

ANALIZA PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI U SISTEMU SNABDEVANJA OBJEKTA ZDRAVSTVENE NAMENE**ANALYSIS OF THE APPLICATION OF HEAT PUMPS IN THE SUPPLY SYSTEM OF HEALTH FACILITIES**Nemanja Miletić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast- MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U radu je data uporedna analiza dva sistema za zagrevanje objekta. Prikazan je način funkcionisanja toplotne pumpe, njene prednosti i mane. Istraženo je da li je sistem toplotne pumpe efikasniji u poređenju sa drugim sistemima. U radu su obrađena i istraživanja toplotne pumpe sa aspekta ekologije.

Ključne reči: *Grejanje, hlađenje, toplotna pumpa*

Abstract - In this work are given comparative analysis of two heating systems. The way the heat pump works, its advantages and disadvantages are shown. It has been investigated whether the heat pump system is more efficient compared to other systems. This work also deals with the research of the heat pump from the aspect of ecology.

Keywords: *Heating, cooling, heat pump*

1. UVOD

Kada razmišljamo o sistemu grejanja za naš objekat bilo da se radi o novom sistemu ili je reč o rekonstrukciji postojećeg, jedna od stvari o kojoj najčešće vodimo računa je cena grejanja, ali i koliko će nas grejanje koštati u eksploataciji, odnosno koliko ćemo novca potrošiti za energent. Toplotne pumpe s razlogom postaju sve popularniji tip grejanja kod nas, dok su u Evropi postale standard, a prema nekim istraživanjima nalaze se u skoro 80% novoizgrađenih objekata.

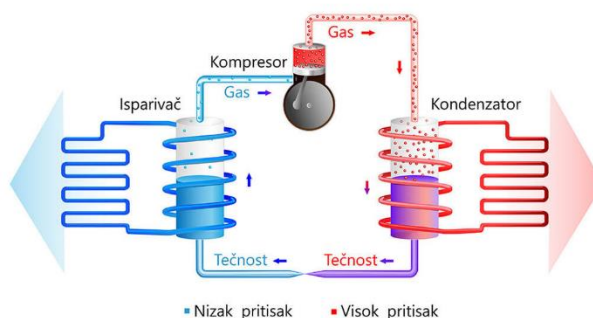
Interesovanje za ove sisteme raste zbog efektnog spoja maksimalnog komfora, prilagodljivosti individualnim potrebama, velike energetske efikasnosti i ekološke prihvatljivosti. Veliku prednost toplotnim pumpama daje i mogućnost hlađenja i zagrevanja vode, pri čemu se automatski gubi potreba za dodatnim uređajima sa tom funkcijom. Toplotne pumpe koriste regenerativnu energiju zemlje, sunca, podzemnih voda ili vazduha. One su najefikasniji izbor kada treba da se spoje ušteda troškova za grejanje i ekološka proizvodnja toplote. Visok stepen energetske efikasnosti, pouzdan i tihi rad, jednostavna ugradnja i servisiranje, izuzetno niski troškovi eksploatacije i mogućnost kontrole sistema preko računara ili tableta pomoću aplikacije, samo su neki od razloga zašto bismo se opredelili na ovaj sistem.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Miroslav Kljajić.

2. TOPLOTNA PUMPA

Toplotna pumpa je deo sistema grejanja i hlađenja i instalira se izvan objekta. Kao i klima uređaj, može rashladiti naš objekat, ali je takođe sposoban da obezbedi toplotu. Jedna instalacija sa mašinom koja radi po levokretnom ciklusu, može se koristiti i u svrhu hlađenja i grejanja. Toplotne pumpe se smatraju obnovljivim izvorom energije, jer se koristi raspoloživa toplota iz okoline. Termin „toplotna pumpa“ se koristi za fizičku pojavu „prepumpavanja toplote“, a pritom se ne misli na uređaj koji to radi. Ovu fizičku pojavu omogućavaju druge dve prirodne pojave, isparavanje i kondenzacija, odnosno promena agregatnog stanja iz tečnog u gasovito i obrnuto.

Slika 1. *Princip rada toplotne pumpe***2.2 Tipovi toplotnih pumpi**

U zavisnosti od sredine iz koje se eksploatiše prirodna energija i sredine u koju se prenosi, razlikuju se sledeće vrste toplotnih pumpi:

1. Toplotna pumpa zemlja-voda
2. Toplotna pumpa voda-voda
3. Toplotna pumpa vazduh-voda

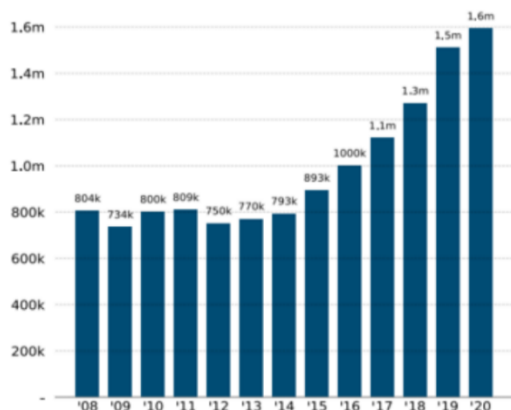
2.3 Hibridni sistem toplotnih pumpi

Hibridni sistem toplotnih pumpi koristi kombinaciju obnovljive energije i fosilnih goriva za zagrevanje vaše imovine. Jedna komponenta je toplotna pumpa, a druga je tradicionalno grejanje na gas, ulje ili TNG. Hibridni sistem toplotne pumpe dizajniran je tako da odgovara potrebama za grejanjem, istovremeno smanjujući potrošnju energije i račune za komunalne usluge. Ključna prednost hibridnog sistema je efikasnost. Sistem se prebacuje između obnovljivih i fosilnih goriva, birajući tehnologiju koja je najefikasnija u bilo kom trenutku. Sistem može da se koristiti tokom cele godine, leti za hlađenje, a kada stignu jesen i zima, on deluje kao klima

uređaj unazad kako bi naš objekat bio topao. Ako su spoljašnji uslovi previše zahtevni za najefikasniji rad toplotne pumpe, tradicionalni sistem će se uključiti da ispuni nedostatak i skinuti pritisak.

2.4 Tržišni podaci

Ukupno 14,84 miliona jedinica toplotnih pumpi instalirano je u 21 zemlji u 2020 godini. To je dobar rezultat s obzirom na okolnosti koje su se događale u navedenoj godini. Do kraja 2020. godine ukupno je 14,84 miliona jedinica toplotnih pumpi instaliranih u 21 zemlji obuhvaćenoj ovim izveštajem. To je plus od 6% ili 1,6 miliona jedinica u odnosu na 2019. Tri vodeća tržišta su Francuska (394.000), Italija (233.000) i Nemačka (140.000). Ova tri tržišta zajedno čine 48% ukupne prodaje.



Slika 3. Razvoj tržišta toplotnih pumpi od 2007. do 2020. u 21 evropskoj zemlji

Očekuje se da će uslediti i druga evropska tržišta, čime bi se ukupno tržište EU vratilo na pravi put za dvocifreni rast 2021. godine. Sve se više zemalja sa značajnim merama suočava s energetsom tranzicijom u sektoru grejanja, željenu relaciju. Osnovna podjela predstavlja podzemno i nadzemno vođenje koje se koristi u situacijama samo kada je neophodno ili kada se traži namjenski.

3. FAN-COIL UREĐAJI

„Fan-coil” ili „ventilator konvektori” su uređaji koji brzo i efikasno zagrevaju ili hlade prostor, odnosno vazduh u njemu, a u kombinaciji sa toplotnom pumpom kao izvorom toplote daju odlične rezultate po pitanju ekonomičnosti. Fan-coil je uređaj koji se sastoji od izmenjivača toplote i ventilatora. Fan-coil je ekonomičniji za ugradnju od klasičnih ventilacionih i grejnih sistema. Razlikujemo sledeće vrste fan-coil uređaja:

1. Parapetni fan-coil uređaji
2. Kasetni fan-coil uređaji
3. Kanalski fan-coil uređaji

4. ENERGETSKA EFIKASNOST TOPLLOTNIH PUMPI

Termini COP (koeficijent učinka) i EER (koeficijent energetske efikasnosti) definišu efikasnost grejanja i hlađenja klima-uređaja. Oni označavaju koeficijent grejanja ili hlađenja koji ostvaruje uređaj u odnosu na količinu električne energije koja je unesena u sistem. To znači da, ukoliko toplotna pumpa ostvaruje toplotu od 5

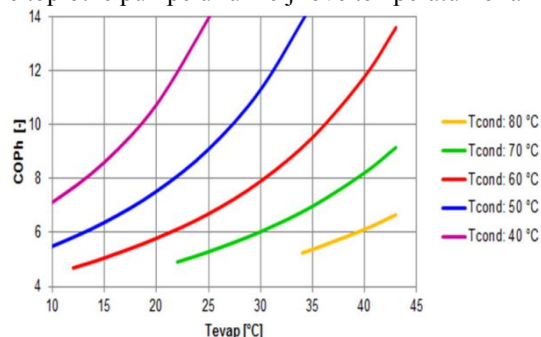
kW na osnovu 1 kW unesene električne energije, njegov COP iznosi 5,0. Na sličan način, ukoliko toplotna pumpa ostvaruje hlađenje od 5 kW na osnovu 1 kW unesene električne energije, njegov EER iznosi 5,0. Što je koeficijent COP i EER viši, to uređaj ima veću energetska efikasnost.

4.1. COP

Efikasnost rashladnih sistema i toplotnih pumpi izražava se koeficijentom performansi (COP). COP je određen odnosom između potrošnje energije kompresora i količine preuzete toplote na isparivaču (za rashladnu instalaciju) ili dobijene toplote na kondenzatoru (za toplotnu pumpu). Visoka COP vrednost predstavlja visoku efikasnost. Većina električne energije koja se koristi za rad kompresora se oslobađa kao toplota. Zbog toga je na kondenzatoru dostupno više toplote nego što je izdvojeno na isparivaču toplotne pumpe. Za toplotne pumpe COP vrednost 4 znači da je potrebno uložiti 1 kW električne energije da bi se oslobodilo 4 kW toplote na kondenzatoru. Na strani isparivača se preuzima 3,0-3,5 kW toplote. Dodatnu toplotu generiše kompresor. Sa druge strane: za rashladni sistem COP od 4 pokazuje da je 1 kW električne energije potrebna za isparivač da bi se dobilo 4 kW toplote na kondenzatoru. Zbog ove važne razlike u definiciji COP-a, za toplotnu pumpu često se govori o COPh. U ovom slučaju 'h' označava grejanje.

$$COP_h = \frac{Q_{korisna\ toplotna}}{Q_{el.energija}}$$

Komponente koje takođe imaju direktan uticaj na COPh su kompresor i izmenjivači toplote. Obezbeđivanjem kvalitetnih komponenti toplotne pumpe završen je tek prvi korak ka postizanju maksimalnog COPh. Od podjednake važnosti je stručno i optimalno usklađivanje ovih komponenti, kao i programiranje, odnosno podešavanje parametara za rad toplotne pumpe. Temperaturna razlika između temperature kondenzacije i isparavanja uglavnom određuje efikasnost: što je manja razlika, to je veći COPh. COPh se povećava sa povećanjem temperature isparavanja. Štaviše, COPh se smanjuje sa smanjenjem temperature kondenzacije. Generalno, COPh se smanjuje sa povećanjem temperaturne razlike između kondenzacije i isparavanja. Donja slika prikazuje zavisnost COPh amonijačne toplotne pumpe u funkciji ove temperaturne razlike.



Slika 4. Zavisnost COPh amonijačne toplotne pumpe u funkciji temperaturne razlike kondenzacije i isparavanja

4.2. EER

Koeficijent energetske efikasnosti (EER) toplotne pumpe pokazuje snagu hlađenja jedinice tokom sezone hlađenja. Ova ocena se izračunava deljenjem rashladne snage

jedinice sa njenim električnim ulazom. Prilikom procene EER -a, energetski stručnjaci generalno uzimaju u obzir statičke spoljne i unutrašnje temperature, zajedno sa 50% relativne vlažnosti. Ako ste na tržištu energetski efikasne toplotne pumpe, potražićete modele sa ocenom EER od najmanje 12. Više ocene odražavaju veću efikasnost i generalno imaju veću cenu. EER označava odnos energetske efikasnosti.

5. UPOREDNA ANALIZA DVA NAČINA SNABDEVANJA NA PRIMERU OBJEKTA „DOM ZDRAVLJA ADICE“

Za klimatizaciju i grejanje dela objekta predviđen je poseban, energetski nezavisan sistem grejanja i hlađenja fan-coil uređajima. Kao izvor energije postavlja se toplotna pumpa vazduh-voda sa inverterskim upravljanjem kapacitetom. Toplotna pumpa postavlja se u blizini objekta na mesto određeno za tu namenu. Sistem sa toplotnom pumpom, razdvojen je od sekundarne instalacije izmenjivačem toplote a primarni deo od toplotne pumpe do izmenjivača puni se mešavinom voda-propilen glikol 30%. Kao uređaji za grejanje i hlađenje, predviđeni su kasetni fan-coil uređaji sa četvorostranim izduvanjem i maskom sa koanda efektom, kao i parapetni fancoil uređaji, u pojedinim prostorijama u prizemlju objekta, gde visina parapeta dozvoljava njihovo postavljanje. Fan coil uređaji su birani za letnji režim 7/12oC i 50/40oC, zimski. Odvođenje kondenzata od parapetnih uređaja je prirodno i izvodi se van objekta na tri strane u tri samoupijajuća šahta. Šahtovi su deo VIK projekta. Kondenzat od kasetnih uređaja, skupla se centralno i u spuštenu plafonu odvodi u prostoriju gasne kotlarnice.

5.1. Projektovana toplotna pumpa

Projektovana je visoko efikasna reverzibilna toplotna pumpa vazduh-voda tipa Zeta Rev, proizvod firme : "Blue Box", sa EVI kompresorima (hermetic vapour injection scroll), prikazana na slici dole. Toplotna pumpa poseduje svoj elektro orman sa odgovarajućom opremom sa DDC kontrolorom za upravljanje i nadzor nad radom rashladnog agregata, flowswitch-cevima, manometrima za niski i visoki pritisak, temperaturnim senzorima i senzorima pritiska i ostalim elementima za potpun nadzor i upravljanje rashladnim agregatom (toplotnom pumpom) i antivibracione oslonce. Eurovent sertifikat - klasa A uređaja. Toplotna pumpa je opremljena "Smart defrost" funkcijom koja omogućava reverzibilan rad ventilatora kondenzatora čime se značajno skraćuje period kada je mašina u prekidu isporuke energije za grejanje.

5.2. Procena uštede korišćenja toplotne pumpe u odnosu na gasni kotao

Ulaganje obuhvata troškove nabavke, njenog smeštaja i pratećih uređaja u građevinski prostor, građevinske i druge radove i dovođenja sistema u optimalne uslove rada. Cena pogonske energije obuhvata u stvari vrednost primarnog goriva i energije potrebne za pogon postrojenja. Investiranje u toplotnu pumpu koja je potrebna da zagreje i ohladi naš objekat koji je površine 772.99 m2 uzećemo u obzir sledeće stavke:

Tabela 1. Tehnički podaci toplotne pumpe

Proizvođač „Blue Box“, tip Zeta Rev 13.2	jedinica	Tip 13.2
Q _e =(35°C pri 7/12°C)	kW	123
Q _g =(7°C pri 50/40°C)	kW	133
Radni režim pri hlađenju:	°C	7/12
Radni režim pri grejanju:	°C	50/40
Nazivni pritisak instalacije:	bar	6
Radni fluid: etilen glikol 30% +voda		
Ulazna snaga kompresora sa toplotne pumpe: Grejanje	kW	43
Ulazna snaga kompresora sa toplotne pumpe: Hlađenje	kW	49
COP:		3,06
EER:		2,51
Tip kompresora :		scroll
Parcelizacija: 50-100%		
Tip freona:		410a
Zvučna snaga u skladu sa ISO 3744	dB	87
Zvučni pritisak u skladu sa ISO 3744	dB	55
Raspoloživi eksterni pad pritiska hidro modula pri hlađenju	kPa	70
Klasa energetske efikasnosti		A
Osnovne dimenzije i težina:		
Dužina:	mm	3.255
Širina:	mm	1.137
Visina:	mm	1.903
Operativna težina:	kg	1.209

Tabela 2. Troškovi instalacija toplotne pumpe

Troškovi instalacije toplotne pumpe	kom	cena	ukupno(eur)
Toplotna pumpa Zeta Rev 13.2	1	24000	24,000
Kasetni fan coil:			
Brezza 73	2	460	920
Brezza 83	17	518	8,806
Brezza 243	4	600	2,400
Parapetni fan coil			
Zefiro VA 316	1	310	310
Zefiro VA 628	8	344	2,752
Regulaciona amratura	komplet.	2,565	2,565
Cevna mreža i pribor	komplet.	5,153	5,153
Cevi za odvod kondeza	komplet.	360	360
Razdelnik i sabirnik	2	300	600
Cirkulaciona pumpa	1	472	472
Automatika za upravljanje	komplet.	1,538	1,538
Izolacija cevne mreže	komplet.	720	720
Izmenjivač toplote	1	2,948	2,948
Ostala oprema i troškovi	paušalno	3,000	3,000
Ukupno			56,544 €

U slučaju da se smo se opredelili za grejanje na gasni kotao instalacioni troškovi bi iznosili:

Tabela 3. Troškovi instalacije radijatorskog grejanja

Instalacija radijatorskog grejanja	kom	cena	ukupno(eur)
Aluminijumski radijator tip Orion 600/95 (cena data po članku radijatora)	250	10	2,500
Gasni kotao	komplet.	2,000	2,000
Regulaciona amratura	komplet.	2,312	2,312
Cevna mreža i pribor	komplet.	5,787	5,787
Cirkulaciona pumpa	1	472	472
Razdelnik i sabirnik	2	350	700
Automatika za upravljanje	komplet.	1,230	1,230
Izolacija cevne mreže	komplet.	950	950
Ostala oprema i troškovi	komplet.	3,700	3,700
Ukupno:			19,651 €

Iz gore prikazane kalkulacije vidi se da su troškovi instalacije i početna ulaganja u sistem toplotne pumpe veći. Po jedinici snage kotlovske postojenije ima manju investicionu vrednost od toplotne pumpe.

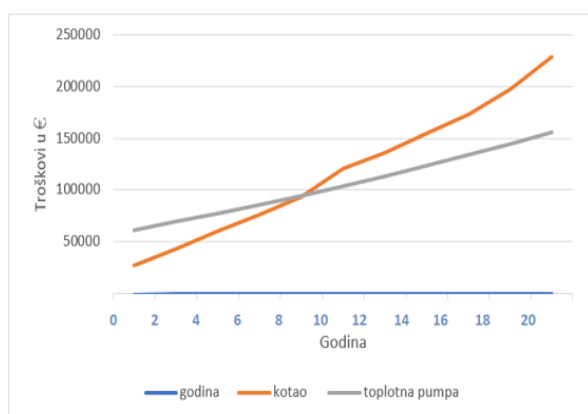


Slika 6. Prikaz investicionih troškova u dva sistema

Međutim, dok je cena za pogonske energije kotla svakim danom sve veća, potrošnja energije za pogon toplotne pumpe takođe raste ali u odnosu na dobijenu toplotnu energiju je relativno zanemarljiva jer se veći deo toplotne energije dobija iz okoline. Ovo znači da se primenom toplotne pumpe šteti ne samo primarna energija već se ostvaruje i prihod. Tabela 4 i dijagram (slika 7) prikazuje odnos troškova na kotao i toplotne pumpe, u periodu njihovog životnog veka. Početna investicija je veća za toplotnu pumpu, ali se zbog manjih troškova potrošenog energenta i troškova održavanja na godišnjem nivou troškovi izjednače u osmoj godini. U godinama koje slede do kraja životnog veka (što je 20 godina), kod toplotne pumpe u poređenju s kotlom ušteda se povećava.

Tabela 4. Investicioni i eksploatacioni troškovi (zbirno) na kotao i toplotne pumpe, u periodu njihovog životnog veka

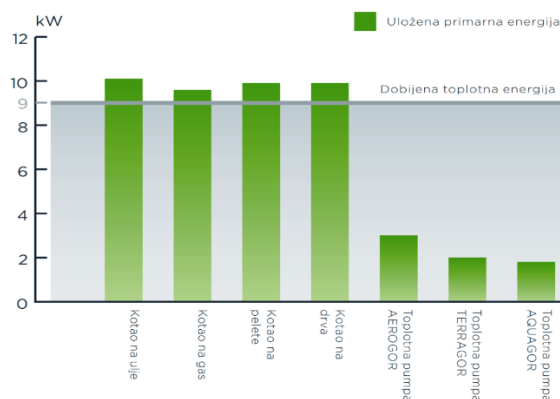
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Kotao	27280	43522	59979	76621	93470	110525	135778	155248	172888	197723
Toplotna pumpa	61344	69356	77496	85844	94394	103594	113594	22200	134294	144945



Slika 7. Poređenje troškova investicije i troškova energenata između toplotne pumpe i kotla

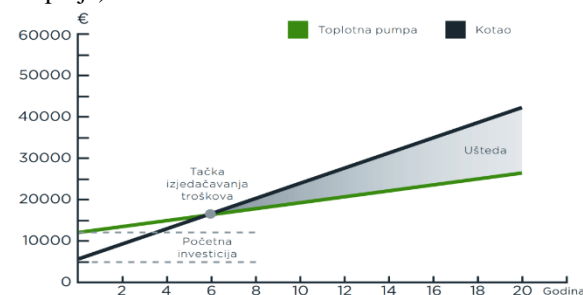
5.3 Poređenje toplotnih pumpi sa različitim sistemima grejanja

U poređenju sa drugim sistemima za grejanje, toplotne pumpe deluju izuzetno štedljivo (slika 25), jer za svoje delovanje utroše čak do tri puta manje primarne energije nego npr. gasni ili uljni kotlovi. Približno 75% njihove energije za grejanje dolazi iz okoline besplatno, zato nam treba jedva 25% u obliku električne energije da bi proizveli 100% izlaznu snagu za grejanje. I što se tiče investicionih troškova, toplotne pumpe se mogu porediti sa konkurentnim sistemima, jer im nisu potrebne cisterne za ulje, odnosno gas, dimnjak, a i troškovi održavanja su mnogo manji.



Slika 8. Poređenje uložene primarne energije pri različitim sistemima grejanja za 9 kW dobijene toplotne energije

Slika 9. prikazuje odnos troškova grejne naprave na loživo ulje i toplotne pumpe, u periodu njihovog životnog veka. Početna investicija je veća za toplotnu pumpu, ali se zbog manjih troškova potrošenog energenta na godišnjem nivou troškovi izjednače za manje od 7 godina. U godinama koje slede do kraja životnog veka, kod toplotne pumpe u poređenju s kotlom na ulje, ušteda se povećava (sivo polje).



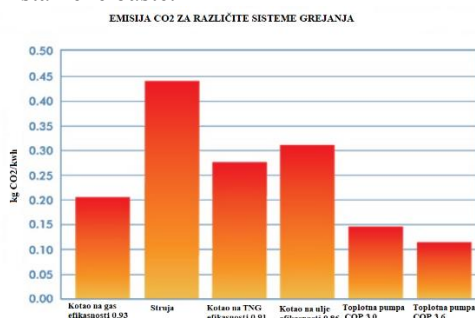
Slika 9. Poređenje troškova investicije i troškova energenata između toplotne pumpe i kotla

6. TOPLOTNE PUMPE SA ASPEKTA EKOLOGIJE

Ignorisanje ekološkog faktora pri odabiru izvora energije doprinosi narušavanju ekološke ravnoteže i stvaranju efekta staklene bašte. Iako je poznata štetnost fosilnih goriva, ipak ona čine najveći deo svetske proizvodnje energije - 41 % ugalj, 20 % gas i 9 % nafta. Jednostavno se zaključuje da 70 % energije koju koristimo dolazi iz ekološki neprihvatljivih i neobnovljivih izvora energije.

6.1. Uticaj toplotne pumpe na CO2

Stambene zgrade čine 20% naše emisije gasova sa efektom staklene bašte.



Slika 10. Poređenje troškova investicije i troškova energenata između toplotne pumpe i kotla

U SAD-u se 38% emisija staklene bašte iz stambenih zgrada proizvodi iz prostorija za grejanje i hlađenje, dok se daljnjih 15% proizvodi iz vode za grejanje. Procenjuje se da 19% emisija staklene bašte u Velikoj Britaniji dolazi od zagrevanja mesta u kojima živimo i radimo, od čega više od tri četvrtine dolazi iz domaćih zgrada. Ogromna većina kuća u Velikoj Britaniji oslanja se na plinske kotlove, ali britanska vlada se odlučila da ih postepeno ukine u narednih pet godina.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je rad toplotnih pumpi i iskazane su njene dragocene prednosti, a zatim je prikazan primer instalirane toplotne pumpe. Njihovom upotrebom ostvaruje se ušteda i do 75% sredstava u odnosu na uobičajene grejne sisteme (elektrokotlovi, TA peći, odnosno drva, ugalj, plin i sl.) jer one koriste besplatnu i neograničenu energiju iz prirodnog okruženja. Neiscrpne količine energije nalaze se svuda oko nas: u zemlji, podzemnoj vodi i vazduhu. Koristeći ovo besplatno energetske blago, čuvamo okolinu dok istovremeno štedimo novac. Da bi upotreba ove tehnologije postigla veću rasprostranjenost, potrebno je kontinualno ulagati napore usmerene ka: - daljem poboljšanju i tehničkom usavršavanju samih uređaja i - stimulaciji tržišta. Zato je potrebno doneti nacionalne programe istraživanja, razvoja, demonstracije i informisanja i promocije upotrebe toplotne pumpe sve u cilju upotrebe obnovljivih izvora i postizanja energetske efikasnosti.

8. LITERATURA

- [1] Nucleus heating solution, dostupno na <http://nucleus-energy.com/blog/kako-odabrati-toplotnu-pumpu.html>
[2] MICROMA, dostupno na <https://microma.rs/kako-radi-toplotna-pumpa/>

- [3] THERMAL MASTER, dostupno na <https://www.thermal-master.com/toplotna-pumpa.html>
[4] Toplotnepumpe.rs, dostupno na <https://toplotnepumpe.rs/toplotne-pumpe-zemlja-voda/>
[5] IMS heat pumps, dostupno na <https://www.imsheatpumps.co.uk/blog/what-is-hybrid-heat-pump-system-dual-fuel/>
[6] ehpa – European heat pump association – dostupno na <https://www.ehpa.org/market-data/>
[7] Smartsolutions, dostupno na <https://smartsolutions-pro.com/fan-coil-uredjaji/>
[8] BOSCH katalog, dostupno na http://www.groupprotem.com/uploads/Toplotna_pumpa_Compress_6000W.pdf
[9] Osb Heat Pump The China Professional Industrial Heat Pump Manufacturers & Supplier Since 1999., dostupno na <https://www.osbheatpump.com/coefficient-of-performance-part-1>
[10] Projekat mašinskih instalacija – grejanja, hlađenje i ventilacija – PZI, odgovorni projektant Darko Čarnopiski dipl.maš.inž.
[11] Katalog (2012) Toplotne pumpe Aquagor, Terragor i Aerogor, proizvođača Gorenje, Velenje, Slovenija
[12] alliance-electrical, dostupno na <https://www.alliance-electrical.co.uk/oil-gas-v-heat-pumps/>
[13] Karić, M., Blagojević, R., Škundrić, N. (2010) Ekonomičnost geotermalne toplotne pumpe u sistemu podnog grejanja, Savremena poljoprivredna tehnika, Cont. Agr. Engng. Vol. 33, No. 1-2, 447-455, Novi Sad

Kratka biografija:



Nemanja Miletic rođen je u Novom Sadu, 15.05.1995. godine.
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
Mašinstvo-Energetika i procesna tehnika
Osnovne studije završio 2019. godine
Email: nemanjarak95@gmail.com