APSORPCIJSKA PLINSKA DIZALICA TOPLINE KAO ZAMJENA ZA TOPLOVODNI KOTAO NA LU EL

Dražić, Krešimir

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:228:005879

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-27**

Repository / Repozitorij:

Repository of University Department of Professional Studies

SVEUČILIŠTE U SPLITU

SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Specijalistički diplomski stručni studij strojarstva

KREŠIMIR DRAŽIĆ

Z A V R Š N I R A D

APSORPCIJSKA PLINSKA DIZALICA TOPLINE KAO ZAMJENA ZA TOPLOVODNI KOTAO NA LU EL

Split, travanj 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE

Specijalistički diplomski stručni studij strojarstva

Predmet: Plin i plinske instalacije

Z A V R Š N I R A D

Kandidat: Krešimir Dražić

Naslov rada: Apsorpcijska plinska dizalica topline kao zamjena za toplovodni kotao na LU EL

Mentor: dr. sc. Zlatko Jankoski prof. v. š. u trajnom zvanju

Split, travanj 2019.

REPUBLIKA HRVATSKA
SVEUČILIŠTE U SPLITU
Sveučilišni odjel za stručne studije

Studij: Specijalistički diplomski stručni studij strojarstvo
Predmet: Plin i plinske instalacije
Nastavnik: dr. sc. Zlatko Jankoski, prof. v. š. u trajnom zvanju

ZADATAK

Kandidat: Krešimir Dražić

Zadatak: Apsorpcijska plinska dizalica topline kao zamjena za toplovodni kotao na LU EL

U završnom radu potrebno je:

- uvodno se osvrnuti o apsorpcijskim plinskim dizalicama topline;
- prikazati trendove upotrebe apsorpcijskih plinskih dizalica topline s konkretnim primjerima;
- teoretski objasniti princip rada apsorpcijske plinske dizalice topline, te detaljan pregled radnih karakteristika;
- za konkretnu stambenu (obiteljsku) zgradu dati detaljan pregled višegodišnje potrošnje energenata za zadovoljavanje potreba grijanja i pripreme potrošne tople vode;
- opisati postojeći sustave za grijanje i pripremu potrošne tople vode;
- izvršiti odabir prikladne apsorpcijske plinske dizalice topline kojom bi se zamijenio postojeći sustav;
- za prikladne vremenske periode uporabe, izraditi tehničko ekonomsku analizu rada sustava apsorpcijske plinske dizalice topline;
- izvršiti usporedbu postojećeg i novog energetskog sustava;
- iznijeti zaključke;
- navesti literaturu i izvore podataka.

Zadatak je predan kandidatu: 4. listopada 2018.

Rok za predaju diplomskog rada: 30. rujna 2019.

Sažetak

Apsorpcijska plinska dizalica topline kao zamjena za toplovodni kotao na LU EL

U završnom radu prikazana je pojednostavljena tehničko-ekonomska analiza zamjene postojećeg sustava grijanja obiteljske kuće (toplovodni kotao na ekstra lako loživo ulje) sa sustavom koji bi umjesto kotla koristio apsorpcijsku plinsku dizalicu topline. Dodatni motiv za izradu ovakve analize su i aktualni poticaji Splitsko-dalmatinske županije u okviru kojih se sufinancira navedena zamjena sustava grijanja. U prvom dijelu završnog rada teoretski je objašnjen princip rada apsorpcijske plinske dizalice topline, te je dan pregled njenih radnih karakteristika i trendova uporabe. U drugom dijelu završnog rada prikazana je tehničko-ekonomska analiza zamjene sustava grijanja obiteljske kuće. Na osnovu postojećih desetogodišnjih podataka o potrošnji loživog ulja obiteljske kuće u Sinju, odnosno o prosječnoj mjesečnoj potrebi za toplinskom energijom, izvršen je odabir apsorpcijske plinske dizalice topline te procjena investicijskih i radnih troškova novog sustava grijanja. Konačno, pojednostavljenom ekonomskom analizom određen je period povrata investicije pri zamjeni sustava grijanja i to za dva scenarija s obzirom na mogućnosti sufinanciranja projekta.

Ključne riječi: kotao na loživo ulje, apsorpcijska plinska dizalica topline, tehničko-ekonomska analiza.

Summary

Gas Absorption Heat Pump as a Replacement for Hot Water Oil Boiler

The aim of this thesis is present a simplified technical-economic analysis of the potential replacement of existing heating system in the family house (a hot water boiler on an extra light fuel oil) with a new one that works on gas absorption heat pump principle. The additional incentive for making such an analysis are existing subventions of Split-Dalmatia County for this kind of projects and investments. In the first part of this thesis, the theory part, the principle of gas absorption heat pump is theoretically explained. Additionally, the review of the working characteristics and trends of use are presented too. The second part represents the technical-economic analysis of potential replacement of existing heating system in a family house. Based on existing ten-year data for the fuel consumption in a family house in

the city of Sinj, regarding the average monthly heating demand, the selection of the gas absorption gas heater was carried out. Also, the investment and operating costs of the new heating system were estimated. Finally, using the simplified economic analysis a period of return on investment for the project of replacement of the heating system is determined for two scenarios, both regarding the possibility of obtaining subventions.

Key words: hot water oil boiler, gas absorption heat pump, technical-economic analysis.

SADRŽAJ

Sažetak 2

1. Uvod 7

2. Uvodno o dizalicama topline 8

2.1. Podjela dizalica topline 9

2.2. Razlike između plinskog i apsorpcijskog ciklusa 10

3. Apsorpcijska plinska dizalica topline 12

3.1. Princip rada apsorpcijske plinske dizalice topline 14

3.2. Prednosti i nedostaci apsorpcijske plinske dizalice topline 17

3.3. Vrste apsorpcijske plinske dizalice topline 19

4. Primjeri ugradnje plinskih apsorpcijskih plinski dizalica topline u Hrvatskoj 25

5. Tehničko-ekonomska analiza zamjene postojećeg sustava grijanja na loživo ulje 28

5.1. Obiteljska kuća 28

5.2. Retrofitting - zamjena radijatora s ventilokonvektorima 29

5.3. Odabir apsorpcijske plinske dizalice topline 30

5.4. Karakteristike loživog ulja 33

5.5. Karakteristike prirodnog plina 35

5.6. Model sufinanciranja ugradnje apsorpcijske plinske dizalice topline 37

5.7. Troškovi kotlovnice na lož ulje 38

5.8. Troškovi apsorpcijske plinske dizalice topline i priključenja plina 42

5.9. Potrošnja plina u režimu grijanja 44

5.10. Usporedba isplativosti apsorpcijske plinske dizalice topline i toplovodnog kotla na loživo ulje u režimu grijanja 46

6. Zaključak 49

Literatura 50

POPIS SLIKA

Slika 2.1 - Jednostavni parni ciklus [1] 8
Slika 2.2 - Podjela dizalica topline [2] 9
Slika 2.3 - Kompresijski parni ciklus [2] 10
Slika 2.4 - Apsorpcijski ciklus [2] 11
Slika 3.1 - Energetska bilanca apsorpcijske plinske dizalice topline [3] 12
Slika 3.2 - Izvori topline [2] 13
Slika 3.3 - Miješanje vode i amonijaka [4] 14
Slika 3.4 - Molekula amonijaka [5] 15
Slika 3.5 - Jednostavni apsorpcijski ciklus [3] 16
Slika 3.6 - Proizvodnja CO_2 različitih uređaja [6] 18
Slika 3.7 – Uravnoteženje potrošnje plina i električne energije [7] 18
Slika 3.8 - Učinkovitost različitih plinskih uređaja [2] 19
Slika 3.9 - 3D prikaz apsorpcijske plinske dizalice topline [6] 21
Slika 3.10 - Zimski i ljetni režimi rada GAHP-AR [2] 22
Slika 3.11 - Kombinacija uređaja GAHP-A sa standardnim grijaćim modulima [2] 23
Slika 3.12 - Režim rada uređaja GAHP-W [2] 23
Slika 3.13 - Režim rada uređaja GA-HR [8] 24
Slika 4.1 - Shema sustava u Tehnokom-u [8] 25
Slika 4.2 - Tehnokom-ova apsorpcijska plinska dizalica topline [8] 26
Slika 4.3 - Primjeri ugradnje apsorpcijskih plinskih dizalica topline u hrvatskoj [7] 27
Slika 5.1 - Pročelje obiteljske kuće 29
Slika 5.2 - Robur GAHP-AR [12] 32
Slika 5.3 - Cijena lož ulja u kunama po litri tijekom godina [14] 34
Slika 5.4 - Dijagram potrošnje lož ulja u zadnjih 10 godina 38
Slika 5.5 - Potrošnja lož ulja po mjesecima u litrama [l] 39
Slika 5.6 - Potrošnja lož ulja u kilovat satima [kWh] 39
Slika 5.7 - Iskorištena energija lož ulja u toplovodnom kotlu [kWh] 40
Slika 5.8 - Potrošnja plina [kWh] 45
Slika 5.9 - Usporedba APDT i toplovodnog kotla u režimu grijanja bez sufinanciranja 47
Slika 5.10 - Usporedba APDT i toplovodnog kotla u režimu grijanja sa sufinanciranjem 47

POPIS TABLICA

Tablica 1 - Usporedba apsorpcijskih plinskih dizalica topline [2] 20
Tablica 2 - Analiza isplativosti [2] 25
Tablica 3 - Kemijski sastav lož ulja [13] 33
Tablica 4 - Karakteristike lož ulja [13] 34
Tablica 5 - Standardna kvaliteta prirodnog plina po sastavu [13] 35
Tablica 6 - Standardna kvaliteta prirodnog plina po karakteristikama [13] 36
Tablica 7 - Godišnji izvještaj o plinu na mjernom mjestu Pula [15] 36
Tablica 8 - Jednokratni troškovi kotlovnice na loživo ulje 40
Tablica 9 - Troškovi apsorpcijske plinske dizalice topline i priključenja plina bez sufinanciranja 42
Tablica 10 - Troškovi apsorpcijske plinske dizalice topline i priključenja plina sa sufinanciranjem 43
Tablica 11 - Podatci o potrošnji plina pri prosječnim mjesečnim temperaturama 45

1. Uvod

Zbog sve većega utjecaja sustava grijanja koja koriste fosilna goriva na okoliš, teži se sve više ekološkim izvorima energije i uređajima koji bolje iskorištavaju energente, uz što manje izgubljene energije.

Izgradnjom plinske mreže u Dalmaciji omogućeno je korištenje još jednog „umreženog“ energenta, osim električne energije, potrebnog za rad sustava grijanja. Zbog nedostatka tradicije i iskustva u uporabi prirodnog plina biti će potrebno određeno vrijeme dok se njegova uporaba ne proširi u punom profilu. Iako ga se percipira kao otrovnog i eksplozivnog energenta, pravilnom i pažljivom instalacijom te redovitim servisom opasnosti se mogu svesti na minimum, dok je prema raspoloživim ekonomskim analizama cijenom prirodni plin konkurentan drugim energentima. Mogućnosti primjene prirodnog plina su raznolike, ka na primjer za kuhanje, toplovodno i toplozračno grijanje (etažno ili zajednička kotlovnica), infracrveno grijanje, grijanje pripremne potrošne vode, te za hlađenje.

Općenito, osnovna postrojenja i uređaji na plin koji se upotrebljavaju u svrhu grijanja i hlađenja su: apsorpcijske plinske dizalice topline, kotlovi, kondenzacijski kotlovi, sobne peći, infracrveni grijači, kuhinjske peći, štednjaci, i tako dalje.

Konkretno, u ovome završnom radu je prikazana mogućnost zamjene postojećeg sustava grijanja s toplovodnim kotlom na ekstra lako loživo ulje s novim sustavom koji kao izvor toplinske energije koristi apsorpcijsku plinsku dizalicu topline.

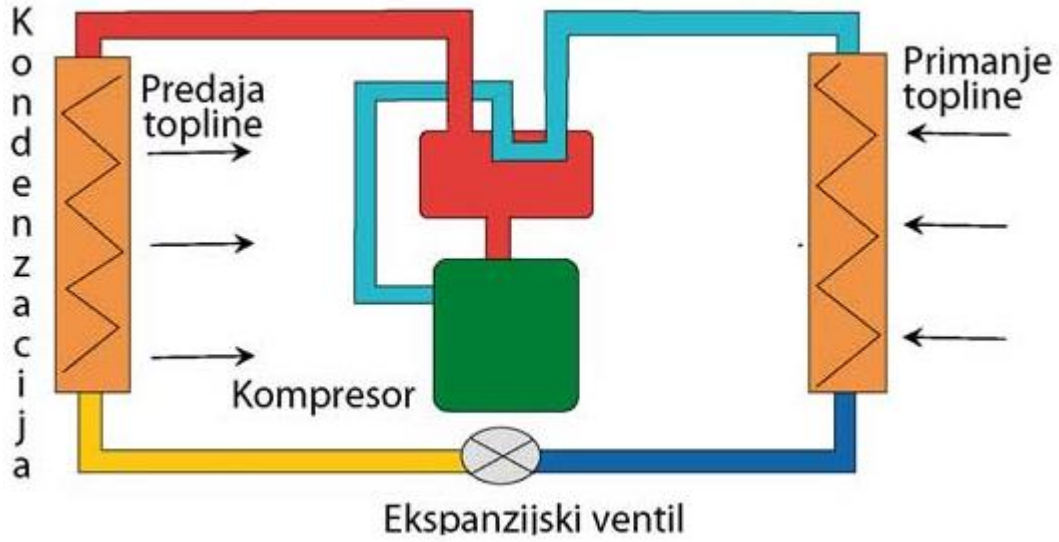
Jedna od prednosti plinske apsorpcijske dizalice topline je to što se s jednim uređajem objekt može opskrbiti potrošnom toplom vodom, toplinom za grijanje prostora ali i energijom za hlađenje prostora, što je neizvedivo iz postojećeg sustava s toplovodnim kotlom na loživo ulje. Nakon proračuna za potrebnom količinom toplinske energije u obiteljskoj kući, odabirana je odgovarajuća plinska apsorpcijska dizalica topline. Na osnovu podataka o potrošnji energenata obiteljske kuće za zadnjih deset godina (od 2008. do 2017.), napravljena je ekonomska analiza o isplativosti zamjene sustava grijanja. Analiza je prikazana za jednu, pet i deset godina, te je izvršena procjena ekonomske isplativosti. Podaci za potrošnju u obiteljskoj kući se sastoje od potrošnje električne energije (visoka/niska tarifa), potrošnje loživog ulja i potrošnje vode.

2. Uvodno o dizalicama topline

U ovom poglavlju teoretski je prikazan princip rada dizalice topline, te njihova podjela.

Dizalica topline je uređaj koji korištenjem dodatne energije/rada omogućava prijelaz toplinske energije iz sustava niže temperaturne razine u sustav više temperaturne razine.

Pri tome se toplinski spremnici različitih temperaturnih razina dijele na toplinske izvore i toplinske ponore. Ako se razmatra režim grijanja nižu energetsku razinu (izvor topline) mogu činiti okolni zrak, voda ili tlo, a prostorija koja se zagrijava predstavlja višu energetsku razinu (ponor topline). Na slici 2.1 prikazan je jednostavni parni ciklus u dizalici topline.



Slika 2.1 - Jednostavni parni ciklus [1]

Također postoje različiti izvori topline. Oni su dijele na:

- prirodne s promjenjivim temperaturama,
- prirodne s konstantnim temperaturama, te
- umjetne izvore topline.

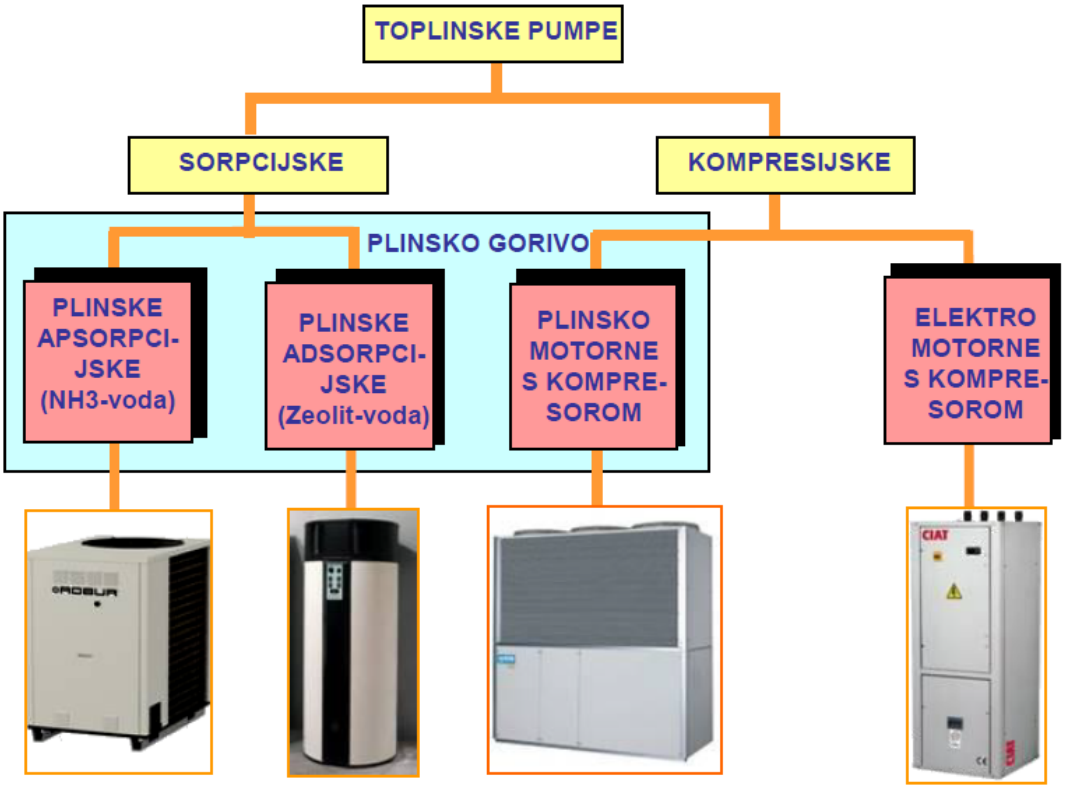
Dizalice topline prilagođene su za opskrbu energijom (toplinskom i rashladnom) svih vrsta prostora. Ekološki su prihvatljive te se njihovom ugradnjom štedi na troškovima u radu.

2.1. Podjela dizalica topline

Podjela dizalica topline prikazana je slici 2.2. Dizalice topline s obzirom na konstrukciju i princip rada dijele se na kompresijske, apsorpcijske, adsorpcijske i Vuilleumierove dizalice topline. Najčešće se koriste kompresijske dizalice topline zbog jednostavnosti konstrukcije, održavanja i cijene.

Prema izvedbi tj. principu rada, dizalice topline dijele se na:

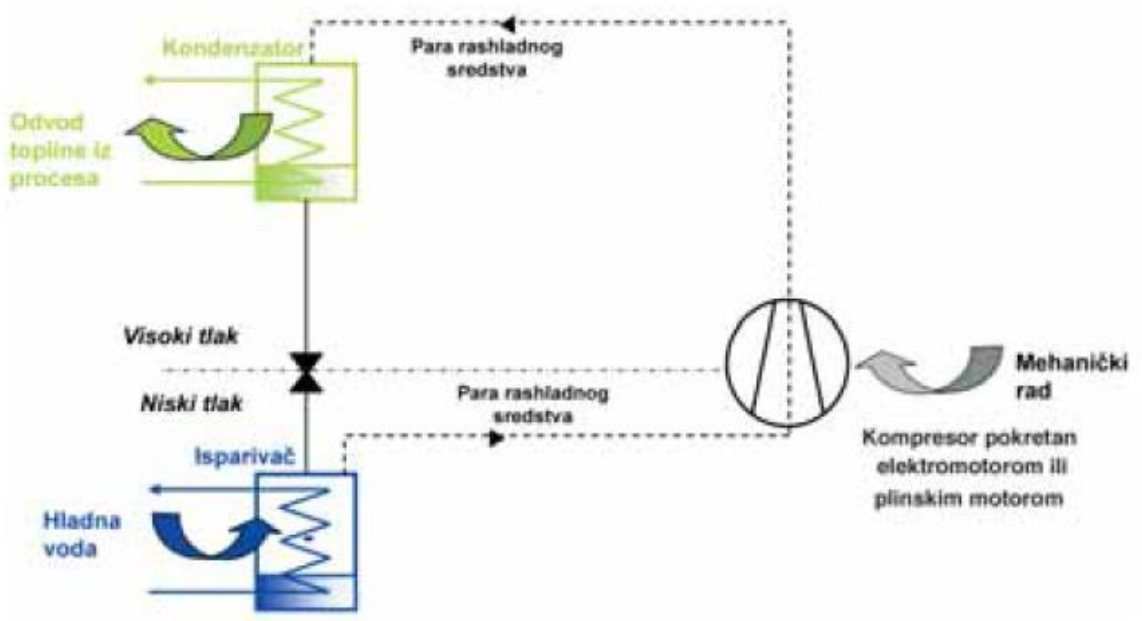
- Kompresijske:
    - Električne kompresijske
    - Plinske kompresijske
- Sorpcijske:
    - Apsorcijske
    - Adsorcijske
- Vuilleumier dizalice topline



Slika 2.2 - Podjela dizalica topline [2]

2.2. Razlike između plinskog i apsorpcijskog ciklusa

Plinski kompresijski ciklus je korišteniji u odnosu na apsorpcijski. Kompresijski uređaji mogu biti pogonjeni elektromotorom ili plinskim motorom kao što je vidljivo na slici 2.3, dok je kod apsorpcijskog zamjena za kompresor toplinski motor koji se sastoji od apsorbera i generatora. Sorpcija pak znači upijanje jedne tvari u drugu, te se dijeli na apsorpciju i adsorpciju. Apsorpcija ili upijanje u kemijskom smislu je proces upijanja tvari, a u fizikalnom prijenos energije valova (elektromagnetskih ili zvučnih) na materiju prilikom prolaska kroz nju. Pri tome se koristi fizikalno svojstvo otapanja plinova u tekućinama. Slično apsorpciji je adsorpcija, ali je ona proces koji se samo odvija na površini. Suprotan proces apsorpciji je desorpcija.



Slika 2.3 - Kompresijski parni ciklus [2]

Osnovni pojmovi kojima se definira stupanj korisnosti kompresijskih uređaja (ε) su:

Q_l - toplina preuzeta u isparivaču – rashladni učinak

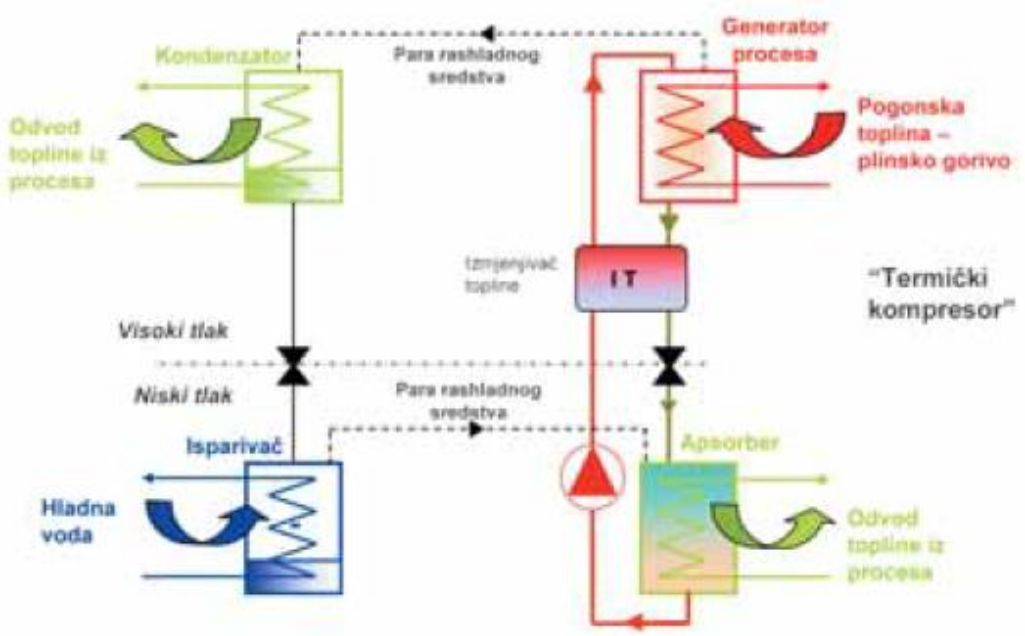
Q_k - toplina predana u kondenzatoru – ogrjevni učinak

L_{MEH} - mehanički rad kompresora

$\varepsilon_h = Q_l/L_{meh}$ - za rashladni uređaj

$\varepsilon_g = Q_k/L_{meh}$ - za toplinsku pumpu

Na slici 2.4 prikazan je termodinamički prikaz apsorpcijskih uređaja.



Slika 2.4 - Apsorpcijski ciklus [2]

Osnovni pojmovi kojima se definira stupanj korisnosti/koeficijent proizvodnosti apsorpcijskih uređaja (ζ) su:

Q_I - toplina preuzeta u isparivaču

Q_k - toplina predana u kondenzatoru

Q_G - toplina dovedena plinskim gorivom generatoru procesa – proces desorpcije

Q_A - toplina predana u apsorberu

$X_{siromašan}$ - koncentracija slabe smjese

X_{bogat} - koncentracija jake smjese

Za rashladni uređaj:

$$\zeta_h = \frac{Q_I}{Q_G} \qquad \frac{LiBr=0.6-1.0}{NH_3=0.5-0.7}$$

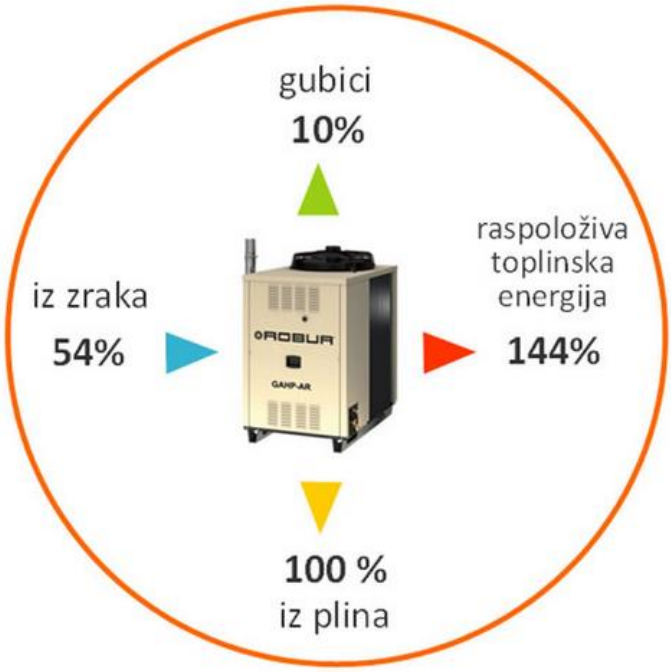
Za toplinsku pumpu:

$$\zeta_g = \frac{Q_A+Q_K}{Q_G} \qquad \frac{LiBr=1.6-1.8}{NH_3=1.4-1.7}$$

3. Apsorpcijska plinska dizalica topline

Apsorpcijski rashladni uređaji pojavili su se u praktičnoj primjeni prije 130 godina. Francuski izumitelj Ferdinand Carré prvi je izabrao kombinaciju amonijaka i vode (NH_3 - H_2O) za apsorpcijski ciklus i nakon uspješnog razvoja 1866. godine osnovao prvu tvornicu za proizvodnju apsorpcijskih rashladnih uređaja. Od 1875. do tridesetih godina 20. stoljeća apsorpcijski uređaji potiskuju kompresorske i dominiraju na tržištu, nakon čega otkrivanje sintetičkih rashladnih sredstava (halogeni klor-fluor-ugljikovodika) dovodi do ponovnog uspona kompresorskih rashladnih sustava. Tijekom četrdesetih godina 20. stoljeća prvi put se pojavljuju apsorpcijski rashladni agregati koji kao radnu tvar koriste novu kombinaciju litijev bromid i vodu (LiBr - H_2O).

Plinska apsorpcijska dizalica topline (eng. Gas Absorption Heat Pump – GAHP) je uređaj koji iz energije izgaranja plina proizvodi toplinu za grijanja prostora, pripremu potrošne tople vode, uz mogućnost hlađenja i klimatizacije prostora. Za pogon apsorpcijske potrebno je imati izvor toplinske energije određenog temperaturnog nivoa, te cirkulacijska crpka pogonjena električnom energijom. Često se u marketinške svrhe, a za potrebe hlađenja objekata, koristi izraz „Plamen koji hladi“. Primjena apsorpcijskih plinskih dizalica topline je veliki napredak za zaštitu okoliša i zadovoljavanje Kyoto protokola. Slika 3.1. prikazuje energetsku bilancu apsorpcijske plinske dizalice topline (pri određenim radnim uvjetima).



Slika 3.1 - Energetska bilanca apsorpcijske plinske dizalice topline [3]

S obzirom da plinske apsorpcijske dizalice topline uz plin koriste i toplinsku energiju iz okoliša, spadaju među uređaje koji koriste obnovljive izvore energije kao što je vidljivo na slici 3.2.

Mogući izvori energije su:

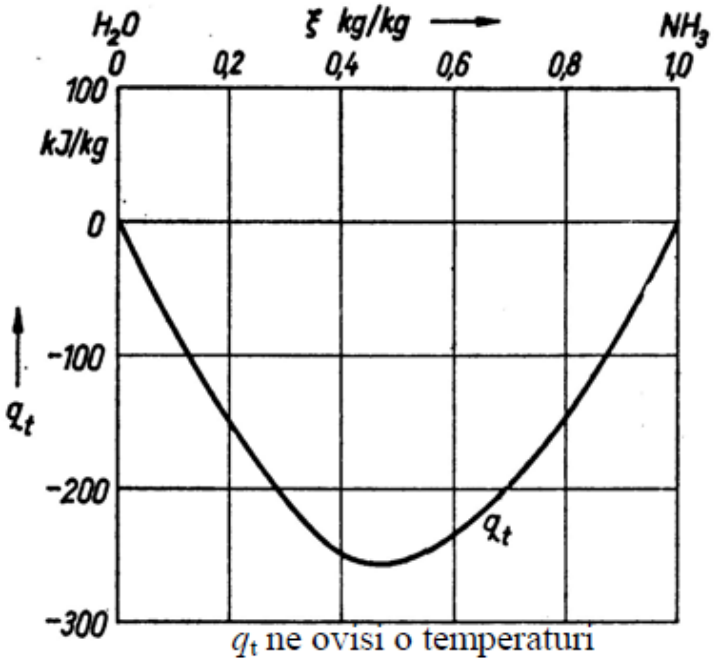
- Okolišni izvori energije:
    - Vanjski zrak
    - Sunčeva energija
    - Energija zemlje
    - Podzemne vode
- Geotermalni izvori energije:
    - Termalni izvori
    - Termalne vode iz srednje zemaljskih doba
    - Termalne vode iz vulkanskih stijena
- Sekundarni izvori energije:
    - Toplina iz industrijskih procesa
    - Toplina iz procesa hlađenja
    - Toplina iz otpadnih voda i ispuha

Slika 3.2 - Izvori topline [2]

3.1. Princip rada apsorpcijske plinske dizalice topline

Rad apsorpcijskih uređaja topline temelji se na termodinamici smjesa jer rade s smjesama dviju ili više tvari. Tijekom rada događaju se termo-kemijske reakcije sorpcije (upijanja) i desorpcije (odvajanja) koji predstavljaju termo kemijski kompresor dizalice topline. Uređaj se sastoji od četiri izmjenjivača topline u kojim se odvajaju procesi isparavanja, apsorpcije, isparavanja i kondenzacije. Većina apsorpcijskih uređaja radi s dvojnim smjesama kao što su voda – amonijak (H_2O – NH_3) ili litijev bromid – voda (LiBr – H_2O).

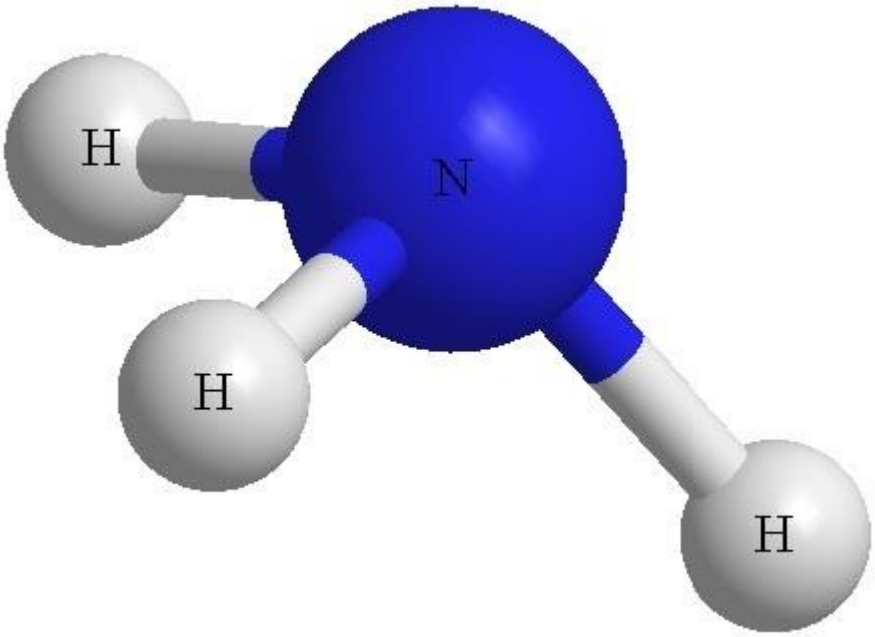
Postoje heterogene i homogene smjese. Homogene smjese imaju svugdje isti tlak, temperaturu, gustoću i sastav. Heterogene smjese nemaju ova svojstva. Primjer homogene smjese je voda – alkohol, a primjer heterogene smjese je voda – ulje. Homogene smjese se ne mogu bez utroška rada razdvojiti na sastavne elemente, dok se heterogene smjese mogu razdvojiti samim mehaničkim sredstvima, teoretski bez utroška rada, na homogene faze iz kojih su sastavljene. Kod nekih smjesa prilikom miješanja temperatura raste, a kod nekih se snižava. U slučaju potrebe da se održi početna temperatura i nakon miješanja, potrebno je dovesti ili odvesti toplinu. Ta toplina se zove izotermna toplina miješanja i označava se s q_t. Slika 3.3 prikazuje svojstva miješanja vode i amonijaka koje su prije miješanja imale temperaturu 0°C.



Slika 3.3 - Miješanje vode i amonijaka [4]

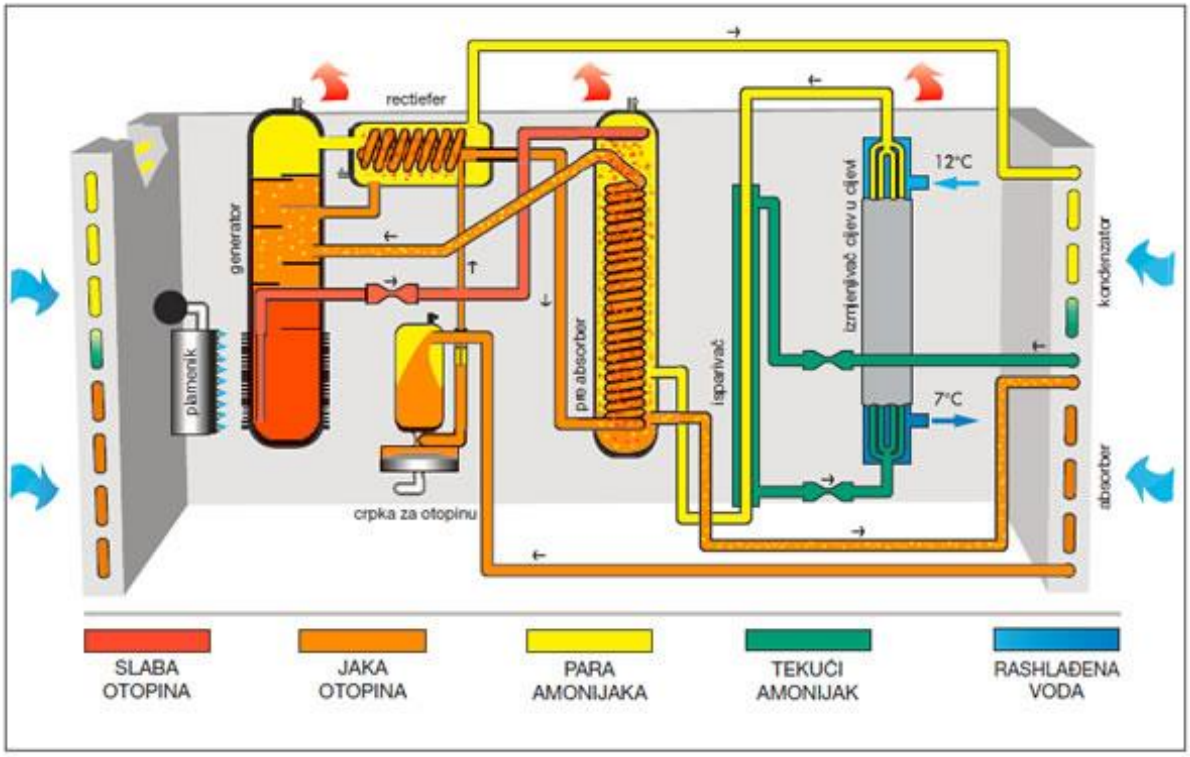
Amonijak je spoj dušika i vodika kemijske formule NH_3, koji je pri sobnoj temperaturi i normalnom tlaku bezbojan plin, oštrog karakterističnog mirisa, lakši od zraka i lako topljiv u vodi. Sastoji se od jednog atoma dušika (N) i tri atoma vodika (H) kao što prikazuje slika 3.4.

Koristi se u sredstvima za čišćenje, proizvodnji umjetnih gnojiva, proizvodnji eksploziva, polimera, te u rashladnoj tehnici. Toksičan je i korozivan prema pojedinim materijalima. Gustoća amonijaka je 0,589 puta manja od gustoće zraka. Lako se pretvara u tekuće agregatno stanje, ključa na -33,7°C, a počinje se skrutnjavati na -75°C formirajući pritom bijele kristale. Topiv je u vodi i maksimalna koncentracija koju može postići je gustoće 0,88 g/cm^3. Sav amonijak koji se nalazi u vodenoj otopini može se dobiti ključanjem. Ne podržava gorenje i na gori osim kad je pomiješan s kisikom, tada gori proizvodeći slab žuto-zeleni plamen.



Slika 3.4 - Molekula amonijaka [5]

Apsorpcijske plinske dizalice topline rade na principu termo kemijske reakcije apsorpcije amonijaka u vodi. Amonijak u ovom slučaju služi kao rashladno sredstvo dok voda služi kao transportni medij. Na slici 3.5 vidi se pojednostavljeni primjer apsorpcijske plinske dizalice topline.



Slika 3.5 - Jednostavni apsorpcijski ciklus [3]

U pojednostavljenom prikazu apsorpcijske plinske dizalice topline se nalazi toplinski kompresor koji se nalazi na lijevoj strani. Razlika apsorpcijskog ciklusa i parnog ciklusa je u tome da apsorber skupa s generatorom koji se grije izgaranjem plinskog goriva, radi zamjenu za mehanički kompresor kod parnog ciklusa koji se pogoni električnom energijom. Uređaj se sastoji od generatora, apsorbera, kondenzatora, ekspanzijskog ventila, redukcijskog ventila i solucijske crpke.

Izgaranjem prirodnog plina u generatoru se zagrijava smjesa amonijaka i vode do točke isparavanja amonijačne pare s jakom koncentracijom amonijaka. Na taj se način odvaja od tekuće smjese vode s vrlo slabom koncentracijom amonijaka koja se zove slaba otopina ili smjesa. Amonijačna para pod visokom temperaturom i velikim tlakom prolazi kroz separator gdje se iz nje odvaja ostatak kapljica vode. Nakon toga ulazi u zrakom hlađeni kondenzator gdje se hladi na temperaturu okoline i prelazi u tekuću fazu. Zatim tekući amonijak prelazi kroz prvi prigušni ventil gdje mu se reducira tlak, a zatim kroz izmjenjivač topline i potom kroz drugi prigušni ventil čime mu se temperatura smanjuje na -3°C. Ohlađeni amonijak ulazi u isparivač gdje prelazi u plinovito stanje oduzimajući pritom toplinu od vode koja se hladi i vraća u instalaciju. Hladna amonijačna para niskog tlaka koja izlazi iz isparivača prvo prolazi

kroz izmjenjivač tipa cijev u cijev gdje izmjenjuje toplinu s tekućim amonijakom koji ulazi u isparivač. Kasnije se ta amonijačna para vodi u apsorber gdje se miješa sa slabom smjesom koja dolazi iz generatora i kojoj je prethodno smanjen tlak. U apsorberu počinje proces apsorpcije amonijačne pare u tekućoj slaboj smjesi vode s vrlo malom koncentracijom amonijaka. Apsorpcija je proces koji oslobađa toplinu te je smjesu potrebno dodatno hladiti kako bi sav amonijak apsorbirao u vodi. Hlađenje se vrši pomoću zraka. Kada je proces apsorpcije završen dobiva se tekuća smjesa s visokom koncentracijom amonijaka (jaka otopina) koja se uz pomoć solucijske pumpe dovodi na visoki tlak, dodatno pregrijava prolaskom kroz separator i vraća u generator.

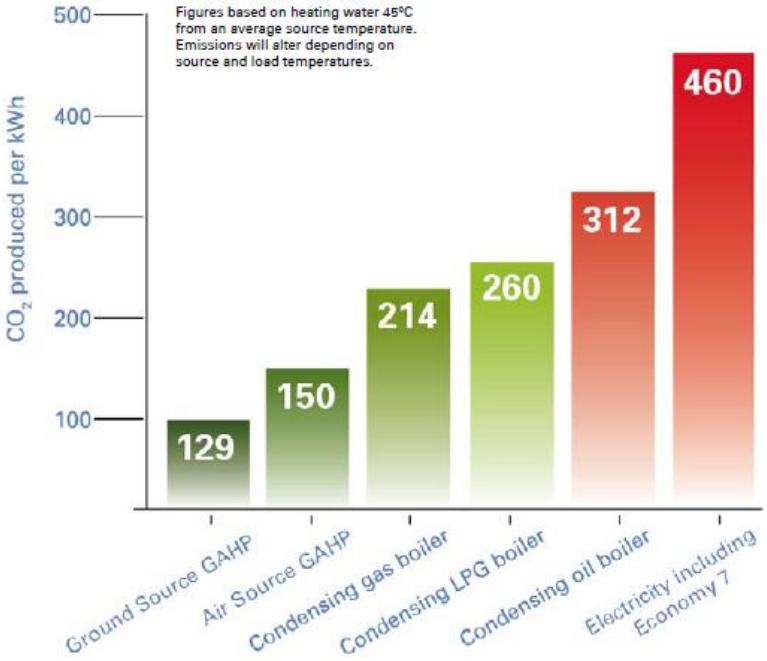
3.2. Prednosti i nedostaci apsorpcijske plinske dizalice topline

Prednosti apsorpcijske plinske dizalice topline:

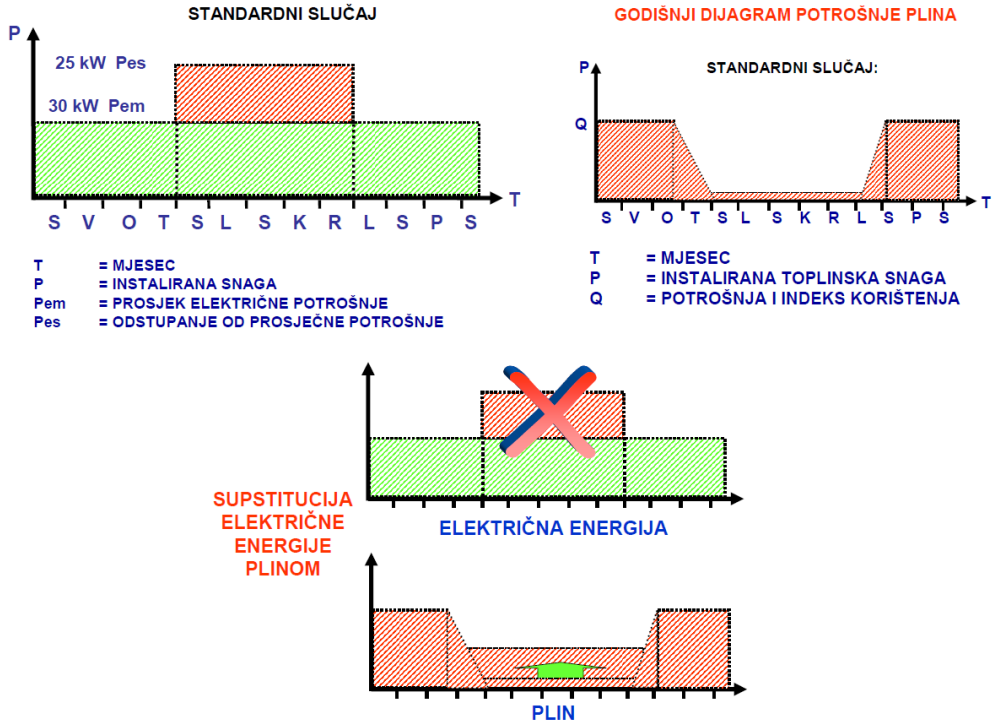
- Jedan uređaj za hlađenje i grijanje (u odnosu na kotlove)
- Niska potrošnja električne energije (oko 10% potrošnje energije u odnosu na kompresijske električna dizalica topline istih karakteristika)
- Smanjena emisija CO_2, NO_X i ostalih polutanata u okolinu (slika 3.6)
- Ne koriste se freoni već samo amonijak i voda kao prirodna radna tvar
- Predviđena je vanjska montaža dizalice topline (nije potreban rashladna strojarnica i kotlovnica)
- Mogućnost „retroffiting-a“ (zamjena postojećeg sustava grijanja)
- Plinske apsorpcijske dizalice topline spadaju u uređaje koji koriste obnovljive izvore do 40%
- Odlična kompatibilnost sa sunčevom energijom
- Malo pokretnih dijelova (solucijska pumpa i ventilator)
- Zatvoreni krug (voda – amonijak), bez dopuna, bez pražnjenja i bez održavanja

Na slici 3.7 prikazana je mogućnost uravnoteženja potrošnje plina i električne energije kod korištenja apsorpcijske plinske dizalice topline. U ljetnim mjesecima rastu zahtjevi za klimatizacijom prostora, a s time rastu i potrebe za električnom energijom te dolazi do preopterećenja sustava. Zbog toga kod električnih kompresijskih jedinica veće rashladne snage potrebno je nadograditi s transformatorskom stanicom što povećava cijenu radova.

Korištenjem plina u ljetnim mjesecima za klimatizaciju ne opterećuje dodatno plinsku instalaciju, nego je čini efikasnijim. Na slici 3.8 prikazane su učinkovitosti različitih plinskih uređaja.



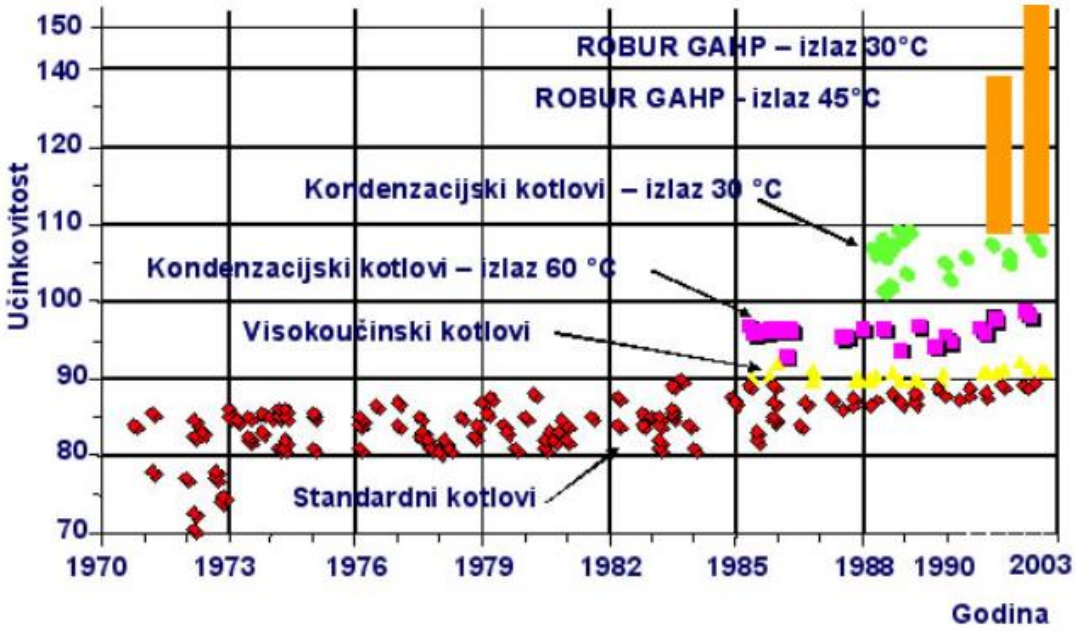
Slika 3.6 - Proizvodnja CO_2 različitih uređaja [6]



Slika 3.7 – Uravnoteženje potrošnje plina i električne energije [7]

Nedostatci apsorpcijske plinske dizalice topline:

- Visoki investicijski troškovi
- Nerazmjerna isplativost hlađenja u odnosu na grijanje
- Pri zamjeni sustava grijanja potrebna je zamjena ogrjevnih tijela u objektu (ako je postojeći sustav radio pri višim temperaturama u odnosu na dizalicu topline)
- Nemoguća izvedba ukoliko nemamo priključak na prirodni plin ili spremnik ukapljenog naftnog plina



Slika 3.8 - Učinkovitost različitih plinskih uređaja [2]

3.3. Vrste apsorpcijske plinske dizalice topline

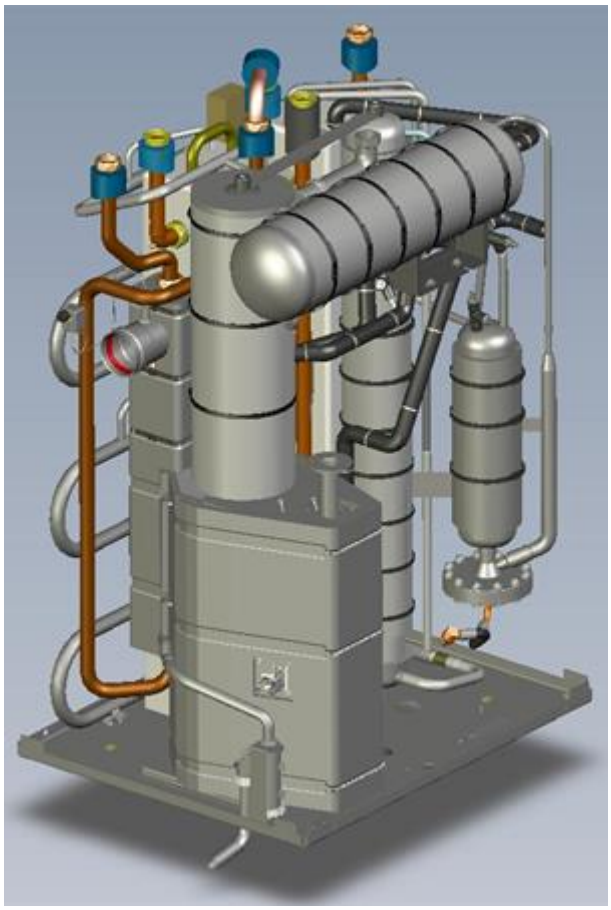
Plinske apsorpcijske dizalice topline omogućuju hlađenje/grijanje prostora u rasponu od -20°C do +50°C i to uz alternativnu ili simultanu proizvodnju toplinske, odnosno rashladne energije. Alternativna proizvodnja znači naizmjenična proizvodnja energije s jednim plamenikom na prirodni ili ukapljeni naftni plin, koja ovisno o godišnjem dobu može biti toplinska ili rashladna. Simultana ili istovremena proizvodnja znači istovremena proizvodnja toplinske i rashladne energije, uglavnom za industrijske procese i klimatizirane objekte.

U nastavku opisane su vrste apsorpcijskih plinskih dizalica topline koje su trenutno dostupne na tržištu. Usporedba osnovnih tehničkih karakteristika različitih tipova plinskih apsorpcijskih dizalica topline prikazana je u tablici 1. Na slici 3.9 prikazan je 3D model apsorpcijske dizalice topline.

Tablica 1 - Usporedba apsorpcijskih plinskih dizalica topline [2]

Karakteristika	Tip izvedbe					Jedinica
	GAHR-AR	GAHAP-A	GAHP-W Geotermalna	GAHP-W Vodena	GA-HR	
Tmin hladne vode	+3	+3	-5	+3	3	°C
Tmax tople vode	+60	+60	+60	+65	+80	°C
Potrosnja plina	2.72	2.72	2.72	2.72	2.69	m3/h
Potrosnja el. Energije	0.9	0.9	0.54	0.54	25.3	kW
Apsorbirana snaga (plin)	25.2	25.2	25	25.7	17.5	kW
Nazivni rashladni ucinak	16.9	-	16.9	18.4	17.7	kW
Nazivni toplinski ucinak	35.3	38.8	35	38.8	24.9	kW
Ucinkovitost koristenja plina u ciklusu grijanja	140	144	139	154	100	%
Ucinkovitost koristenja plina u ciklusu hladenja	68	-	2.06	227	71	%

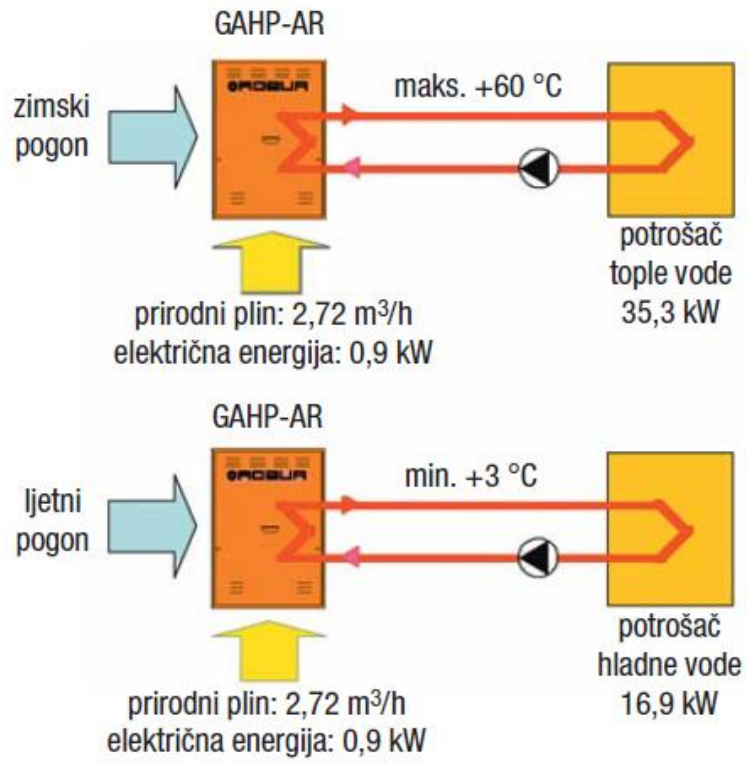
- GAHP-AR - reverzibilna dizalica topline zrak/voda za naizmjenično grijanje i hlađenje
- GAHP-A - dizalica topline zrak/voda samo za grijanje
- GAHP-W - dizalica topline voda/voda za istodobno grijanje i hlađenje
- GA-HR - apsorpcijski hladnjak koji istodobno proizvodi PTV



Slika 3.9 - 3D prikaz apsorpcijske plinske dizalice topline [6]

3.3.1. Reverzibilna dizalica topline zrak/voda GAHP - AR

Reverzibilna dizalica topline zrak/voda proizvodi hladnu i toplu vodu u temperaturnom rasponu od 3 °C do 60°C kao što je prikazano na slici 3.10. Uz pomoć reverzije uređaj koristi vanjski zrak za oba ciklusa – hlađenje i grijanje. U slučaju ciklusa hlađenja jedinica radi kao rashladnik i to preuzimajući toplinu iz klimatiziranog prostora te putem kondenzatora i apsorbera odaje toplinu vanjskom zraku. U režimu grijanja reverzibilna dizalica topline zrak/voda doseže učinkovitost od oko 140%. Tolika učinkovitost postiže se korištenjem rekuperacijom topline iz vanjskog zraka, koja skupa s toplinom dobivenom od izgaranja plina biva prebačena u kondenzator jedinice te konačno dolazi u predviđene prostorije putem cjevovoda.

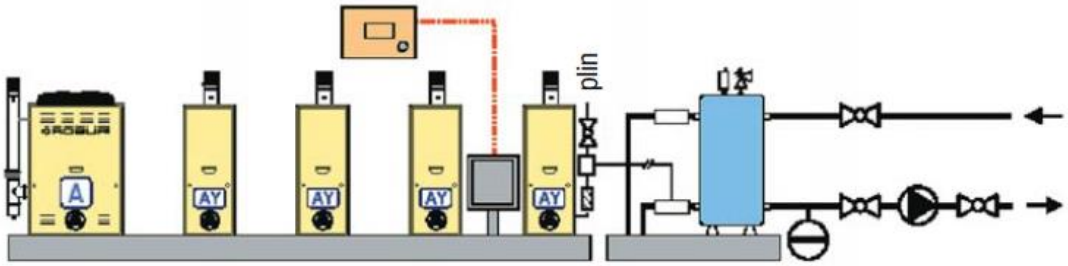


Slika 3.10 - Zimski i ljetni režimi rada GAHP-AR [2]

Zbog svojih karakteristika reverzibilna dizalice topline zrak/voda preporuča se kod: grijanja i hlađenja u industrijskim, komercijalnim i stambenim zgradama, kod instalacija u neprekidnom radu (npr. trgovački centri), potrošača koji nemaju na raspolaganju električne priključke viših snaga, te kod potrošača koji ima jedan centralizirani izvor za proizvodnju energije za hlađenje i grijanje bez povećavanja potrošnje električne energije.

3.3.2. Plinska apsorpcijska dizalice topline zrak/voda (GAHP – A)

Plinska apsorpcijska dizalica topline zrak/voda je jedinica koja proizvodi toplu vodu u temperaturnom režimu do 60 °C koristeći plin (prirodni ili ukapljeni naftni plin) te okolni zrak kao toplinski izvor. Na slici 3.11 prikazana je GAHP-A sa standardnim grijaćim modulima. Kod ovakvih jedinica učinkovitost sustava je 144%, a čak 50% nazivnog kapaciteta dobiveno je kroz ciklus grijanja što znači da nema potrebe za dodatnim izvorom topline.

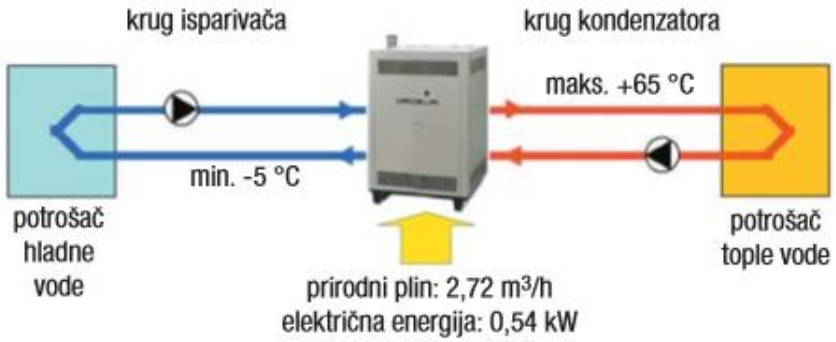


Slika 3.11 - Kombinacija uređaja GAHP-A sa standardnim grijaćim modulima [2]

S obzirom na karakteristike prikazane u nastavku, plinska apsorpcijska dizalica topline zrak/voda koristi se kao rješenje u industrijskim postrojenjima, u sustavim gdje je visoka cijena goriva te u komercijalnim objektima (hoteli, poslovne, industrijske i komercijalne zgrade).

3.3.3. Dizalice topline voda/voda GAHP – W

Plinska apsorpcijska dizalica topline voda/voda je uređaj koja koristeći plin (prirodni ili ukapljeni naftni) proizvodi hladnu i toplu vodu, odnosno vodu u temperaturnom režimu od -5 °C do 65 °C kao što prikazuje slika 3.12. Uređaj može koristiti raspoloživu energiju iz mora, podzemnih voda ili jezera, za grijanje i hlađenje. Kod grijaćeg ciklusa učinkovitost iznosi 154%. U slučaju istodobnog ciklusa, grijanja i hlađenja, učinkovitost uređaja je 227%.



Slika 3.12 - Režim rada uređaja GAHP-W [2]

Postoje dvije izvedbe ove plinska apsorpcijska dizalica topline a to su:

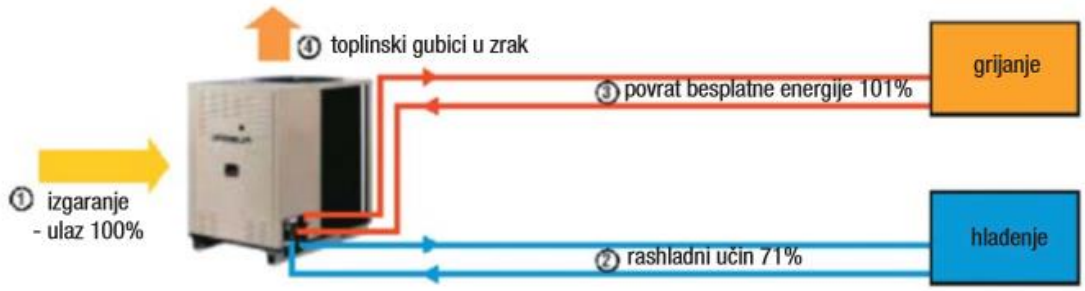
- Geotermalna izvedba
- Vodena izvedba

Osnovna razlika između geotermalne i vodene izvedbe je to što geotermalna petlja iskorištava obnovljive izvore energije preko zatvorene, dok vodena izvedba ima otvorenu petlju. Bitno je naglasiti da je kod geotermalne izvedbe potreban upola manji geotermalni izmjenjivač u odnosu na električnu dizalicu topline.

Ovi sustavi primjereni su za postrojenja koja su tipična po potrebi za istodobnom potrebom rashladne i toplinske energije, kao npr. velikim zgradama i objektima sa zonskim grijanjem i hlađenjem, bazenima, sportskim centrima, hotelima, prehrambenoj i procesnoj industriji.

3.3.4. Apsorpcijski hladnjak za istodobnu proizvodnju potrošne tople vode GA-HR

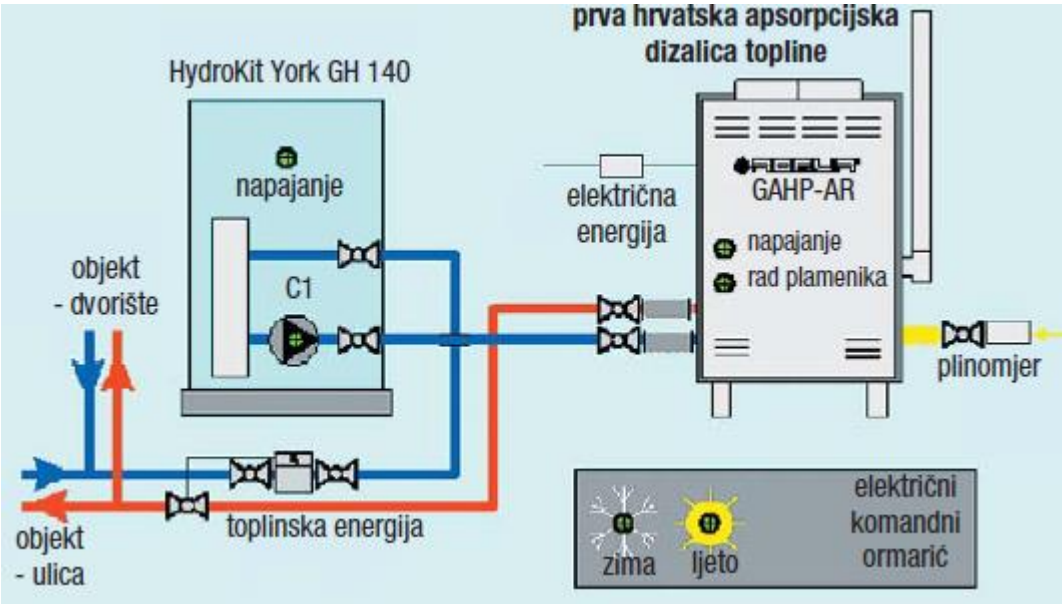
Apsorpcijski hladnjak za istodobnu proizvodnju potrošne tople vode služi za istodobnu proizvodnju tople i hladne vode u temperaturnom režimu od 3 °C do 80 °C kao što prikazuje slika 3.13. Jedinica se radi kao standardni apsorpcijski hladnjak sa dodatkom izmjenjivača topline koji koristi otpadnu toplinu za grijanje PTV-a.



Slika 3.13 - Režim rada uređaja GA-HR [8]

4. Primjeri ugradnje plinskih apsorpcijskih plinski dizalica topline u Hrvatskoj

Prva plinska apsorpcijska dizalica topline, rashladnog učinka 16.9 kW i toplinskog učinka 35 kW, u Hrvatskoj instalirana je za pokrivanje potreba grijanja i hlađenja poslovnih prostora tvrtke Tehnokom d.o.o.. Instalirana je apsorpcijska plinska dizalica GAHP-AR u svrhu zamjene postojećeg dotrajalog sustava ventilokonvektorskog grijanja i hlađenja s plinskim bojlerom i centraliziranom kompresijskim rashladnikom vode. Na slici 4.1 prikazana je shema sustava, a u tablici 2 je prikazana analiza isplativosti sustava.



Slika 4.1 - Shema sustava u Tehnokom-u [8]

Tablica 2 - Analiza isplativosti [2]

		Klasično rješenje (plinski bojler i električni kompresijski hladnjak)	Plinska apsorpcijska dizalica topline
God. potrošnja električne energije za potrebe hlađenja i grijanja	kWh/god	5280	1040,5
Električna snaga za hlađenje i grijanje	kW	8,425	0,88
Potrošnja prirodnog plina za grijanje	m^3 /god	6435	4440
Potrošnja prirodnog plina za hlađenje	m^3 /god	0	1600,5
Godišnja potrošnja plina	m^3 /god	6435	6040,5
Godišnja ušteda	kn/god		Preko 6000 kn/god
Povrat investicije			< od 3 godine

Slika 4.2 - Tehnokom-ova apsorpcijska plinska dizalica topline [8]

Analiza je pokazala isplativost ugradnje plinske apsorpcijske dizalice topline nakon 3 godine. Prije puštanja pogona u rad instalirana su mjerila plina, električne energije te rashladne energije. Nakon perioda od godinu dana rezultati mjerenja pokazali su rezultate koji su bili bolji od predviđenih. Na slici 4.2 prikazan je apsorpcijska plinska dizalica topline postavljena u dvorištu Tehnokom-a.

Na slici 4.3 prikazani su još neki primjeri izvedbe ugradnje plinskih apsorpcijskih dizalica topline u hrvatskoj.

Slika 4.3 - Primjeri ugradnje apsorpcijskih plinskih dizalica topline u hrvatskoj [7]

5. Tehničko-ekonomska analiza zamjene postojećeg sustava grijanja na loživo ulje

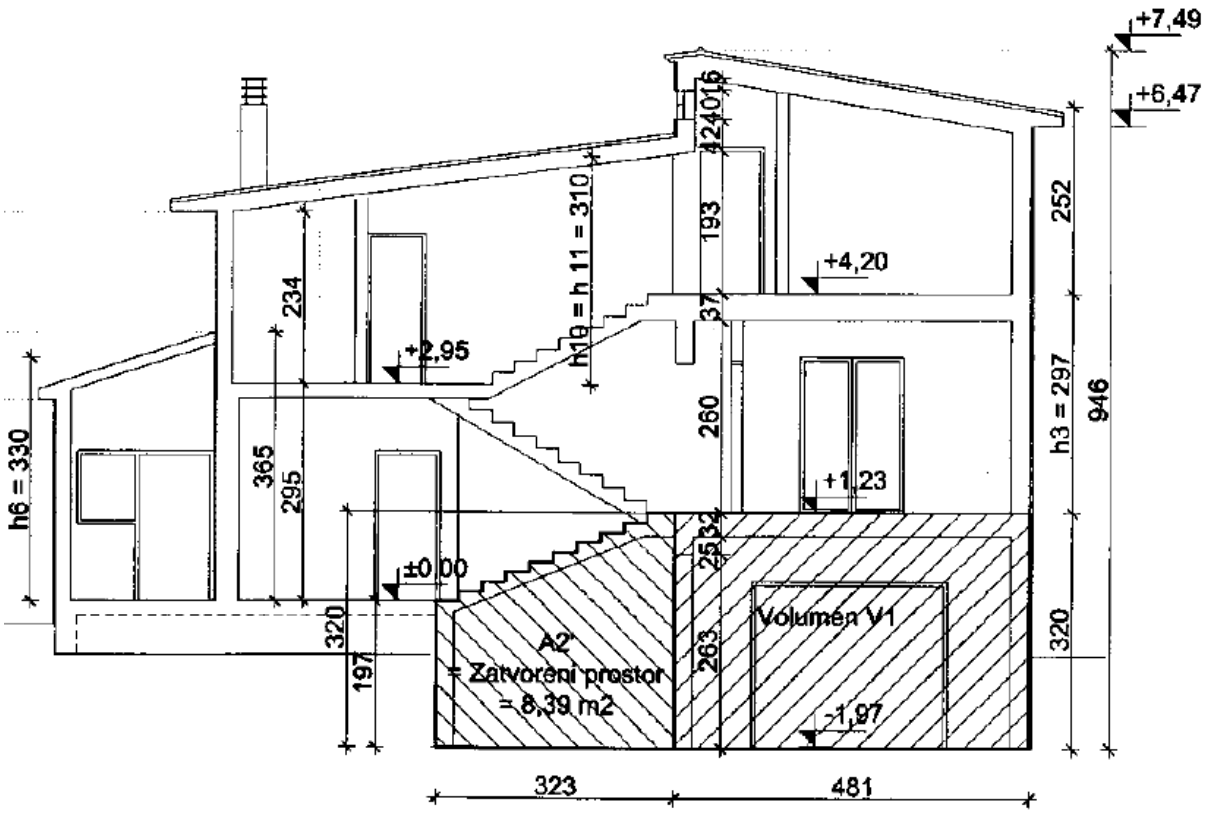
U nastavku je prikazana pojednostavljena tehničko-ekonomska analiza predložene zamjene postojećeg sustava grijanja s toplovodnim kotlom na loživo ulje novim sustavom koji bi kao izvor toplinske energije koristio plinsku apsorpcijsku dizalicu topline. S obzirom na raspoložive podatke o potrošnji primarnog energenta, analizom će biti obuhvaćena samo sezona grijanja, odnosno, zadovoljavanje potreba za toplinskom energijom za grijanje objekta i pripremu potrošne tople vode. Mogućnosti korištenja dizalice topline tijekom ljetne sezone nije predmet ove analize.

Na osnovu poznate potrošnje ekstra lakog loživog ulja (LU EL) biti će izvršena procjena o mjesečnim potrebama za toplinskom energijom, a koju će trebati osigurati odabrana plinska apsorpcijska dizalica topline. Na osnovu predložene zamjene energetskog sustava biti će izvršena procjena isplativosti, odnosno, period povrata investicijskih troškova a na osnovu promjene primarnog energenta. U završnom radu primijenjena je pojednostavljena tehničko-ekonomska analiza, te u analizi nije uzet u obzir investicijski trošak zamjene cijevne instalacije i ogrjevnih tijela.

5.1. Obiteljska kuća

Obiteljska kuća koja je predmetom ove analize smještena je na lokaciji Brnaze, kraj Sinja, na udaljenost od Splita od oko 30 km. Bruto površina obiteljske kuće iznosi 325 m^2, a stambena površina je 220 m^2. Pročelje obiteljske kuće prikazano je na slici 5.1.

Kuća je izolirana slojem toplinske izolacije s unutarnje strane vanjskog zida, pri čemu je korištena kamena vuna. Podatak o debljini sloja toplinske izolacije nije poznat. Lokacija na kojoj se nalazi obiteljska kuća pripada u područje sredozemne klime, ali je zbog nadmorske visine od 350 m i okolnih planina vanjska projektna temperatura relativno niska i iznosi -16 °C.



Slika 5.1 - Pročelje obiteljske kuće

5.2. Retrofitting - zamjena radijatora s ventilokonvektorima

„Retrofitting“ je zamjena postojećeg sustava za grijanje ili hlađenje s novim sustavom tako da se uspije iskoristiti sve osim izvora grijanja ili hlađenja.

Za slučaj obiteljske kuće koja je predmet ove analize to nije moguće. Postoji dosta čimbenika koji ne dozvoljavaju „retrofitting“. Trenutno se u kući koristi toplovodni kotao snage 34 kW, polazno/povratne temperature vode od 95/60 °C. Kotao je marke Centrometal, proizveden 1997. godine. Režim rada toplovodnog kotla ne odgovara režimu rada apsorpcijske plinske dizalice topline, u čijem slučaju su polazno/povratna temperatura vode definirane iznosima od 55/45 °C. U kući se kao ogrjevna tijela koriste radijatori koji bi se trebali zamijeniti ventilokonvektorima zbog mogućnosti hlađenja apsorpcijske plinske dizalice topline ali i temperaturnog režima rada. Količina topline koja se treba dovesti u svaku prostoriju ostaje ista, ali zbog manje razlike temperatura polaznog i povratnog voda (Δt = 10°C) za istu količinu dostavljene topline potreban je veći protok cirkulacijske vode. Zbog povećanja protoka potrebno je povećati i promjer cijevi, a kako ne bi došlo do povećanja

brzine strujanja vode u cirkulaciji, što bi imalo za rezultat povećanje otpora strujanja, probleme s visinom dobave cirkulacijske crpke ali i pojavu buke u sustavu.

5.3. Odabir apsorpcijske plinske dizalice topline

Odabir apsorpcijske plinske dizalice topline biti će izvršen na osnovu potrebe za toplinskom energijom tijekom sezone grijanja, pri čemu njen kapacitet u režimu hlađenja neće biti posebno razmatran. Apsorpcijska plinska dizalica topline treba osigurati dovoljno toplinske energije za grijanje objekta i pripremu potrošne tople vode (PTV).

Za potrebe grijanja i pripremu PTV-a u zimskom periodu trenutno se koristi toplovodni kotao snage 34 kW. S obzirom da nisu poznati podaci o fizici zgrade nije bilo moguće izraditi detaljan proračun toplinskih gubitaka. Na osnovu procijenjene vrijednosti specifičnih gubitaka topline od 80 W/m^2, izvršen je odabir nazivne snage apsorpcijske plinske dizalice topline. Također, može se nazivna snaga dizalice topline odrediti i pomoću podatka o snazi toplovodnog kotla na loživo ulje (34 kW) i prosječne vrijednosti toplinskog učinka novog kotla na tekuće gorivo (oko 80%).

Za proračun potrebe grijanja odabrana je srednja vrijednost izolacije za kuću, jer se sloj zida sastoji od betonskih blokova i kamene vune s unutrašnje strane [9].

$\vartheta_G = 80\ W/m^2$ – potrebna snaga za grijanje po metru kvadratnom [9]

$A_E = 220\ m^2$- efektivna površina obiteljske kuće

$Q_G = \vartheta_G \cdot A_E$

$Q_G = 80 \cdot 220$

$Q_G = 17600\ W = 17{,}6\ kW$ – potrebna snaga za grijanje obiteljske kuće

Toplina za pripremu potrošne tople vode u danu je osnovna vrijednost prema kojoj se dimenzionira toplinski sustav za PTV-a. Određuje se jednadžbom:

$$Q_{PTV,d} = c_W \cdot \rho_W \cdot V_{PTV,d} \cdot \left(\vartheta_{PTV} - \vartheta_{dov,hl}\right) = c_W \cdot \rho_W \cdot n_{os} \cdot v_{PTV,spec,d} \cdot \left(\vartheta_{PTV} - \vartheta_{dov,hl}\right)$$

$Q_{PTV,d}\ [kWh/d]$ – toplina za pripremu PTV-a u danu

$c_W = 0{,}00116\ kWh/(kgK)$ – specifični toplinski kapacitet vode

$\rho_W = 1\ kg/l$ – gustoća vode

$\vartheta_{PTV} = 55°C$ - zahtijevana temperatura PTV-a

$\vartheta_{dov,hl} = 12°C$ - temperatura dovedene hladne vode

$n_{os} = 5$ – broj osoba u kućanstvu

$v_{PTV,spec,d} = 50\ l/d$ – specifične dnevne potrebe za PTV-om po osobi

Stvarne dnevne potrebe za PTV-om u kućanstvima točno se mogu odrediti jedino mjerenjem potrošnje, a specifične dnevne potrebe za PTV-om u kućanstvima u pravilu se procjenjuju na osnovu iskustvenih podataka koji se mogu pronaći u tablicama i dijagramima. [10]

$Q_{PTV,d} = 0{,}00116 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 50 \cdot (55 - 12)$

$Q_{PTV,d} = 12{,}47\ kWh/d$

$t = 4\ h$ - vrijeme grijanja PTV-a

$Q_{PTV} = \frac{Q_{PTV,d}}{t}$

$Q_{PTV} = \frac{12{,}47}{4}$

$Q_{PTV} = 3{,}12\ kW$ – potrebna snaga za PTV

Predviđeno je da se zagrijavanje PTV-a obavljati noću, kada sustav nije u funkciji grijanja, i to tijekom 4 sata rada sustava. Iz tog razloga nije potrebno povećavati potrebni toplinski kapacitet grijanja. U slučaju potrebe grijanja PTV-a tijekom dana, kada je potrebna i toplinska energija za grijanjem kuće, tada bi ukupna snaga sustava iznosila oko 21 kW.

Postoji nekoliko proizvođača apsorpcijskih plinskih dizalica topline koji su dostupni u Hrvatskoj. Za potrebe ovog rada odabrana je apsorpcijska plinska dizalica topline proizvođača Robur.

Za obiteljsku kuću odabire se apsorpcijska plinska dizalica topline Robur GAHP-AR (reverzibilna dizalica topline zrak/voda).

Tehnički podatci za Robur GAHP-AR:

- Nazivna toplinska snaga pri A7/W50 (vanjska temperatura zraka 7°C, voda za grijanje na 50°C): 35,3 kW
- Nazivna rashladna snaga pri A35/W7 (vanjska temperatura zraka 35°C, voda za hlađenje na 7°C): 16,9 kW
- Iskoristivost: Grijanje 140%
  Hlađenje 67%
- Potrošnja plina: Prirodni plin (G20) 2,67 m^3/h
  Ukapljeni naftni plin (G30) 1,96 kg/h
- Dimenzije 1230 x 1245 x 1650 mm

Slika 5.2 - Robur GAHP-AR [12]

Na slici 5.3 prikazana je GAHP-AR plinska apsorpcijska reverzibilna dizalica topline koja koristi zrak kao obnovljivi izvor energije. Može se koristiti za grijanje industrijskih, komercijalnih i stambenih prostora.

Uređaj je predviđen za vanjsku ugradnju bez potrebe ishođenja građevinske dozvole, te s obzirom da može raditi pri vanjskim temperaturama od -20°C do 45°C njegova uporaba odgovara za područje Sinja.

Pri proračunskoj temperaturi od -16°C, apsorpcijska plinska dizalica topline ima snagu od 25,62 kW, a prema raspoloživim podacima u katalogu proizvođača. [19] U periodu grijanja uređaj u ovisnosti o vanjskoj temperaturi može trošiti 30÷50% plina manje u odnosu na klasične plinske kotlove. Kaskadnim spajanjem uređaja mogu se dobiti veliki ogrjevni i rashladni kapaciteti do nekoliko MW koji se primjenjuju u hotelima, industrijskim pogonima, bolnicama, trgovačkim centrima.

5.4. Karakteristike loživog ulja

Loživo ulje je često korišten energent za grijanje kućanstva. Najčešće se koristi ekstra lako lož ulje (LU EL), čiji sastav je prikazan u tablici 3, a karakteristike u tablici 4. Cijena loživog ulja u zadnjih 10 godina je varirala od 3,6 kn/l pa do 7,7 kn/l kao što prikazuje slika 5.4. U 2018. prosjek je bio oko 5,75 kn/l.

Tablica 3 - Kemijski sastav lož ulja [13]

Naziv	**Kemijska formula**	**Maseni udio**
Ugljik	C	86%
Vodik	H	13%
Kisik + Dušik	O+N	0,5%
Sumpor	S	0,2%

Tablica 4 - Karakteristike lož ulja [13]

Karakteristika	**Mjerna veličina**
Vrelište / Područje vrenja	180÷300°C
Točka paljenja / Plamište	55°C
Temperatura samozapaljenja	250÷460°C
Granice eksplozivnosti	0,6÷6,5% v/v
Gustoća (15°C), najviše	820÷860 kg/m^3
Toka tečenja, najviše	0÷12°C
Viskoznost (20°)	1,8÷6 mm^2/s
Viskoznost (40°)	1,3÷3,8 mm^2/s
Gornja ogrjevna vrijednost	45400 kJ/kg = 12,611 kWh/kg
Donja ogrjevna vrijednost	42700 kJ/kg = 11,861 kWh/kg

Slika 5.3 - Cijena lož ulja u kunama po litri tijekom godina [14]

5.5. Karakteristike prirodnog plina

Prirodni plin je za okoliš najprihvatljivije fosilno gorivo. Njegov glavni sastojak je metan (CH_4) koji sagorijeva gotovo u potpunosti i pri tome ne nastaje pepeo. Ima manju emisiju ugljičnog dioksida CO_2 od nafte i ugljena za isti toplinski učinak. Korištenjem prirodnog plina smanjuje se negativni utjecaj klimatskih promjena na okoliš te doprinosi zašiti okoliša, ako se zamijeni s drugim fosilnim gorivima. Prirodni plin je lakši od zraka, neotrovan, nema okusa ni mirisa, ali mu se dodaje odorant kako bi imao intenzivni specifični miris. Trenutne procjene rezervi prirodnog plina su da će ga biti dovoljno za sljedećih 60 godina, ali zbog novih nalazišta plina očekuje se i duži period.

U tablici 5 prikazana je standardna kvaliteta prirodnog plina po sastavu, a u tablici 6 po karakteristikama (NN br. 158/13) pri apsolutnom tlaku 101,325 Pa (1,01325 bar) i temperaturi plina 288,15 K (15°C). U tablici 7 prikazan je godišnji izvještaj o kvaliteti prirodnog plina na mjernom mjestu Pula.

Tablica 5 - Standardna kvaliteta prirodnog plina po sastavu [13]

Plin	**Granična vrijednost**	**Mjerna jedinica**
Metan (CH_4)	>85	mol %
Etan (C_2H_6)	<7	mol %
Propan (C_3H_8) i viši ugljikovodici	<6	mol %
Dušik (N_2)	<3	mol %
Ugljični dioksid (CO_2)	<2,5	mol %
Kisik (O_2)	<0,001	mol %
Sumpor ukupni (S)	<30	mg/m^3
Sumporovodik i karbonil sulfid ukupno (H_2S+COS)	<5	mg/m^3
Merkaptani (RSH)	<6	mg/m^3

Tablica 6 - Standardna kvaliteta prirodnog plina po karakteristikama [13]

Karakteristika	**Oznaka**	**Granična vrijednost**	**Mjerna jedinica**
Gornja ogrjevna vrijednost	H_g	>10,28	kWh/m^3
		<12,75	kWh/m^3
Donja ogrjevna vrijednost	H_d	>9,25	kWh/m^3
		<11,47	kWh/m^3
Gornji Wobbe-indeks	W_g	>12,75	kWh/m^3
		<15,81	kWh/m^3
Donji Wobbe-indeks	W_d	>11,48	kWh/m^3
		<14,23	kWh/m^3
Gustoća (0°C, 1013,25 mbar)	ρ	0,753	kg/m^3
Relativna gustoća (zrak=1)	d	>0,56	-
		<0,7	-
Točka rosišta, pri tlaku od 70 bar	vode	-8	°C
	ugljikovodika	-2	°C

Tablica 7 - Godišnji izvještaj o plinu na mjernom mjestu Pula [15]

Kvaliteta plina po specifičnim područjima na transportnom sustavu (2017.godina)

15. Pula

Pula																	
Razdoblje/ Period	Sastav prirodnog plina / Gas composition										Svojstva prirodnog plina / Gas properties						
	N2	CO2	C1	C2	C3	i-C4	n-C4	i-C5	n-C5	C6+	Hg	Hd	Wi	ρ	d	M	R
	(mol%)										J/m^3 @15	J/m^3 @15	J/m^3 @15	g/m^3 @15	zrak=1	kg/kmol	J/kgK
01.01.-15.01.2017.	0,730	0,030	99,230	0,010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,50	33,760	50,20	0,6840	0,5581	16,140	515,14
16.01.-31.01.2017.	0,730	0,030	99,230	0,010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,50	33,760	50,20	0,6840	0,5581	16,140	515,14
01.02.-15.02.2017.	0,620	0,030	99,340	0,010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,540	33,80	50,270	0,6834	0,5577	16,127	515,56
16.02.-28.02.2017.	0,710	0,030	99,250	0,010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,50	33,770	50,20	0,6839	0,5581	16,138	515,21
01.03.-15.03.2017.	0,720	0,030	99,240	0,010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,50	33,760	50,20	0,6839	0,5581	16,140	515,16
16.03.-31.03.2017.	0,714	0,029	99,242	0,013	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,503	33,765	50,203	0,6839	0,5580	16,139	
01.04.-15.04.2017.	0,748	0,030	99,207	0,013	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,490	33,753	50,180	0,6841	0,5582	16,143	
16.04.-30.04.2017.	0,748	0,030	99,206	0,014	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,490	33,753	50,179	0,6841	0,5582	16,143	
01.05.-15.05.2017.	0,728	0,029	99,230	0,013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,497	33,760	50,194	0,6839	0,5581	16,139	
16.05.-31.05.2017.	0,764	0,030	99,193	0,013	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,482	33,746	50,168	0,6841	0,5582	16,144	
01.06.-15.06.2017.	0,754	0,030	99,201	0,013	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,487	33,751	50,175	0,6841	0,5582	16,143	
16.06.-30.06.2017.	0,763	0,030	99,191	0,013	0,003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,484	33,748	50,169	0,6841	0,5582	16,145	
01.07.-15.07.2017.	0,783	0,030	99,172	0,013	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,477	33,741	50,155	0,6842	0,5583	16,147	
16.07.-31.07.2017.	0,765	0,030	99,191	0,012	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,480	33,745	50,162	0,6842	0,5583	16,146	
01.08.-15.08.2017.	0,820	0,031	99,134	0,013	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,462	33,728	50,129	0,6844	0,5585	16,152	
16.08.-31.08.2017.	0,820	0,031	99,133	0,014	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,462	33,728	50,128	0,6844	0,5585	16,152	
01.09.-15.09.2017.	0,796	0,031	99,158	0,013	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,471	33,736	50,146	0,6843	0,5584	16,149	
16.09.-30.09.2017.	0,836	0,032	99,117	0,013	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,455	33,722	50,116	0,6845	0,5586	16,154	
01.10.-15.10.2017.	0,776	0,031	99,177	0,014	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,479	33,744	50,160	0,6842	0,5583	16,146	
16.10.-31.10.2017.	0,631	0,018	99,332	0,015	0,003	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	37,540	33,798	50,272	0,6834	0,5576	16,126	
01.11.-15.11.2017.	0,737	0,032	99,215	0,013	0,002	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	37,494	33,756	50,185	0,6840	0,5582	16,142	
16.11.-30.11.2017.	0,753	0,031	99,199	0,014	0,002	0,001	0,0	0,0	0,0	0,0	37,488	33,751	50,175	0,6841	0,5582	16,144	
01.12.-15.12.2017.	0,829	0,031	99,124	0,014	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,458	33,725	50,122	0,6845	0,5585	16,153	
16.12.-31.12.2017.	0,785	0,031	99,168	0,014	0,002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,476	33,740	50,153	0,6843	0,5584	16,148	

5.6. Model sufinanciranja ugradnje apsorpcijske plinske dizalice topline

Apsorpcijske plinske dizalice topline zahtijevaju više investicijske troškove u odnosu na kompresijske dizalice topline pogonjene električnom energijom.

Splitsko-dalmatinska županija dana 4. lipnja 2018. odredila je „Pravilnik za provedbu Programa sustavno gospodarenje energijom na području Splitsko-dalmatinske županije (2018.-2021.)“ kojim se propisuju uvjeti i kriteriji za dodjelu sredstava, dokazi sposobnosti, način provedbe javnog poziva, te druga bitna pitanja za provedbu Pravilnika [18].

U programu se nalaze tri projekta:

Projekt 1: Poticanje korištenja obnovljivih izvora energije u obiteljskim kućama.

Projekt 2: Poticanje povećanja energetske učinkovitosti u obiteljskim kućama.

Projekt 3: Poticanje smanjena potrošnje energije i svjetlosnog zagađenja javne rasvjete.

Za zamjenu kotlovnice na loživo, ulje s apsorpcijskom plinskom dizalicom topline predviđen je Projekt 2, Mjera 2.4. koja se odnosi na plinske apsorpcijske dizalice topline, slijedećeg sadržaja:

„Mjera 2.4. – plinske apsorpcijske dizalice topline

- *Ukupni troškovi opreme i ugradnje plinske apsorpcijske dizalice topline bit će sufinancirani nepovratnim novčanim sredstvima u iznosu od 50% ukupnih prihvatljivih troškova, odnosno do maksimalnog iznosa od 30.000,00 kn po kućanstvu.“* [18]

Projekt sufinanciranja pod točkom C. uključuje troškove projektne dokumentacije i priključaka na plinski distribucijski sustav:

„C. Troškovi projektne dokumentacije i priključaka na plinski distribucijski sustav

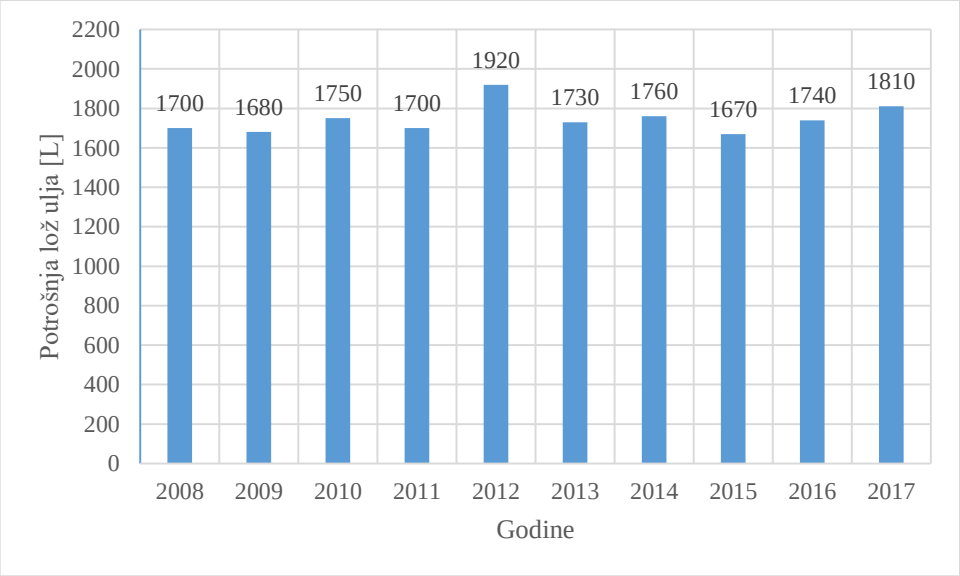
Korisnicima Mjera 2.3, 2.4 i 2.5 priznaju se i troškovi projektne dokumentacije i priključaka na plinski distribucijski sustav u iznosu do maksimalno 50% ukupnog prihvatljivog troška, a ne više od 10.000,00 kn.“ [18]

Ovom mjerom sufinanciranja troškova Splitsko-dalmatinska županija želi potaknuti investitore na ulaganja u energetski učinkovitije ali i ekološki prihvatljivije energetske

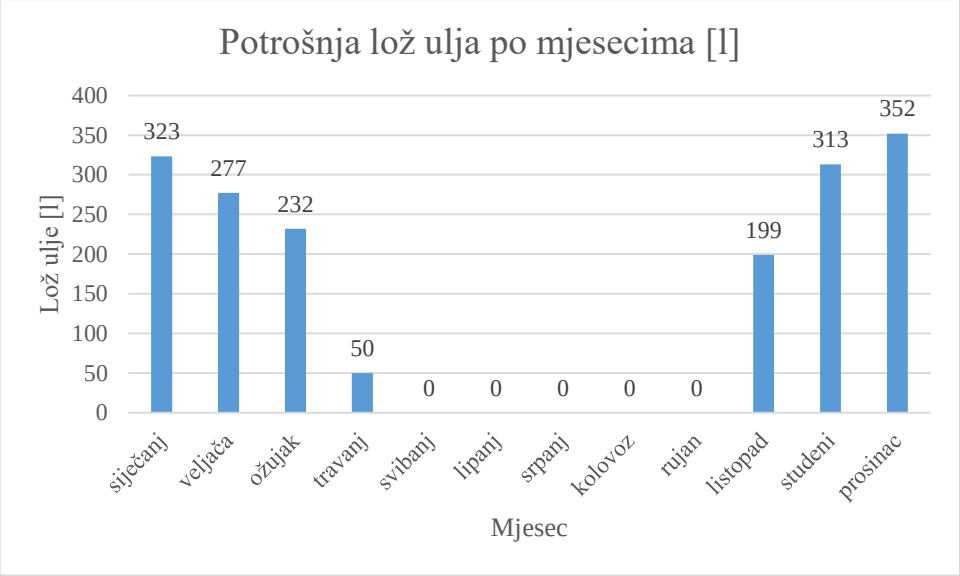
sustave. Osim toga cilj je i potaknuti uporabu „novog“ energenta na području Splitsko-dalmatinske županije. S obzirom da je plinska mreža u priobalnim krajevima još uvijek u fazi razvoja, te da je mogućnost korištenja prirodnog plina kao energenta još uvijek za većinu stanovništva nepoznata, rezultat je i relativno slab interes potencijalnih korisnika za uporabom sustava koji koriste prirodni plin. U prilog tome ide i činjenica da su apsorpcijske dizalice topline skuplje u odnosu na električne dizalice topline. Konačno, za očekivati je da će pozitivna iskustva novih korisnika prirodnog plina biti dodatni poticaj, zajedno s Mjerama koje je predvidjela Splitsko-dalmatinska županija.

5.7. Troškovi kotlovnice na lož ulje

Podatci potrebni za tehničko-ekonomsku analizu dobavljeni su od vlasnika obiteljske kuće koji je vodio evidenciju potrošnje energenata u posljednjih 10 godina. Na osnovu tih podataka napravljena je analiza troškova grijanja pomoću loživog ulja. Potrebe za grijanjem obiteljske kuće traju u prosjeku 6 do 7 mjeseci godišnje. U zadnjih deset godina, od 2008. do 2017., prosjek potrošnje loživog ulja bio je oko 1746 l na godinu, dok je maksimum bio 1920 l, a minimum 1670 l kao što je vidljivo na slici 5.5.

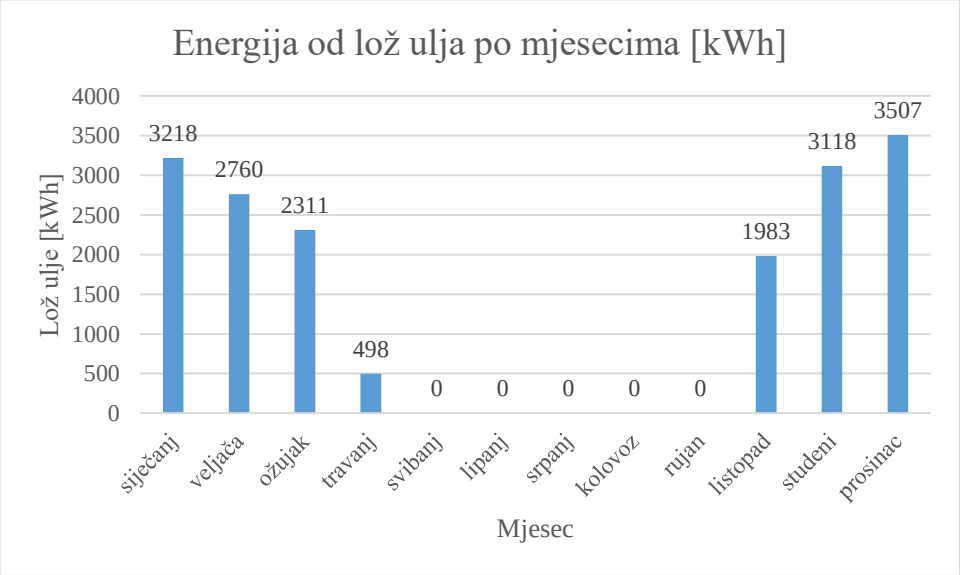


Slika 5.4 - Dijagram potrošnje lož ulja u zadnjih 10 godina

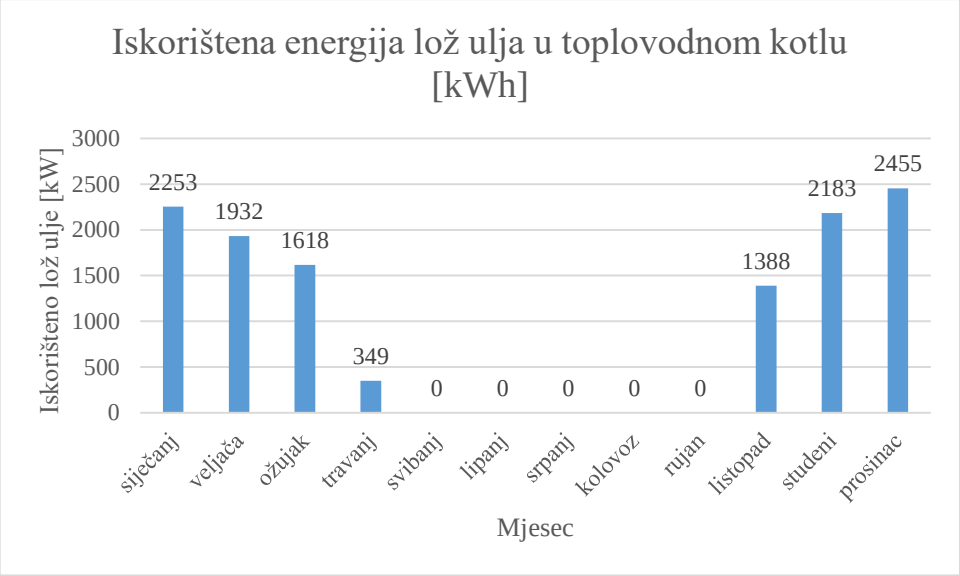


Slika 5.5 - Potrošnja lož ulja po mjesecima u litrama [l]

Na slici 5.6 se vidi prosječna potrošnja loživog ulja po mjesecima u litrama [l], a na slici 5.7 se vidi prosječna potrošnja loživog ulja po mjesecima ali izražena u kilovat satima [kWh] na osnovu energetske vrijednosti loživog ulja. Slika 5.8 prikazuje iskorištenu energiju loživog ulje u kotlovnici u kilovat satima [kWh] uz pretpostavku ukupnog stupnja djelovanja sustava grijanja toplovodnog kotla od 70% (procjena autora!). Iz prikazanih dijagrama može se zaključiti da je toplovodna kotlovnica na loživo ulje skoro pola godine izvan upotrebe.



Slika 5.6 - Potrošnja lož ulja u kilovat satima [kWh]



Slika 5.7 - Iskorištena energija lož ulja u toplovodnom kotlu [kWh]

U tablici 8 prikazani su investicijski (jednokratni) troškovi kotlovnice na loživo ulje koji će poslužiti za usporedbu isplativosti s apsorpcijskom plinskom dizalicom topline. U prikazu troškova navedeni su samo osnovni troškovi nabave opreme i priključka.

Tablica 8 - Jednokratni troškovi kotlovnice na loživo ulje

Kotao na lož ulje Centrometal EKO-CKB P 35 [22]	10.497,55 kn
Spremnik lož ulja 2000 l [23]	4.090,00 kn
Instaliranje kotla i pripadajuće opreme	3.000,00 kn
UKUPNO:	**17.587,00 kn**

U nastavku slijedi prikaz pojednostavljenog proračuna troškova loživog ulja za potrebnu toplinsku energiju tijekom jedne sezone grijanja.

$\rho_{LU} = 840\ \frac{kg}{m^3}$ – gustoća loživog ulja

$H = 11{,}861\ \frac{kWh}{kg} = 9963{,}24\ \frac{kWh}{m^3}$ – donja ogrjevna vrijednost loživog ulja

-ukupni troškovi lož ulja za 1, 5 i 10 godine:

$P = 1746$ l – prosječna jednogodišnja potrošnja lož ulja

$C = 5{,}75\ \frac{kn}{l}$ – prosječna cijena lož ulja

$T_S = 550\ kn$ – cijena godišnjeg servisa [16]

$T_1 = P \cdot C + T_S$

$T_1 = 1746 \cdot 5{,}75 + 550$

$T_1 = 10.589{,}50\ kn$ – troškovi za jednu godinu

$T_5 = 5 \cdot P \cdot C + 5 \cdot T_S$

$T_5 = 5 \cdot 1746 \cdot 5{,}75 + 5 \cdot 550$

$T_5 = 52.947{,}50\ kn$ – troškovi za pet godina

$T_{10} = 10 \cdot P \cdot C + 10 \cdot T_S$

$T_{10} = 10 \cdot 1746 \cdot 5{,}75 + 10 \cdot 550$

$T_{10} = 105.895{,}00\ kn$ – troškovi za deset godina

Iskoristivost novog Centrometalovog toplovodnog kotla je oko 81% [17]. Za kotao korišten više od 10 godina može se pretpostaviti da je ukupna iskoristivost sustava grijanja oko 70%. U sljedećem dijelu prikazan je proračun uložene energije loživog ulja i iskorištene energije loživog ulja.

$\varphi = 70\%$ - pretpostavljena iskoristivost kotla na loživog ulje

$E_{U1} = \frac{P}{1000} \cdot H$

$E_{U1} = \frac{1746}{1000} \cdot 9963{,}24$

$E_{U1} = 17395{,}82\ kWh$ - uložena energija loživog ulja u jednoj godini

$$E_{I1} = \frac{P}{1000} \cdot H \cdot \varphi$$

$$E_{I1} = \frac{1746}{1000} \cdot 9963{,}24 \cdot 0{,}7$$

$E_{I1} = 12177{,}07\ kWh$ - iskorištena energija loživog ulja u jednoj godini

5.8. Troškovi apsorpcijske plinske dizalice topline i priključenja plina

Varijanta 1. – bez sufinanciranja

U troškove ugradnje apsorpcijske plinske dizalice topline, osim samoga uređaja ubrajaju se i troškovi plinske instalacije, građevinski radovi izrade priključka na plinsku mrežu, pripadajuća projektna dokumentacija i troškovi priključenja. Početni troškovi apsorpcijske plinske dizalice topline prikazani su u tablici 9. S obzirom da u zadanoj obiteljskoj kući nema postojeće plinske infrastrukture niti plinskog priključka potrebno je prema danim uputama distributera prirodnog plina napraviti sve potrebne radnje kako bi se potrošač priključio na distribucijsku mrežu. Nakon dobivenog odobrenja za priključenje na plinsku mrežu ovlašteni inženjer strojarstva za projektiranje unutarnjih plinskih instalacija treba napraviti projekt kućne plinske instalacije i priključka na distribucijsku mrežu.

Tablica 9 - Troškovi apsorpcijske plinske dizalice topline i priključenja plina bez sufinanciranja

	Cijena [kn]
Plinski ormarić	1.250,00
Plinomjer	1.875,00
Regulator tlaka	1.250,00
Projektiranje plinske mreže	4.000,00
Iskopi i cijevna instalacija do kuće	15.000,00
Naknada za priključak plina	4.375,00
Apsorpcijska plinska dizalica topline	105.000,00
UKUPNO	**132.750,00**

Varijanta 2 – sa sufinanciranjem

Uz pomoć programa sufinanciranja apsorpcijskih plinskih dizalica topline koji provodi Splitsko-dalmatinska županija, moguće je ostvariti određene uštede pri pripremi i provedbi projekta. S obzirom na već prikazane mjere, te s obzirom na procijenjene investicijske troškove realizacije projekta korištenja apsorpcijske plinske dizalice topline, mogu se ostvariti maksimalne uštede za sufinanciranje troškova priključenja na plinsku mrežu i projektnu dokumentacije u iznosu od 10.000,00 kn, te za troškove opreme i ugradnje apsorpcijske plinske dizalice topline u iznosu od 30.000,00 kn. U tablici 10. prikazani su troškovi za izvedbu sustava s apsorpcijskom plinskom dizalicom topline uz sufinanciranje.

Tablica 10 - Troškovi apsorpcijske plinske dizalice topline i priključenja plina sa sufinanciranjem

	Cijena [kn]
Plinski ormarić	1.250,00
Plinomjer	1.875,00
Regulator tlaka	1.250,00
Projektiranje plinske mreže	4.000,00
Iskopi i cijevna instalacija do kuće	15.000,00
Naknada za priključak plina	4.375,00
Sufinanciranje troškova projektne dokumentacije i priključka na plinski distribucijski sustav	-10.000,00
Apsorpcijska plinska dizalica topline	105.000,00
Sufinanciranje troškova opreme i ugradnje plinske apsorpcijske dizalice topline	-30.000,00
UKUPNO	**92.750,00**

Pri analizi troškova potrošnje prirodnog plina potrebno je uzeti u obzir mjesečnu potrošnju plina prema pripadajućem tarifnom modelu za opskrbu plinom za kućanstva (kn/kWh) te fiksne mjesečne naknade (kn).

5.9. Potrošnja plina u režimu grijanja

Predviđenim sustavom grijanja, hlađenja i pripreme PTV-a prirodni plin će se koristiti tijekom cijele godine. Potrošnja prirodnog plina u zimskim hladnim mjesecima biti će veća u odnosu na ljetna potrošnju za potrebe pripreme PTV-a i hlađenja obiteljske kuće. S obzirom da se u završnom radu analizira samo sezona grijanja, analiza potrošnje će biti izvršena samo za taj period.

U tablici 11. prikazana je procjena godišnje potrošnje prirodnog plina, ali samo u sezoni grijanja, pri čemu su prikazani sljedeći podatci:

- prosječne mjesečne temperature za Sinj [20] koje su zaokružene na približne vrijednosti zbog jednostavnijeg očitanja iz tablica proizvođača dizalice topline [19]
- iskorištena energija loživog ulja na osnovu podataka o potrošnji i gubitcima u toplovodnom kotlu (slika 5.8), odnosno, potrebna toplinska energija za grijanje i pripremu PTV-a
- snaga apsorpcijske plinske dizalice topline pri prosječnim mjesečnim temperaturama očitane iz tablica proizvođača dizalice topline [19]
- koeficijent iskoristivosti pri prosječnim mjesečnim temperaturama očitan iz tablice proizvođača dizalice topline [19]
- mjesečna potrošnja plina u kilovat satima [kWh]

  $P_P = \frac{E_I}{\varepsilon}$

  $E_I - potrebna\ toplinska\ energija\ za\ grijanje\ i\ pripremu\ PTV - a\ [kWh]$

  $\varepsilon - koeficijent\ iskoristivosti$

- potrošnja prirodnog plina [m^3]

  $P_{Pm3} = \frac{E_I}{H_{dK}}$

  $H_{dK} - iskorištena\ ogrjevna\ vrijednost\ 1\ m^3 = 9{,}44\ kWh$ [21]

- mjesečni trošak u kunama [kn]

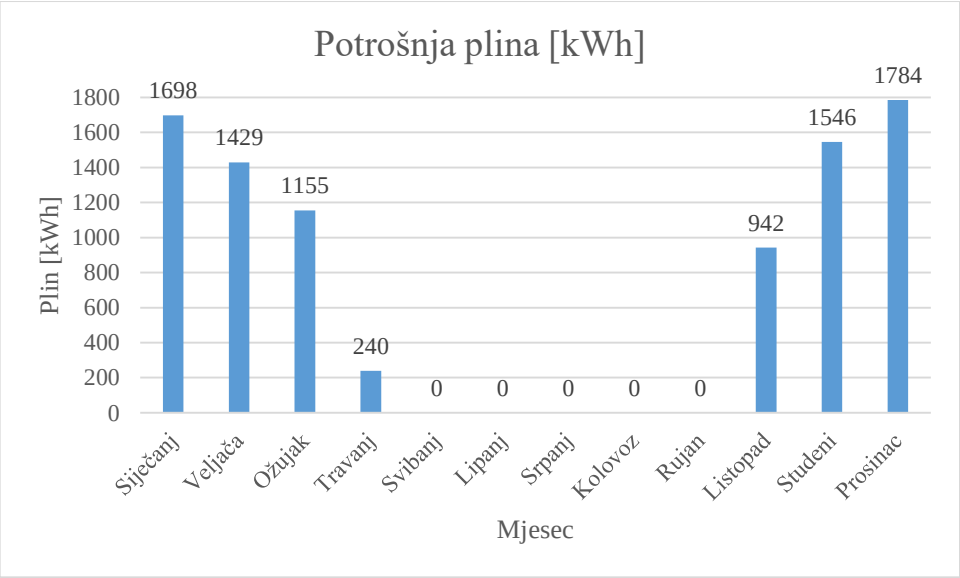
  $T_P = P_P \cdot C_P$

  $C_P = 0{,}3623\ \frac{kn}{kWh}$ [11]- cijena plina (tarifni model TM2, obračunsko mjerno mjesto s godišnjom potrošnjom plina većom od 5.000 kWh, a manjom ili jednakom 25.000 kWh)

Tablica 11 - Podatci o potrošnji plina pri prosječnim mjesečnim temperaturama

Mjesec	Prosječna mjesečna temp. za Sinj (zaokružene vrijednosti) [°C]	Iskorištena energija lož ulja [kWh]	Snaga APDT pri zadanoj temp. [kW]	Koeficijent iskoristivosti	Potrošnja plina [kWh]	Potrošnja plina [m³]	Mjesečni trošak [kn]
Siječanj	3,9 (4)	2253	33,4	1,327	1697,8	183,3	615,12
Veljača	4,5 (5)	1932	34,06	1,352	1429,0	154,3	517,72
Ožujak	7,3 (7)	1618	35,3	1,401	1154,9	124,7	418,42
Travanj	11,5 (11)	349	36,64	1,454	240,0	25,9	86,96
Listopad	12,9 (13)	1388	37,12	1,473	942,3	101,8	341,39
Studeni	8 (8)	2183	35,59	1,412	1546,0	166,9	560,13
Prosinac	5,8 (6)	2455	34,68	1,376	1784,2	192,7	646,40
UKUPNO:		**12178**			**8794,2**	**949,6**	**3186,14**

Na slici 5.9 prikazana je potrošnja plina u jednoj godini, ali samo u režimu grijanja na osnovu potrebe za toplinskom energijom za grijanje i pripremu PTV-a, koeficijenta iskoristivosti dizalice topline i iskorištene ogrjevne vrijednosti prirodnog plina.



Slika 5.8 - Potrošnja plina [kWh]

$E_{I1} = 12177{,}07\ kWh$ - potrebna toplinska energija za grijanje i pripremu PTV-a

$C_{FT} = 13{,}75kn$ – cijena fiksnih mjesečnih troškova za plin

$P_{P1} = 8794{,}2\ kWh$ - potrošnja plina u jednoj godini

$C_{P1} = C_P \cdot P_{P1} + 6 \cdot C_{FT}$

$C_{P1} = 0{,}3623 \cdot 8794{,}2 + 6 \cdot 13{,}75$

$C_{P1} = 3.268{,}64\ kn$ – troškovi za plin u jednoj godini

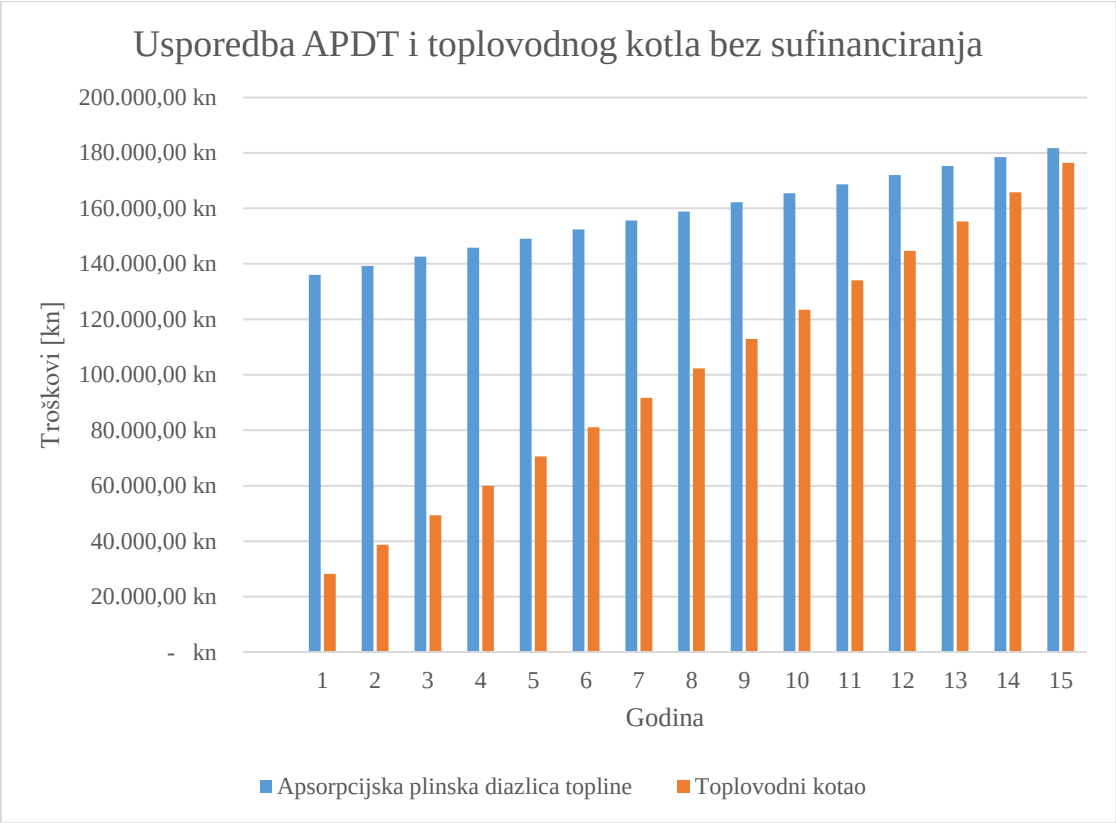
Ukupna potrošena energija plina u jednoj godini iznosi 8794,2 kWh i to je godišnji trošak 3.268,64 kn.

5.10. Usporedba isplativosti apsorpcijske plinske dizalice topline i toplovodnog kotla na loživo ulje u režimu grijanja

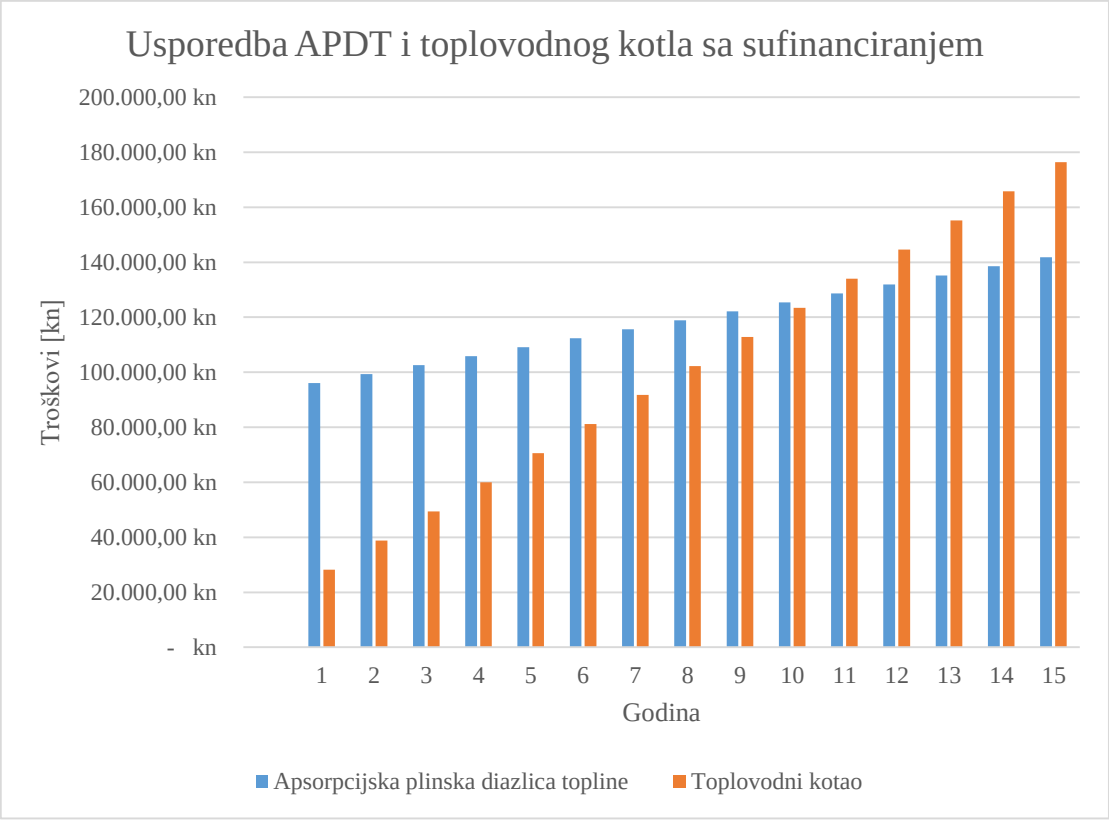
Varijanta 1 – bez sufinanciranja

Apsorpcijska plinska dizalica topline sa svom svojom potrebnom instalacijom i dokumentacijom ima višestruko veće investicijske troškove u odnosu na toplovodni kotao na loživo ulje. Na osnovu korištenih ulaznih podataka i radnih parametara sustava grijanja, te analizirajući samo sezonu grijanja, proizlazi povrat investicije u sustav s apsorpcijskom plinskom dizalicom topline za oko 15 godina u odnosu na toplovodni kotao na loživo ulje, kao što prikazuje slika 5.10.

S obzirom da apsorpcijska plinska dizalica topline ima mogućnost korištenja tijekom cijele godine, kao na primjer hlađenje objekta tijekom ljeta uz pripremu PTV-a, upravo bi takva obuhvatnija analiza rezultirala realnijom usporedbom jer bi u tom slučaju bilo potrebno uključiti investicijske i radne troškove kompresijskog rashladnog uređaja na električnu energiju.



Slika 5.9 - Usporedba APDT i toplovodnog kotla u režimu grijanja bez sufinanciranja



Slika 5.10 - Usporedba APDT i toplovodnog kotla u režimu grijanja sa sufinanciranjem

Varijanta 2 – sa sufinanciranjem

Korištenjem poticajnih i bespovratnih sredstava koje je predvidjela Splitsko-dalmatinska županija, odnosno, ostvarivanjem maksimalne uštede u iznosu od 40.000,00 kn, period povrata investicije u sustav s apsorpcijskom plinskom dizalicom topline iznosi oko 10 godina, kao što prikazuje slika 5.11.

I u ovom slučaju bi obuhvatnija analiza (ljetni režim – hlađenje obiteljske kuće) rezultirala realnijom usporedbom jer bi u tom slučaju bilo potrebno uključiti investicijske i radne troškove kompresijskog rashladnog uređaja na električnu energiju.

6. Zaključak

U diplomskom radu prikazana je usporedba i mogućnost zamjene kotla na EL LU s apsorpcijskom plinskom dizalicom topline. Kotao na EL LU je već star i dotrajao te mu je smanjena iskoristivost, te je korišten samo u sezoni grijanja koja traje oko 6 mjeseci za potrebe grijanje i PTV. Apsorpcijska plinska dizalica topline u potpunosti je dostojna zamjena s nekoliko gledišta kao što je korištenje prirodnog plina koji je ekološki prihvatljivije fosilno gorivo i bolja iskoristivost samog uređaja, te ljeti ima mogućnost hlađenja prostora i pripreme PTV.

S obzirom na odabrane parametre proizlazi da usporedba isplativosti apsorpcijske plinske dizalice topline u odnosu na kotao na EL LU, bez sufinanciranja će biti za 15 godina, a sa sufinanciranjem za 10 godina.

Prvi razlog zbog kojeg je taj period velik je, što je analiziran samo sustav u periodu grijanja, a ne u cijeloj godini. Drugi razlog bi bio velika neravnopravna razlika u početnim investicijama. Da bi se investicije izjednačile treba analizirati apsorpcijsku plinsku dizalicu topline s kotlom na EL LU plus investicija za npr. kompresijsku dizalicu topline za hlađenje prostor koja troši električnu energije. Tada bi se razlika isplativosti između ova dva uređaja smanjila i vjerojatno bi bili podjednaka.

Literatura

[1] https://korak.com.hr/korak-029-ozujak-2010-dizalice-topline-1-dio/

[2] Baborsky, M: *Plamen koji hladi – Hlađenje (grijanje) plinom u Hrvatskoj*, Zagreb, 2005.

[3] https://www.webgradnja.hr/strucni-dio/energetski-ucinkovita-gradnja/plinske-apsorpcijske-dizalice-topline-nova-tehnologija-za-ucinkovito-koristenje-energije/c-959/

[4] Pavković, B: *Tehnika hlađenja*, Sveučilište u Rijeci tehnički fakultet

[5] https://qph.fs.quoracdn.net/main-qimg-feea0e0b62fbdcb1539e7767b19a0728

[6] Wilson, M: *Technical seminar 2014, Gas absortion heat pumps* https://www.gshp.org.uk/DeMontfort/ROBUR.pdf

[7] Baborsky, M: *Primjena plinskih apsorpcijskih dizalica topline u kombinaciji sa sunčevom energijom* http://www.enu.fzoeu.hr/assets/files/post/741/list/16_M%20%20Baborsky%20Apsorpcijsko%20hladjenje.pdf

[8] Baborsky, M: *Plinske apsorpcijske toplinske crpke* http://www.tehnokom.hr/images/Publikacije/egedio2.pdf

[9] Penava, S: *Tehnička rješenja razvoda grijanja i hlađenja* http://www.istra-istria.hr/fileadmin/poddomene/IRENA/Tehnicka_rjesenja_razvoda_grijanja_i_hladenja.pdf

[10] Labudović, B: *Osnovne primjene solarnih toplinskih sustava*, Energetika marketing, Zagreb, 2010.

[11] http://www.evn.hr/Download-(1)/Households/Gas-prices/20190101-20190331_Cijene-plina-za-javnu-uslugu-ops.aspx

[12] http://www.tehnokom.hr/index.php?option=com_content&view=article&id=115%3Arobur-gahp-a&catid=21%3Arobur&Itemid=37&lang=hr

[13] http://www.enu.sibensko-kninska-zupanija.hr/media%2F0023%2Fdoc%2F313.pdf

[14] http://www.petrol.hr/kretanje-cijene-lo%C5%BE-ulja

[15] http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=241

[16] http://www.servis-perkovic.hr/cjenik255

[17] https://mpz.ks.gov.ba/sites/mpz.ks.gov.ba/files/vodic_za_racionalno_koristenje_energije_u_zgradarstvu_0.pdf

[18] https://www.dalmacija.hr/zupanijskipoticaji/energetska-obnova/gradjani

[19] http://www.tehnokom.hr/images/pdf/engineer-manual_system-pro_en_part-02.pdf

[20] http://www.visitsinj.com/hr/Sinj/17/klima

[21] http://www.gpz-opskrba.hr/korisne-informacije/kvaliteta-prirodnog-plina-64/opcenito-o-kvaliteti-prirodnog-plina-254/254

[22] https://termometal.hr/kotao-centrometal-eko-ckb-35-proizvod-486/

[23] https://www.elvomat-trgovina.hr/product/7752-spremnik-za-loz-ulje-limeni-2500l.html