	1,06	539,83
ožujak	647	215	88,87	1,06	322,10
travanj	11	3,6	86	1,06	94,98
svibanj	1	0,3	88,87	1,06	94,52
lipanj	0	0	86	1,06	91,16
srpanj	0	0	88,87	1,06	94,20
kolovoz	0	0	88,87	1,06	94,20
rujan	0	0	86	1,06	91,16
listopad	3,61	1,2	88,87	1,06	95,47
studeni	637	212	86	1,06	315,88
prosinac	1554	518	88,87	1,06	643,28
Ukupno					**3.203,80**

Tablica 10. Izračun pogonskih troškova dizalicom topline
Izvor: vlastiti izračun

Gdje je:

Stupac $b \rightarrow$ učinkovitost toplinske crpke COP= 3, $b = a \div 3$

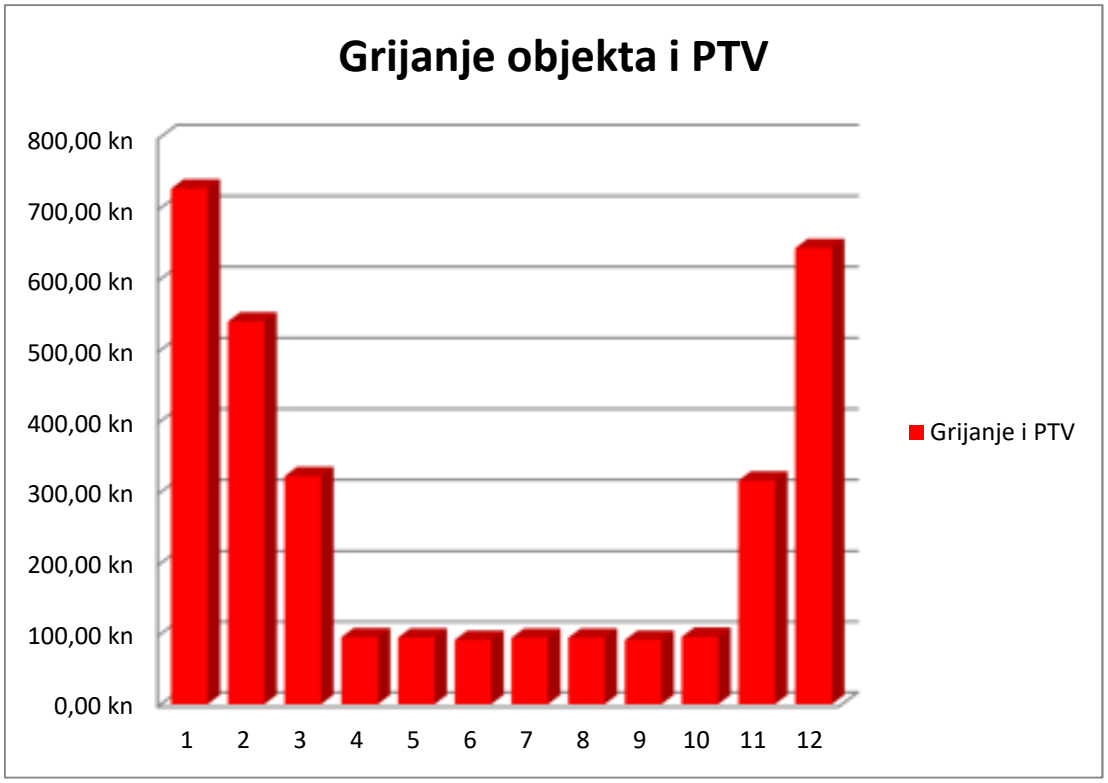
Stupac $e \rightarrow e = b + c \cdot d$

Stupac $c \rightarrow c = \frac{8{,}6 \cdot n_{dana}}{COP}$

Godišnji utrošak energije po trenutnim cijenama el. energije za period grijanja i pripreme PTV iznosi 3.203,80 kn.

Za pripremu PTV u izračun su uključene 4 osobe s dnevnom potrošnjom od 40 litara po osobi što ukupno iznosi 160 litara. Za zagrijavanje takvog bojlera sustavom tank in tank imamo grijače tijelo od 11 kwh koliko može isporučiti dizalica topline. S obzirom

da se radi o takvom sustavu bojlera nema termičkih gubitaka pa se svih 11 kwh koristi za zagrijavanje PTV gdje temperaturna razlika vode od ulaznih 10 stupnjeva na željenih 55 stupnjeva iznosi 45 stupnjeva za što će po izračunu trebati 52 minute. Na temelju tih podataka može se izračunati da će za zagrijavanje PTV od 10 do 55 stupnjeva biti utrošeno 8,6 kwh dnevno. S obzirom da dizalica topline za utrošeni 1 kwh električne energije daje 3 kwh toplinske energije dolazi se do potrošenih 2,86 kwh električne energije dnevno.



Grafikon 2. Grafički prikaz pogonskih troškova grijanja dizalicom topline i priprema PTV-a

Izvor: vlastiti izračuni

Mjesec	Potrebna energija za hlađenje u kwh	Stvarna potrošnja el energije u kwh	Cijena 1 kwh u kunama	Zbroj po mjesecima u kunama
	a	***b***	***c***	***D***
siječanj	0	0	1,06	0,00
veljača	0	0	1,06	0,00
ožujak	0	0	1,06	0,00
travanj	18	6	1,06	6,36
svibanj	874	291	1,06	308,46
lipanj	1903	634	1,06	672,04
srpanj	2458	819	1,06	868,14
kolovoz	1810	603	1,06	639,18
rujan	502	167	1,06	177,02
listopad	19	6	1,06	6,36
studeni	8	3	1,06	3,18
prosinac	0	0	1,06	0,00
Ukupno				**2.680,74**

Tablica 11. Izračun pogonskih troškova hlađenja dizalicom topline

Izvor: vlastiti izračun

Gdje je:

Stupac $b \rightarrow$ učinkovitost toplinske crpke COP= 3, $b = \frac{a}{3}$

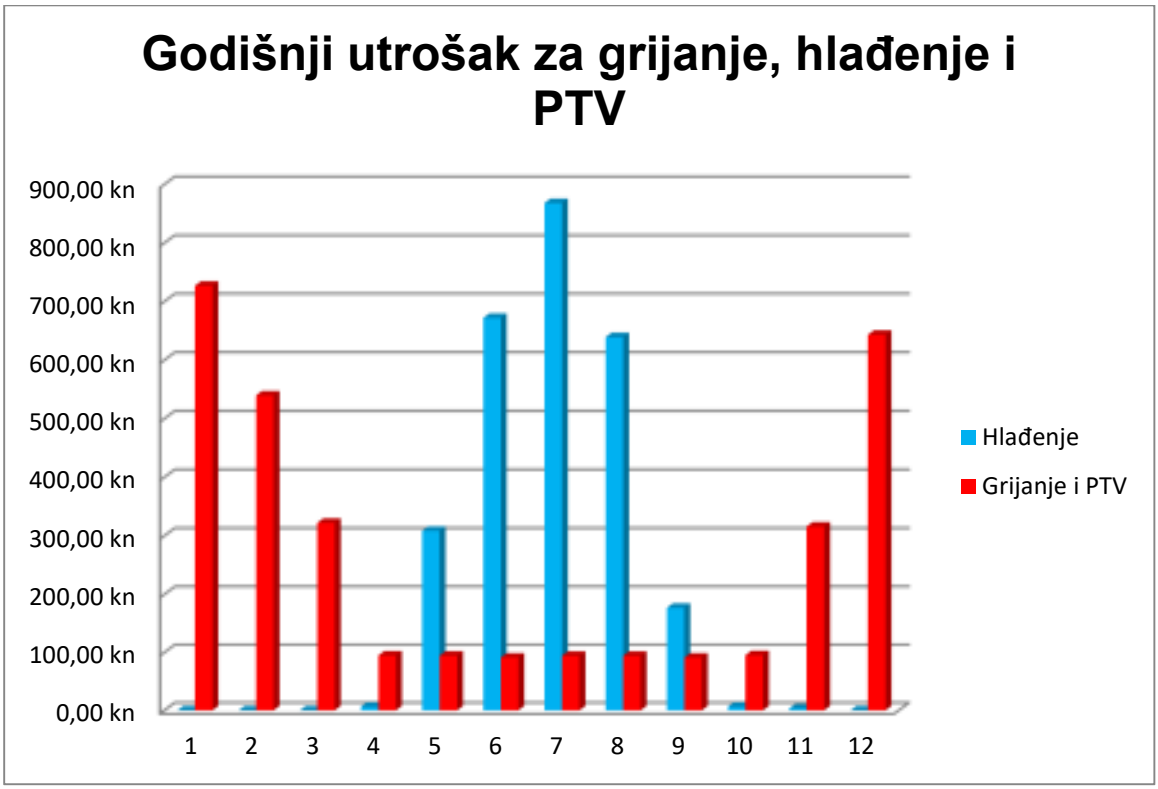
Stupac $d \rightarrow d = b \cdot c$

Godišnja potrošnja električne energije za period hlađenja iznosi 2.680,74 kn.



Grafikon 3. Grafički prikaz pogonskih troškova hlađenja dizalicom topline

Izvor: vlastiti izračuni



Grafikon 4. Grafički prikaz pogonskih troškova grijanja, priprema PTV i hlađenja dizalicom topline
Izvor: vlastiti izračuni

Godišnja potrošnja električne energije za grijanje, hlađenje i pripremu PTV iznosi 5.884,52kn. Na temelju dobivenih podataka invensticija se ipak čini isplativa kroz određeni period. Kako bi se saznalo koliki je period potreban za povrat investicije naspram nekog drugog energenata kreće se u izračun investicije gdje će se za pogon koristiti ekstra lako ulje za zagrijavanje i pripremu PTV i inventerskih klima uređaja za hladenje koje će biti pogonjene električnom energijom.

Invensticijski troškovnik kotlovnice pogonjene ekstra lakim uljem s PTV-om
Proizvođač: Viessmann
Tip: Vitorond 100 F
Snaga: 18 kwh
Normni stupanj iskoristivosti: $\eta_{kot} = 94\%$

Viessmann niskotemperaturni uljni kotao VITOROND 100 F	11.431,00 kn
ACV boiler za pripremu ptv SMART SLE 160	8.664,00 kn
Ukupno	**27.431,00 kn**

Tablica 12. Investicijski troškovnik kotlovnice pogonjene ekstra lakim uljem s PTV-om
Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Iz izračuna investicijskih troškova vidljivo je da su troškovi mali naspram dizalice topline te se većina investitora odlučuje za ugradnju jeftinijih opcija što ujedno ne znači da bi ukupni troškovi kompletne investicije bili tako mali jer se mora uzeti u obzir da uređajima na ekstra lako loživo ulje nije moguće hlađenje objekta pa tu treba dodati investiciju ugradnje klima uređaja za hlađenje kako bi se moglo realno usporediti investicijske troškove za željeni konfor koji smo prilikom projektiranja izabrali.

Za izračun podataka o pogonskim troškovima preuzeta je cijena 1 litre ekstra lakog ulja na dan 07.06.2015 od društva INA d.o.o koja iznosi 5,45 kn / l. Ta je cijena na sljedeći način pretvorena u kn / kwh:

C_{ELU} = cijena 1 l ekstra lakog lož ulja: 5,45 kn

C_{kwh} = cijena energije dobivene iz eksta lakog lož ulja u kn/kwh

E_{ELU} = energetska vrijednost 1l ekstra lakog ulja iznosi: 9,96 kwh

η_{kot} = normni stupanj iskoristivosti kotla 100 – 94 = 6%

Izračun:

$$C_{kwh} = \frac{C_{ELU}}{E_{ELU}} \cdot \eta_{kot}$$

$$C_{kwh} = \frac{5,45}{9,96} \cdot 6\%$$

$C_{kwh} = 0,58$ kn/kwh

Cijenu od 0,55 kn / kwh uvećava se za razliku u normnom stupnju iskoristivosti kotla koja iznosi 6 % pa se dobiva da je cijena kwh = 0,58 kn/kwh

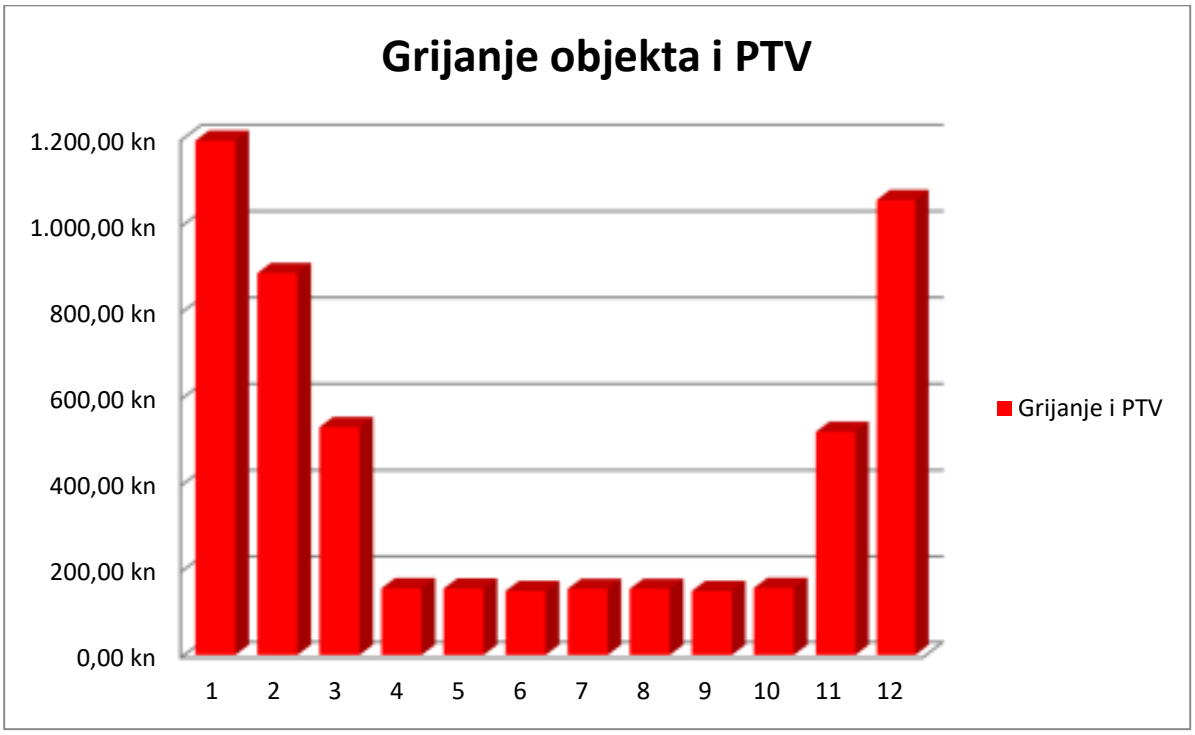
Mjesec	Ukupno potrošnja kwh za grijanje	Potrošnja za pripremu ptv u kwh	Cijena 1 kwh u kunama	Zbroj po mjesecima u kunama
	a	***b***	***c***	***d***
siječanj	1791	266,6	0,58	1.193,40
veljača	1288	240,8	0,58	886,70
ožujak	647	266,6	0,58	529,88
travanj	11	258	0,58	156,02
svibanj	1	266,6	0,58	155,20
lipanj	0	258	0,58	149,64
srpanj	0	266,6	0,58	154,62
kolovoz	0	266,6	0,58	154,62
rujan	0	258	0,58	149,64
listopad	3,61	266,6	0,58	156,72
studeni	637	258	0,58	519,10
prosinac	1554	266,6	0,58	1055,94
Ukupno				**5.261,48**

Stupac $d \rightarrow d = (a + b) \cdot c$

Stupac $b \rightarrow b = 8{,}6 \cdot n_{dana}$

Tablica 13. Izračun pogonskih troškova grijanja i priprema PTV-a kotlom
Izvor: Vlastiti izračun

Godišnji utrošak energije po trenutnim cijenama kwh za period grijanja i pripreme PTV iznosi 5261,48 kn. Za zagrijavanje PTV potrebno je 8,6 kwh na temelju potrošnje od 160l tople vode dnevno.



Grafikon 5. Grafički prikaz pogonskih troškova kotlom
Izvor: vlastiti izračuni

Na temelju analize dobivenih podataka može se zaključiti da su troškovi za zagrijavanje objekta i pripremu PTV pogonjeni s dizalicom topline isplativiji na godišnjoj razini od pogona s kotlom na ekstra lako ulje za 2.057,68 kn.

8.1.4.3. Izračun investicije odvojenog hlađenja klima uređajima

Za hlađenje je odabran Mitsubishi klima uređaj s mogučnošću spajanja 6 unutarnjih jedinica koliko je potrebno za hlađenje objekta.

Proizvođač: Mitsubishi electric
Vanjska jedinica: **MITSUBISHI ELECTRIC MXZ-6C122VA**
Učin hlađenja: 3,5 do 13,5 kwh
Nominalna energetska učikovitost COP:2,1
Unutarnje jedinice: **MITSUBISHI ELECTRIC MSZ-SF15VA -** 4 komada
Učin Hlađenja: 0,9 do 2,4 kwh
Unutarnje jedinice: **MITSUBISHI ELECTRIC MSZ-SF25VE -** 2 komada

Učin Hlađenja: 0,9 do 3,4 kwh

Mitsubishi electric MXZ-6C122VA	19.184,00 kn
Mitsubishi electric MSZ-SF15VA	7.704,00 kn
Mitsubishi electric MSZ-SF25VE	3.600,00 kn
Ukupno	**30.488,00 kn**

Tablica 14. Izračun investicije odvojenog hlađenja klima uređajima
Izvor: Vlastita projektna dokumentacija za izgradnju kuće

Iz troškovnika je vidljivo da su troškovi ugradnje klima jedinica poprilično veliki. Za izračun podataka o pogonskim troškovima preuzeta je cijena kwh električne energije na dan 07.06.2015 od društva HEP d.o.o koja iznosi 1,06 kn / kwh

Mjesec	Ukupno kwh za hlađenje	Ukupna potrošnja el energije 1/2,1	Cijena 1 kwh u kunama	Zbroj po mjesecima u kunama
	a	*b*	*c*	*d*
siječanj	0	0	1,06	0,00
veljača	0	0	1,06	0,00
ožujak	0	0	1,06	0,00
travanj	18	9	1,06	9,54
svibanj	874	416	1,06	440,96
Lipanj	1903	906	1,06	960,36
Srpanj	2458	1170	1,06	1.240,20
Kolovoz	1810	862	1,06	913,72
Rujan	502	239	1,06	253,34
Listopad	19	9	1,06	9,54
Studeni	8	4	1,06	4,24
Prosinac	0	1	1,06	1,06
Ukupno				**3.832,96**

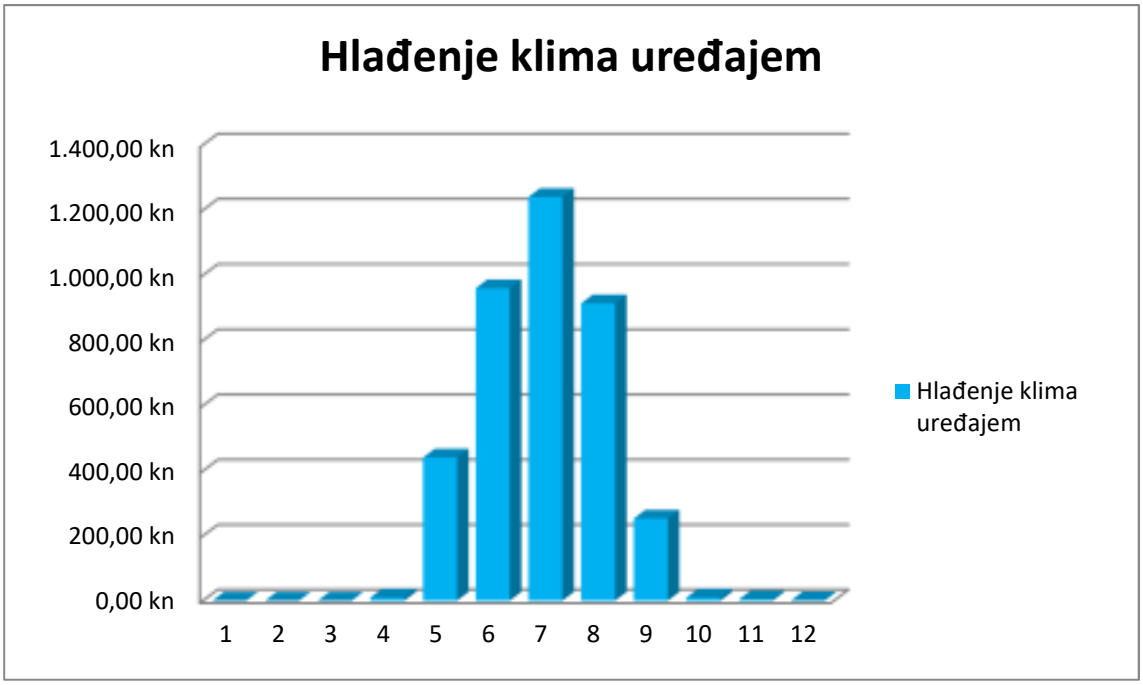
Tablica 15. Izračun pogonskih troškova hlađenja klima jedinica.
Izvor: Vlastiti izračun

Gdje je:

Stupac $b \rightarrow$ učinkovitost toplinske crpke COP= 2,1, $b = \frac{a}{2,1}$

Stupac $d \rightarrow d = b \cdot c$

Godišnji pogonski troškovi za hlađenje zgrade su 3.832,96 kn i u usporedbi sa hlađenjem dizalicom topline veći su za 1.152,22 kn tijekom jedne godine.



Grafikon 6. Grafički prikaz pogonskih troškova klima jedinicom.
Izvor: vlastiti izračuni

8.1.4.4. Usporedba troškova izrade sistema

Invensticijski troškovi izgradnje sustava grijanja, hlađenja i pripreme PTV pogonjeno električnom energijom preko sustava dizalice topline iznose 70.800,00 kn.
Investicijski troškovi izgradnje sustava grijanja i priprema PTV pogonjeno ekstra lakim uljem preko kotla iznose 20.095,00 kn. Da bi se ta dva sustava mogla usporediti moraju se dodati troškovi sustava za hlađenje pogonjeno električnom energijom preko klima uređaja iznos od 30.488,00 kn. Zbrojem obje investicije dolazi se do troškova od 50.583,00 kn.

Zaključak iz navedenog je da je trošak instalacije dvojnog sustava pri izradi povoljniji za 20.217,00 kn.

Spoznajom o razlici u cijeni većina investitora bi izabrala povoljniji sustav ne razmišljajući o ukupnim pogonskim troškovima ili o instalaciji skupljeg sustava te vremenskom razdoblju povrata investicija. Uzmemo li u obzir da je vremenski vijek trajanja takvih sustava oko 25 godina kreće se u analizu isplativosti ugradnje dizalice topline naspram dvojnog sustava grijanja i priprema PTV ekstra lakim uljem i hlađenje klima uređajem. Isto tako mora se napomenuti da je održavanje jednog sustava povoljnije od održavanja dvojnog sustava ali ova činjenica će biti zanemarena jer se sa sigurnošću ne može reći koji uređaji će se i koliko puta pokvariti u 25 godina trajnosti sustava i koliki će ti troškovi iznositi.

Naziv	Pogonski troškovi kroz 1 godinu u kunama	Pogonski troškovi kroz 10 godinu u kunama	Pogonski troškovi kroz 25 godinu u kunama
Grijanje i priprema ptv dizalicom topline	3.203,80	32.038,00	80.095,00
Grijanje i priprema ptv kotlom	5.261,48	52.614,80	131.537,00
Razlika u pogonskim troškovima	**2.057,68**	**20.576,80**	**51.442,00**

Tablica 16. Razlika u potrošnji pogonskih goriva za grijanje objekta i pripremu PTV kroz godine.
Izvor: vlastiti izračun

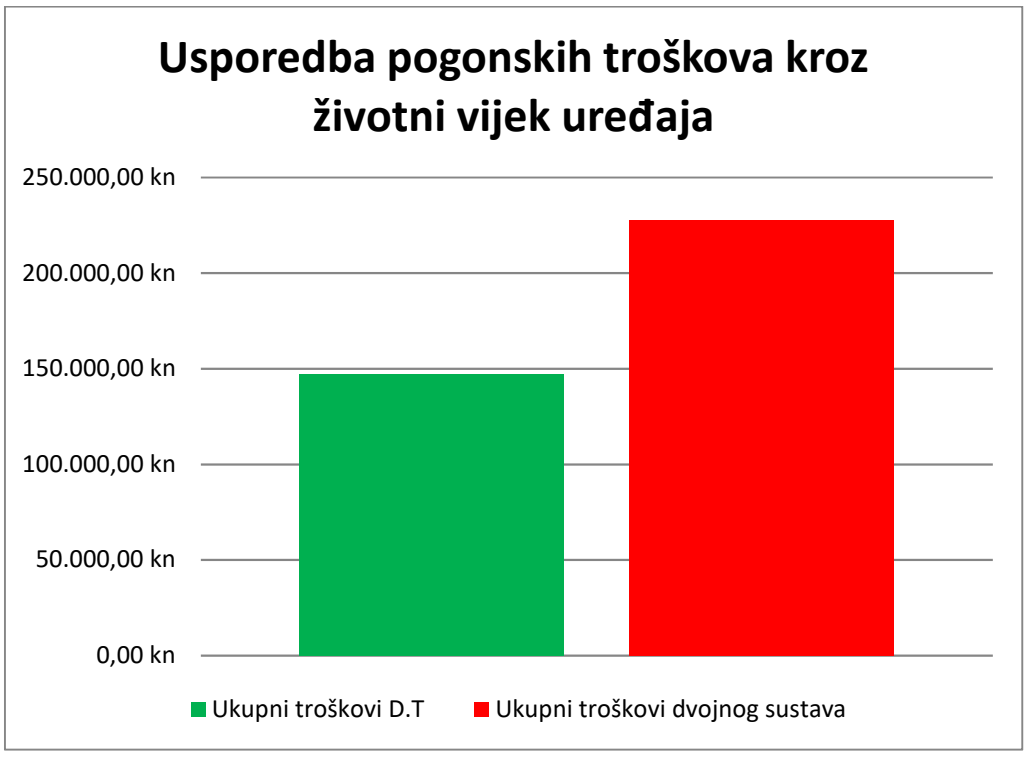
Izračunom pogonskih troškova kroz 1 godinu vidljivo je da je sustav pogonjen s dizalicom topline isplativiji za 2.057,68kn što i nije zanemariva ušteda, a kroz životni vijek sustava od 25 godina ta ušteda iznosi 51.442,00 kn što je pozamašni iznos.

U tablici se uspoređuju sistemi hlađenja kako bi se mogli vidjeti kakva su i kolika odstupanja u pogonskim troškovima

Naziv	Pogonski troškovi kroz 1 godinu u kunama	Pogonski troškovi kroz 10 godinu u kunama	Pogonski troškovi kroz 25 godinu u kunama
Hlađenje dizalicom topline	2.680,74	26.807,40	67.018,50
Hlađenje klima uređajom	3.832,96	38.329,60	95.824,00
Razlika u pogonskim troškovima	**1.152,22**	**11.522,20**	**28.805,50**

Tablica 17. Razlika u potrošnji pogonskih goriva za hlađenje kroz godine
Izvor: vlastiti izračun

Uvidom u tablicu može se vidijeti da je i hlađenje dizalicom topline povoljnije kroz 1 godinu za 1.152,22 kn što i nije prevelika razlika u cijeni ali ukupno kroz životni vijek ta ušteda iznosi 28.805,50 kn što i nije zanemariv iznos. Zbrojem pogonskih troškova za grijanje i hlađenje kroz životni vijek sustava dolazi se do izračuna da je sustav dizalicom topline povoljniji za 80.247,05 kn.



Grafikon 7. Grafički prikaz pogonskih troškova kroz životni vijek sustava
Izvor: vlastiti izračuni

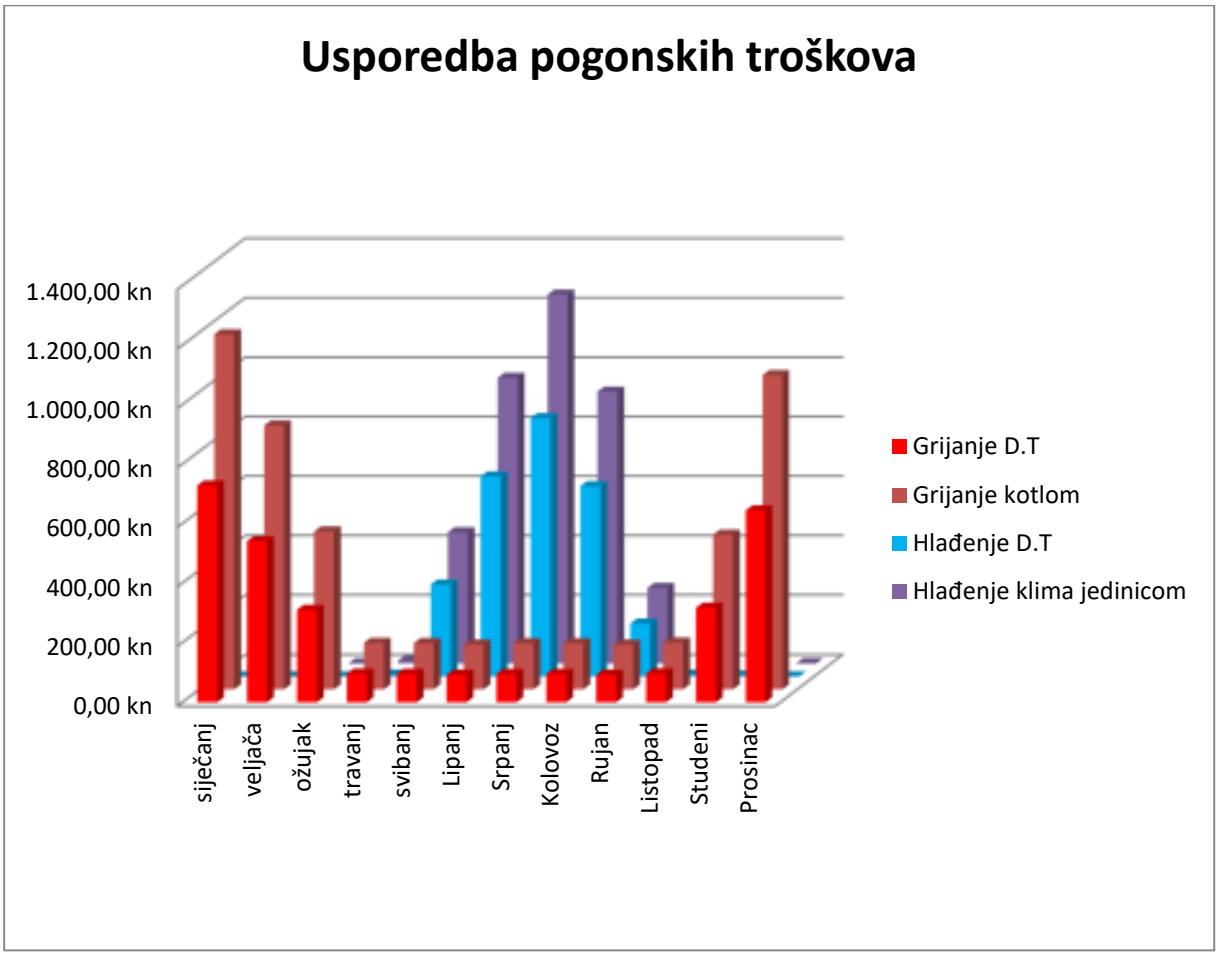
Iz navedenih izračuna može se zaključiti da su pogonski troškovi sistemom dizalice topline povoljniji za 35,3% .

Kad se zbroje troškovi instalacije može se vidijeti rok povrata investicije:

- Ugradnja sustava dizalice topline: 70.800,00 kn
- Ugradnja dvojnog sustava kotla i klima uređaja : 50.583,00 kn
- Razlika u cijeni investicije iznosi: 20.217,00 kn
- Grijanje i hlađenje kroz 1 godinu dizalicom topline: 5.884,54 kn
- Grijanje i hlađenje dvojnim sustavom kroz 1 godinu : 9.094,44 kn
- Godišnja razlika iznosi: 3209,90 kn
- Povrat investicije:

$$povrat\ investicije = \frac{razlika\ u\ cijeni\ investicije}{godišnja\ razlika(ušteda)} = \frac{20217{,}00}{3209{,}90} \approx 6\ godina$$

Uzme li se u obzir da se preplaćena razliku u troškovima instalacije od 20.217,00 kn uračuna u završni račun dolazi se do zaključka da se tijekom životnog vijeka sustava uštedi 60.030,05 kn, to bi značilo da su troškovi instalacije i pogonski troškovi ukupno isplativiji za 25,8%.



Grafikon 8. Grafički prikaz pogonskih troškova svih energenata.

Izvor: vlastiti izračuni

9. ZAKLJUČAK

Analizirana je isplativost dizalica topline uspoređujući ih sa drugim načinima grijanja i hlađenja objekata ili zgrade. Počevši od Carnotovog kružnog procesa kroz različite primjene dizalica topline te različitih toplinskih izvora lako je zaključiti da dizalice topline predstavljaju budućnost u primjeni grijanja i hlađenja objekata.

Za analizirani objekt iz primjera koji je razrađen ovim radom odabrana je dizalica topline s izvorom zrak – voda zbog isplativosti ugradnje i podneblja u kojem se objekt nalazi. U izračun su uzete u obzir kombinacije :

1. Sustav grijanja, priprema potrošne tople vode i hlađenja dizalicom topline
2. Kombinirani sustav grijanja, pripreme potrošne tople vode kotlom na ekstra lako ulje u kombinaciji s hlađenjem klima uređajem

Iz dobivenih podataka zaključuje se da je početna investicija ulaganja u ugradnju sustava dizalice topline (1) znatno veća nego god ugradnje kombiniranog sustava (2) i to u iznosu od 20.217,00 kn. Međutim kroz poračune isplativosti ugradnje i pogonskih troškova, ugradnja dizalice topline (1) je dugoročno isplativija. Na godišnjoj razini dolazi do uštede u pogonskim troškovima za 3.209,90 kn, dok se u roku od 25 godina uštedi 80.247,50 kn. Umanji li se taj iznos za veći trošak početnog ulaganja od 20.217,00 dobiva se impozantni iznos uštede od 60.030,50 kn. Samim time može se zaključiti da je rok isplativost sustava dizalice topline oko 6 godina te nakon toga počinju stvarne uštede.

Kad bi država poticala ugradnju sustava dizalice topline kao u nekim europskim državama ta bi isplativost bila još veća, te usred divljanja cijena energenata na globalnoj razini može se reći da su sustavi dizalice topline budućnost u primjeni grijanja i hlađenja objekata.

POPIS LITERATURE

1. Labudović, B.: Osnove primjene dizalice topline, Energetika marketing d.o.o., Zareb, 2009.
2. Majdandžić, LJ.: Obnovljivi izvori energije, Graphis d.o.o., Zagreb, 2008.
3. Pavković, B.: Radni procesi I toplinski izvori za dizalice topline, Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet, Rijeka 2006.
4.Vlastita projektna dokumentacija obiteljske kuće Dodić u Sv.Lovreču, Poreč, 2013.
5.Vlastita projektna dokumentacija- strojarski projekt termotehničke instalacije obiteljske kuće Dodić u Sv.Lovreču, Poreč, 2013.

Internet:
1. www.viessmann.hr
2. www.vaillant.hr
3. www.klimatizacija.hr
4. www.izvorienergije.com
5. www.deltron.hr
6. www.hep.hr
7. www.gfv.unizg.hr
8. www.hkis.hr
9. www.pasivnakuca.hr
10. www.zelenaenergija.org

POPIS SLIKA

Slika 1. Carnotov kružni process……. 12

Slika 2. Monovalentni način rada dizalice topline..... 14

Slika 3. Bivalentno paralelni rad dizalice topline…….. 15

Slika 4. Bivalentno alternativni način rada dizalice topline……. 16

Slika 5. Sastavni dijelovi dizalica topline…… 18

Slika 6. Proces rada dizalice topline…….. 20

Slika 7. Krug radnog medija i predaja topline sa COP 4.0…… 23

Slika 8. Primjena dizalice topline…… 24

Slika 9. Primjer dizalice topline na zrak…… 28

Slika 10. Primjer dizalice topline na vodu..... 30

Slika 11. Primjer dizalice topline zemljanim kolektorom…… 33

Slika 12. Primjer dizalice topline sa zemljanom sondom……... 35

Slika 13. Gubici energije u zgradama…… 36

Slika 14. Položaj ulaza sunčevih zraka ljeti i zimi…….. 37

Slika 15. Trostruko low-e staklo……. 38

Slika 16. Izolacija zgrade..... 39

Slika 17. ACV slme 400…….. 48

Slika 18. PUHZ-SW100VHA…….. 50

POPIS TABLICA

Tablica 1. Meteorološki podaci……. 40

Tablica 2. Neprozirne plohe vanjskih građevnih dijelova……. 41

Tablica 3. Prozirne plohe vanjskih građevnih dijelova…….. 42

Tablica 4. Koeficijent toplinskog gubitka kroz tlo…… 42

Tablica 5. Koeficijent toplinskog gubitka provjetravanjem…….. 43

Tablica 6. Toplinski dobici od sunca…….. 44

Tablica 7. Potrebna toplina za grijanje zgrade…….. 45

Tablica 8. Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje

QC,nd = 27.346 (MJ) = 7.596 (kwh)……. 46

Tablica 9. Investicijski troškovnik dizalice topline s PTV-om……. 51

Tablica 10. Izračun pogonskih troškova dizalicom topline……. 52

Tablica 11. Izračun pogonskih troškova hlađenja dizalicom topline……. 54

Tablica 12. Investicijski troškovnik kotlovnice pogonjene ekstra lakim uljem s PTV-om……. 57

Tablica 13. Izračun pogonskih troškova grijanja i priprema PTV-a kotlom……. 58

Tablica 14. Izračun investicije odvojenog hlađenja klima uređajim……. 60

Tablica 15. Izračun pogonskih troškova hlađenja klima jedinica……... 60

Tablica 16. Razlika u potrošnji pogonskih goriva za grijanje objekta i pripremu PTV kroz godine..... 62

Tablica 17. Razlika u potrošnji pogonskih goriva za hlađenje kroz godine..... 63

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Potrebna energija za grijanje i hlađenje objekta……. 47

Grafikon 2. Grafički prikaz pogonskih troškova grijanja dizalicom topline i priprema PTV-a……. 53

Grafikon 3. Grafički prikaz pogonskih troškova hlađenja dizalicom topline … 55

Grafikon 4. Grafički prikaz pogonskih troškova grijanja, priprema PTV i hlađenja dizalicom topline……. 56

Grafikon 5. Grafički prikaz pogonskih troškova kotlom…… 59

Grafikon 6. Grafički prikaz pogonskih troškova klima jedinicom……. 61

Grafikon 7. Grafički prikaz pogonskih troškova kroz životni vijek sustava ….. 63

Grafikon 8. Grafički prikaz pogonskih troškova svih energenata……. 65