

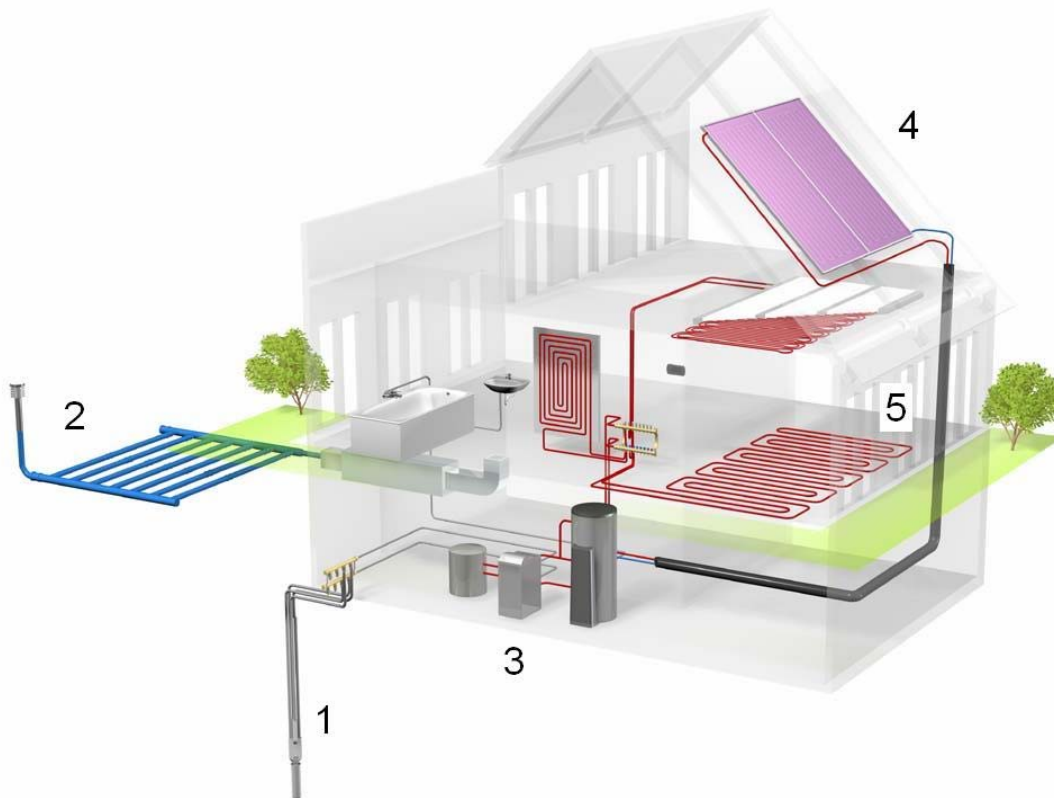


Republika Srbija
AP Vojvodina
Pokrajinski sekretarijat
za energetiku i mineralne sirovine
Novi Sad



Univerzitet u Novom Sadu
Fakultet tehničkih nauka
Trg Dositeja Obradovića 6
21000 Novi Sad
www.ftn.uns.ac.rs

STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI
NA TERITORIJI AP VOJVODINE, KAKO ZA INDIVIDUALNE
I KOMERCIJALNE OBJEKTE POJEDINAČNO, TAKO I ZA
DALJINSKE SISTEME GREJANJA PO UGLEDU NA EU,
A U SKLADU SA AKTUELNOM DIREKTIVOM



Novi Sad, maj 2012. godine

UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
NOVI SAD

NASLOV STUDIJE:

STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI
NA TERITORIJI AP VOJVODINE, KAKO ZA INDIVIDUALNE
I KOMERCIJALNE OBJEKTE POJEDINAČNO, TAKO I ZA
DALJINSKE SISTEME GREJANJA PO UGLEDU NA EU,
A U SKLADU SA AKTUELNOM DIREKTIVOM

Novi Sad, maj 2012. godine

Naručilac: AP Vojvodina
Pokrajinski Sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine
Novi Sad

Izvršilac: Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad

Naslov Studije: STUDIJA O MOGUĆNOSTIMA PRIMENE TOPLOTNIH
PUMPI NA TERITORIJI AP VOJVODINE, KAKO ZA
INDIVIDUALNE I KOMERCIJALNE OBJEKTE
POJEDINAČNO, TAKO I ZA DALJINSKE SISTEME
GREJANJA PO UGLEDU NA EU, A U SKLADU SA
AKTUELONOM DIREKTIVOM

Autor Studije: mr Aleksandra Čenejac, dipl.inž.
doktorant Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu

Saradnici na Studiji: dr Radivoje Bjelaković, red.prof.
Slobodan Petrović, dipl.inž.
Miloš Čenejac, dipl.inž.

Slika naslovne strane: www.rehau.rs

Rukovodilac Studije:

Dekan:

dr Radivoje Bjelaković, red.prof:

dr Ilija Čosić, red.prof.

Novi Sad, maj 2012. godine

SADRŽAJ

OZNAKE, INDEKSI I SKRAĆENICE	6
USVOJENI POJMOVI	10
1. UVOD	12
2. TRŽIŠTE TOPLOTNIH PUMPI	15
2.1. Svet i EU.....	15
2.2. AP Vojvodina.....	20
3. ZAKONSKA REGULATIVA	34
3.1. Evropska Unija.....	34
3.2. Republika Srbija.....	38
4. ENERGETSKE PERFORMANSE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U AP VOJVODINI	42
4.1. Postojeći objekti.....	43
4.1.1. Stambeni objekti.....	43
4.1.2. Javni i poslovni objekti.....	43
4.2. Novi objekti.....	45
4.2.1. Stambeni objekti.....	46
4.2.2. Javni i poslovni objekti.....	47
4.3. Poboljšanje energetske performansi objekata.....	49
4.4. Inteligentne zgrade.....	50
4.5. Približno nulti energetski objekti.....	50
5. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE ZA TOPLOTNE PUMPE	52
5.1. Vrste obnovljivih izvora.....	53
5.1.1. Dobijanje toplote iz zemlje.....	54
5.1.2. Dobijanje toplote iz vode.....	58
5.1.3. Dobijanje toplote iz spoljašnjeg vazduha.....	60
5.2. Potencijali obnovljivih izvora energije.....	61
5.3. Toplotna pumpa.....	66
5.3.1. Kompresiona toplotna pumpa.....	67

5.3.2. Apsorpciona toplotna pumpa.....	69
5.3.3. Ekonomičnost toplotnih pumpi.....	71
5.4. Režim rada toplotne pumpe.....	72
6. GRAĐEVINSKI OBJEKTI I TOPLOTNE PUMPE.....	76
6.1. Učešće TP u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta.....	76
6.2. Zahtevi prema objektu.....	88
6.2.1. Energetski zahtevi.....	88
6.2.2. Prostorni zahtevi.....	92
7. SISTEMI SA TOPLOTNIM PUMPAMA.....	96
7.1. Lokalni sistemi.....	96
7.2. Centralni sistemi.....	97
7.3. Daljinski sistemi.....	99
7.4. Uticajni faktori za primenu TP.....	101
8. INVESTICIONA ULAGANJA I EKONOMSKA OPRAVDANOST PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI U AP VOJVODINI.....	104
8.1. Investiciona ulaganja.....	104
8.2. Uštede u potrošnji primarne energije.....	107
8.3. Ocena ekonomske opravdanosti.....	111
8.4. Primeri proračuna za objekte u AP Vojvodini.....	113
8.4.1. Stambeni objekat.....	113
8.4.2. Poslovni objekat.....	123
8.4.3. Sportska hala u Bačkom Petrovcu.....	131
9. ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČAK.....	138
LITERATURA.....	150
PRILOZI.....	154
Prilog 1. Saglasnost firme Rehau	

OZNAKE, INDEKSI I SKRAĆENICE

Oznake

Simbol	Jedinica	Naziv
A	m ²	- površina
b	cm	- debljina
I	€	- investiciona ulaganja
ΔI	€	- povećana investiciona ulaganja
U	€	- ušteda
Q	W, kW	- gubitak toplote, toplotno opterećenje, potrebna toplota, toplotni kapacitet
Q	kWh	- potrošnja toplote
q	W/m ²	- specifični projektni gubitak toplote ili specifično projektno toplotno opterećenje
q	kWh/m ²	- specifična potrošnja toplote
K	W/m ² K	- koeficijent prolaza toplote
λ	W/mK	- koeficijent toplotne provodljivosti
t _p	°C	- temperatura prostorije
t _{sp}	°C	- spoljašnja projektna temperatura grejanja
t _{god}	°C	- srednja spoljašnja temperatura u sezoni grejanja
T _o	K	- temperatura isparavanja
t _o	°C	- temperatura isparavanja
t _{ou}	°C	- temperatura medijuma na ulazu u isparivač toplotne pumpe
t _{oi}	°C	- temperatura medijuma na izlazu iz isparivača toplotne pumpe
T _k	K	- temperatura kondenzacije
t _k	°C	- temperatura kondenzacije
t _{ku}	°C	- temperatura medijuma na ulazu u kondenzator toplotne pumpe
t _{ki}	°C	- temperatura medijuma na izlazu iz kondenzatora toplotne pumpe
t _{wu}	°C	- temperatura vode na ulazu u isparivač/kondenzator

		toplotne pumpe
t_{wi}	$^{\circ}\text{C}$	- temperatura vode na izlazu iz isparivača/ kondenzatora toplotne pumpe
t_{w1}	$^{\circ}\text{C}$	- temperatura vode iz izvornog bunara/sonde u zemlji/registra u zemlji
t_{w2}	$^{\circ}\text{C}$	- temperatura vode prema potisnom bunaru/sondi u zemlji/registru u zemlji
η_{TP}	%	- stepen iskorišćenja toplotne pumpe
e_{gr}	–	- koeficijent grejanja toplotne pumpe
c_w	kJ/kgK	- specifična toplota vode
V	m^3	- potrošnja zemnog gasa
H_u	kJ/m^3	- donja toplotna moć zemnog gasa
η_k	%	- stepen korisnosti kotla
E	kWh/god	- potrošnja električne energije
T	€	- troškovi energenata
C_g	€/m^3	- cena zemnog gasa
C_e	€/kWh	- cena električne energije
τ	god	- vreme povraćaja investicionih ulaganja
p_o	%/god	- procenat za održavanje
p_a	%/god	- procenat za amortizaciju
p	%/god	- procenat za održavanje i amortizaciju
n_{CP}	h/god	- broj sati rada cirkulacione pumpe u toku godine
N_{CP}	kW	- snaga cirkulacione pumpe
n_{PP}	h/god	- broj sati rada potopne pumpe u toku godine
N_{PP}	kW	- snaga potopne pumpe
n_K	h/god	- broj sati rada kotla u toku godine
N_K	kW	- snaga kotla
f_K	–	- koeficijent učešća kotla u pokrivanju projektnog toplotnog opterećenja grejanja
f_{TP}	–	- koeficijent učešća toplotne pumpe u pokrivanju projektnog toplotnog opterećenja grejanja
$f_{K,god}$	–	- koeficijent učešća kotla u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja
$f_{TP,god}$	–	- koeficijent učešća toplotne pumpe u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja

f_{p1}	–	- koeficijent toplotnog učinka podne obloge
f_{p2}	–	- koeficijent toplotnog učinka raspoložive površine poda
f_{sub}	–	- koeficijent subvencije opreme
f_q	€/kW	- fiksni deo na instalisanu toplotnu snagu
f_e	€/kW	- fiksni deo na instalisanu elektro snagu
F_q	€	- fiksni trošak na instalisanu toplotnu snagu
F_e	€	- fiksni trošak na instalisanu elektro snagu
F_{EE}	€	- trošak za energetska saglasnost
Z	dan/god	- broj grejnih dana u godini
y	–	- korekcionni faktor jednovremenosti kod proračuna potrošnje toplote
e	–	- korekcionni faktor koji kod proračuna potrošnje toplote uzima u obzir prekid u zagrevanju
e_t	–	- faktor temperaturnog ograničenja kod proračuna potrošnje toplote
e_b	–	- faktor eksploatacionog ograničenja kod proračuna potrošnje toplote

Indeksi

G	- grejanje
GP	- gasni priključak
K	- gasni kotao
P	- podstanica
ZS	- sonde u zemlji
ZR	- registri u zemlji
PV	- podzemna voda
M	- mašinski radovi
GR	- građevinski radovi
TP	- toplotna pumpa
CP	- cirkulaciona pumpa
PP	- potopna pumpa
g	- gas
e	- električna energija

min.	- minimalno
max.	- maksimalno
god.	- godišnje
doz.	- dozvoljeno
u	- ušteda
o	- održavanje
uk	- ukupno

Skraćenice

TP	- toplotna pumpa
OIE	- obnovljivi izvor energije
EE	- energetska efikasnost
KGH	- klimatizacija, grejanje i hlađenje

Ključne reči:

energija, toplotna pumpa, obnovljivi izvori energije, energetska efikasnost, energetske performanse, ušteda energije.

USVOJENI POJMOVI

- *Nova zgrada* je objekat projektovan u skladu sa odredbama Pravilnika o energetske efikasnosti zgrada.

- *Postojeća zgrada* je objekat izgrađen na osnovu građevinske dozvole ili drugog odgovarajućeg akta, kao i svaki drugi objekat koji se koristi shodno Zakonu o planiranju i izgradnji.

- *Energetski efikasna zgrada (EEZ)* jeste objekat koji troši minimalnu količinu energije uz obezbeđenje potrebnih uslova komfora u skladu sa važećim propisima.

- *Energetska svojstva zgrade (ESZ)* podrazumevaju proračunatu ili izmerenu količinu energije koja je potrebna kako bi bile zadovoljene energetske potrebe koje odgovaraju uobičajenom načinu korišćenja zgrade i koje uključuju pre svega energiju za grejanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu TPV i osvetljenje.

- *Energetske performanse objekta (EPO)* jesu specifično projektno toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2) ili specifična godišnja potrošnja toplote q_{god} (kWh/m^2god).

- *Energetska performansa građevinskog elementa (EPGE)* jeste koeficijent prolaza toplote K (W/m^2K) ili koeficijent otpora prolazu toplote R (m^2K/W) građevinskog elementa.

- *Energetska performansa građevinskog materijala (EPGM)* jeste koeficijent toplotne provodljivosti λ (W/mK) građevinskog materijala.

- *Povećanje energetske efikasnosti* jeste smanjenje potrošnje primarne energije (neobnovljive i dela obnovljive) iz koje se, pri njenoj transformaciji, procesom sagorevanja dobija sekundarna energija (toplotna i električna), pri čemu se pod delom obnovljive primarne energije podrazumevaju oni obnovljivi izvori koji imaju svojstvo da mogu sagorevati.

- *Referentna energetska efikasnost objekta (REEO)* određena je specifičnim projektom toplotnim opterećenjem grejanja q (W/m^2) ili specifičnom godišnjom potrošnjom toplote q_{god} (kWh/m^2god), u odnosu na koju su definisane klase i razredi energetske efikasnosti prilikom upotrebe OIE.

- *Energetski razred (ER)* definisan je graničnim vrednostima specifičnih projektom toplotnih opterećenja grejanja q (W/m^2) ili specifičnih godišnjih potrošnji toplote grejanja q_{god} (kWh/m^2god), donje i gornje granice energetskog razreda

- *Pasivna zgrada* je objekat u kojoj godišnja potrošnja energije za grejanje po jedinici korisne površine na prelazi $15kWh/m^2god$.

- *Nulti energetski objekt (NEO)* jeste objekt koji godišnje troši 0kWh/m²god primarne energije.
- *Približno nulti energetski objekt (pNEO)* jeste objekt koji godišnje koristi > 0kWh/m²god primarne energije.
- *Primarna energija (PE)* je energija sadržana u neobnovljivim i obnovljivim energentima koja nije pretrpela proces transformacije.
- *Neobnovljiva primarna energija (NPE)* jeste energija fosilnih goriva (čvrsto, tečno i gasovito).
- *Obnovljiva primarna energija (OPE)* je energija obnovljivih izvora.
- *Sagoriva obnovljiva primarna energija (SOPE)* podrazumeva obnovljive izvore koji imaju svojstvo sagorevanja.
- *Nesagoriva obnovljiva primarna energija (NOPE)* podrazumeva obnovljive izvore koji nemaju svojstvo sagorevanja.
- *Sekundarna energija (SE) (toplotna i električna)* jeste energija dobijena energetskom transformacijom neobnovljive primarne energije (sagorevanjem fosilnih goriva) i obnovljive primarne energije i predstavlja primarnu energiju umanjenu za gubitke pretvaranja.
- *Finalna energija (FE) (toplotna i električna)* jeste energija koja dolazi do krajnjeg korisnika i predstavlja sekundarnu energiju umanjenu za gubitke pripreme i transporta.
- *Korisna energija (KE) (toplotna i električna)* jeste energija utrošena kod krajnjih korisnika i predstavlja finalnu energiju umanjenu za gubitke pretvaranja kod korisnika.
- *Geotermalna energija* je energija fosilnih goriva, zemlje i podzemne vode (nisko i visokotemperaturske).
- *Hidrotermalna energija* je energija površinske vode (tekuće i stajaće).
- *Osnovno toplotno opterećenje grejanja objekta (Q_{OSN})* jeste toplotno opterećenje koje traje najveći broj dana godišnje ili časova godišnje u toku sezone grejanja, a koje pokriva osnovni toplotni izvor sa najvećim delom učešća u pokrivanju godišnjih potreba u toplotnoj energiji za grejanje objekta.
- *Vršno (maksimalno) toplotno opterećenje grejanja objekta (Q_{VR})* jeste toplotno opterećenje koje traje manji broj dana godišnje ili časova godišnje u toku sezone grejanja, a koje pokriva vršni (dodatni) toplotni izvor sa manjim delom učešća u pokrivanju godišnjih potreba u toplotnoj energiji za grejanje objekta.

1. UVOD

Pojavom energetske krize sredinom sedamdesetih godina prošlog veka suštinski se promenilo razmišljanje i ponašanje čoveka prema energiji. Kao posledica saznanja o ograničenim količinama fosilnih goriva (čvrstog, tečnog i gasovitog) u svetu se nametnula potreba za ekonomičnijim korišćenjem energije, kao i za traženjem rešenja za njenu racionalniju potrošnju u svim sferama njene upotrebe.

Energija je sastavni deo i svakodnevnica čovekovog života, čiji se uticaj na način življenja različito oseća u pojedinim delovima sveta. Danas, svaka od razvijenih zemalja u svojim strateškim planovima za ostvarivanje cilja održivog razvoja uključuje:

- energetske efikasnosti objekata i sistema,
- upotrebu obnovljivih izvora energije i
- zaštitu životne sredine.

Osnovni argumenti za energetske efikasne gradnje objekata jesu:

- niži troškovi grejanja,
- osiguranje od porasta troškova energije,
- zaštita energetskih resursa,
- državni podsticaj,
- veća udobnost stanovanja,
- privlačan dizajn,
- zaštita čovekove okoline

Korišćenjem sistema grejanja sa obnovljivim izvorima energije postižu se tri stepena energetske efikasnosti:

- smanjenje gubitaka energije,
- efikasno korišćenje energije,
- efikasna proizvodnja energije.

Sistemi grejanja sa OIE poslednjih godina su vrlo aktuelni, te predstavljaju izazov za istraživače raznih profesija.

Deo tehnike sa sistemima grejanja i OIE je multidisciplinarnan i tesno povezuje sledeće struke:

- urbanizam – planiranje naselja,
- arhitekturu – prostorno oblikovanje objekta i okoline objekta,

- projektovanje – izrada projekata pojedinih instalacija,
- građevinarstvo – izvođenje objekata.

Savremeni svet teži sve većem ekonomskom rastu i povećanju životnog standarda, pri čemu se suočava sa problemom u sve manje raspoloživim energetske resursima, neophodnim za ostvarivanje tog cilja. Zbog toga su racionalna upotreba i štednja energije postale nezaobilazne teme u najvećem broju energetske politika u svetu. Globalna potražnja za energijom raste u uslovima visokih i nestabilnih cena te se u okviru energetske politike moraju uzeti u obzir sigurnost u snabdevanju energijom, konkurentnost i održivost.

U traženju rešenja za smanjenjem potrošnje energije sektor zgradarstva ima veliku ulogu, s obzirom na to da su zgrade jedan od najznačajnijih potrošača energije. Imajući u vidu činjenicu da ovaj sektor učestvuje sa preko 41% [1] u finalnoj utrošenoj energiji, njegova uloga je od suštinskog značaja u svakoj energetske politici. Smanjenje potrošnje energije u zgradarstvu predstavlja veliki potencijal u energetske ekonomici te time daje značajan doprinos energetske bilansu jedne zemlje.

Najveći deo potrošnje energije u zgradama u Evropi odlazi na grejanje prostora, od 50-60%, sa dodatnih 10-25% za grejanje sanitarne vode [10,19].

Udeo zgradarstva u ukupnoj potrošnji finalne energije u Republici Srbiji u 2005. godini iznosio je 48%, od toga 65% u stambenom sektoru [39].

Smanjenje potrošnje primarne energije za potrebe grejanja u zgradama ostvaruje se:

- smanjenjem potreba za toplotnom energijom i
- upotrebom drugih izvora energije.

Kada su u pitanju potrebe za toplotnom energijom za grejanje stambenih i javnih objekata, smanjenje ovih potreba postiže se unapređenjem energetske performansi objekata, tj. izgradnjom energetske efikasne zgrada.

Politika obnovljivih izvora energije novijeg je datuma i usvojena je okvirno 1997. godine [40]. Od tada su institucije Evropske unije načinile važne korake u pravcu pozicioniranja Evrope ka efikasnim resursima kao primarnog cilja. Glavni elementi ove strategije podrazumevaju promovisanje proizvodnje obnovljive energije kao i njeno efikasno korišćenje. U tom smislu, poslednjih nekoliko godina postignut je veliki napredak.

Obnovljivi izvori energije ne samo da sada već izvesno predstavljaju pravu alternativu za smanjenje potrošnje primarne energije i održivi razvoj društva, već su i pravi izbor kada je reč o energetsom uticaju na ekologiju, zaštitu životne sredine, smanjenje emisija ugljen-dioksida i globalno zagrevanje planete.

„Pristupačnost obnovljivim izvorima energije, njihova raspoloživost na mnogim područjima sveta i prihvatljivost za lokalne namene predstavljaju koncepte koji se međusobno prožimaju. Kako na lokalnom tako i na globalnom nivou, samo ispunjavanjem sva tri zahteva, obnovljivi energetske izvori mogu da obezbede koncept održivog razvoja sveta. Samim tim, oni omogućavaju usklađenost četiri e (energija, ekologija, ekonomija i efikasnost) u daljem razvoju čovečanstva” [23].

2. TRŽIŠTE TOPLOTNIH PUMPI

2.1. Svet i EU

Svet

Toplotne pumpe se danas smatraju najproduktivnijim (najkorisnijim) uređajima za dobijanje toplotne energije, a njihova primena je počela pre 140 godina u zemlji porekla, Austrija. Najviše se koriste u razvijenim zemljama, s visokom svešću stanovništva, kao i državnim podsticajem za korišćenje OIE (Nemačka, Švedska), gde se koriste za sisteme grejanja svih veličina, od onih malih za stanove, do velikih toplotnih sistema za čitava naselja.

Posle naftne krize sredinom 1970-tih, vlade industrijalizovanih zemalja usvojile su programe čuvanja energije koji su uključivali predloge za standarde o minimalnoj efikasnosti uređaja, ispitivanju i sertifikaciji. U Švedskoj, rastuće raspoloženje javnosti protiv proizvodnje nuklearne energije dovelo je do snažnih inicijativa za smanjenje potrošnje energije u zgradama i industriji kako bi se omogućila demontaža postojećih nuklearnih energetske postrojenja. Toplotne pumpe su proglašene ključnom strategijom u naporu da se zameni proizvodnja energije ovih postojećih postrojenja.

Da bi toplotne pumpe uvela u tercijalni sektor (stambeni i mala preduzeća), velika francuska nacionalna komunalna kompanija EDF uvela je specijalni program zvan PERCHE. Od proizvođača se zahtevalo da razviju toplotne pumpe pogodne za ovakve vrste primene, sa posbnim naglašavanjem zamene neefikasnih naftnih kotlova, direktnih električnih grejača i električnih kotlova. Do 1980, u Nemačkoj, Austriji i Japanu, po direktivama vlada tih zemalja, bili su na snazi programi koji su podsticali upotrebu toplotnih pumpi. Japanska Tokyo Power Company predvodila je glavni program uvođenja toplotnih pumpi za grejanje stambenih zgrada.

Na izložbi ISH u Frankfurtu 1993. godine, prikazani su modeli toplotnih pumpi (za grejanje prostora i vode) preko 130 proizvođača. Prodaje toplotnih pumpi u tim zemljama povećavana je vrlo brzo, a onda je do sredine 1980-tih, isto tako brzo opala. Obnovljeno snabdevanje naftom i gasom, po privlačnim cenama, ubrzalo je opadanje.

Kao što je već rečeno, prodaja toplotnih pumpi u SAD i Japanu naglo je porasla već do 1984. Ta činjenica bila je važan podsticaj aktivnosti u drugim zemljama i interes ostalih industrijalizovanih zemalja bio je dalje potvrđivanje vrednosti toplotne pumpe u SAD i Japanu. Naročito je bila važna prezentacija tehnologija jednog japanskog proizvođača na konferenciji u Gracu, koje su sledile nastojanje da se poboljšaju

ekonomičnost, karakteristike i pouzdanost toplotne pumpe, posebno one koja se primenjuje u stambenom sektoru. Ta prezentacija se pokazala kao najava tehnoloških unapređenja koja će uvoditi japanski proizvođači sledećih dvadeset godina.

Uspeh ove konferencije doveo je do odluke o institucionalizaciji toga skupa kao osnovnog elementa Programa tehnologija toplotnih pumpi IEA, pa je međunarodna konferencija održavana, od 1994., svake treće godine.

Ostatak 1980-ih prošao je u neprekidnim naporima usmerenim ka poboljšanju toplotne pumpe, sa Severnom Amerikom i Japanom kao glavnim delovima svetskog tržišta i proizvodnih centara. Interes za toplotnu pumpu rastao je i u južnoj Evropi, sa povećanjem potreba za hlađenjem. Reverzibilne jedinice (najvećim delom vazduh-vazduh) prodavane u ovom regionu prvenstveno su bile klimatizeri.

Do ranih 1990-tih, toplotne pumpe su predstavljale 90% od ukupno prodatih rashladnih i grejnih jedinica i blizu tog procenta prodaja se kreće sve do danas.

Na Konferenciji o toplotnim pumpama u organizaciji IEA, održanoj u Berlinu 1990, predstavljeni su tržište i unapređenja u tehnologiji toplotnih pumpi u svetu. U tim pregledima primećena je pojava povećanja tržišta u pojedinim zemljama i regionima – na primer u jugoistočnoj Aziji, indijskom potkontinentu i istočnoj Evropi. U većini ovih zemalja ograničenja u energetskom sistemu i infrastrukturi u projektovanju, instaliranju i servisiranju klimatizacije i toplotnih pumpi predstavljaju prepreku razvoju.

Učesnici 7. konferencije o toplotnim pumpama IEA, održane u Pekingu 2002, imali su priliku da prvi vide i čuju o unapređenjima vezanih za toplotne pumpe. Velika i brza ekspanzija aktivnosti koje su u toku u vezi sa toplotnim pumpama u Kini, bila je iznenađenje, a posebno porast njihove primene u novim zgradama, sa propratnom potrebom za klimatizacijom i uvođenjem jedinica čiji je izvor zemlja i industrijskih toplotnih pumpi u širokoj lepezi primena.

Klimatska situacija u Kini i drugim jugoistočnim azijskim zemljama, pored velike gustine gradskog stanovništva, pospešuje klimatizaciju. Prodaja je dostigla 18 miliona jedinica godišnje, od kojih su 60% reverzibilne toplotne pumpe. Brzi rast energetskih potreba i snažan ekonomski razvoj, zahtevaju da zgrade i industrijski sistemi budu energetski efikasni. Tehnologije toplotnih pumpi bi trebalo da imaju veoma svetlu budućnost u ovim regionima, olakšavajući društveni i ekonomski napredak.

Procenjuje se da je u svetu 2010. godine bilo preko 130 miliona toplotnih pumpi, instaliranih i u pogonu, koje su opsluživale industriju, domaćinstva i trgovinu. Te godine je približno 15 miliona toplotnih pumpi prodato u Aziji, 2 miliona u Severnoj Americi i nekoliko stotina hiljada u Evropi i u drugim delovima sveta [28].

Prodaja geotermalnih toplotnih pumpi će doživeti znatan porast u sledećih nekoliko godina, pri čemu će godišnja isporuka u SAD da poraste sa nešto iznad 150.000 u 2011, na više od 326.000 uređaja do 2017. godine. Prema izveštaju Pike Research-a, u istom periodu će ukupan instalisani kapacitet za direktno korišćenje geotermalnih toplotnih pumpi dostići 179% sadašnjeg nivoa. Prema rečima industrijskog analitičara Mackinnon Lawrence-a, potencijal za toplotne pumpe je visok, ali ove instalacije trenutno predstavljaju samo 1% tržišta koje se odnosi na grejanje i hlađenje. Međutim, ovaj stručnjak očekuje da će rastuća potreba za električnom energijom, porast cena energije i stroža regulativa koja se tiče emisija i efikasnosti, znatno povećati tražnju (Izvor: KGH, 4/2011, str. 25).

Broj prodatih toplotnih pumpi za grejanje u Švajcarskoj 2008. godine izosio je preko 20.000 jedinica, što odgovara porastu od preko 23% u odnosu na prethodnu godinu. Od tog broja preko 500 postrojenja ima veći kapacitet od 50kW. Sa kapacitetom od 50kW do 100kW povećanje je sa 213 na 350 jedinica, a sa kapacitetom od 100kW do 300kW sa 43 na 115. Ovakav razvoj pokazuje značaj i potencijal velikih toplotnih pumpi, što se vidi i u drugim zemljama.

Toplotni izvori u Švajcarskoj podeljeni su kako sledi: vazduh 58,3%, tlo 39% i voda 2,7%. Dalje povećanje vazduha kao toplotnog izvora objašnjava se ovakvim korišćenjem toplotnih pumpi pri sanaciji u starogradnji.

Celokupno tržište toplotnih pumpi u Švajcarskoj deli se na 73% u novogradnji i 27% u starogradnji. Taj odnos bio je prethodne godine 83,3% (novogradnja) prema 16,7% (starogradnja). Ovaj jasan trend u pravcu povećanja postojećeg stambenog fonda može se prepoznati i pri upoređenju lož ulja – gas i toplotne pumpe. Uljni kotlovi se zamenjuju toplotnim pumpama. Toplotne pumpe dominiraju na tržištu grejanja (Izvor: KGH, 4/2009, str. 24).

Preduzeće koje se bavi istraživanjem japanskog tržišta toplotnih pumpi u toj zemlji, u pogledu njihove primene u pripremi potrošne vode i klima uređajima „eco-cute”, objavilo je predviđanja razvoja tržišta tokom narednih 10 godina.

Očekuje se da će celokupno tržište toplotnih pumpi u Japanu porasti za oko 8,1%, od 17,2 milijarde evra u 2009. godini, do 18,7 milijardi evra do 2015. godine. Toplotne pumpe sa rekuperacijom viška toplote imale su udeo na tržištu od 8,4 miliona

evra 2009. godine. Očekuje se da će ovaj udeo porasti na 29 miliona evra do 2015. godine, da bi do 2020. godine dostigao 60,7 miliona evra (porast od 622% od 2009. godine).

Tržište Japana za komercijalne toplotne pumpe za zagrevanje vode dostiglo je 30,9 miliona evra 2009. godine. Povećanom primenom u industrijskim procesima čišćenja i sterilizacije, očekuje se da će ovaj udeo da poraste do 84,3 miliona evra do 2015. godine i do 126,5 miliona evra do 2020. godine, što je porast od 309% od 2009. godine (Izvor: KGH, 2/2011, str. 24).

EU

Evropsko udruženje za toplotne pumpe (EHPA) objavilo je ažuriranu verziju svog izveštaja za evropsko tržište toplotnih pumpi. Izveštaj pokazuje da se posle 2 godine izuzetno teške ekonomske situacije, pad na tržištu zaustavlja i očekuje se da je prodaja toplotnih pumpi u 2010. godini dostigla isti nivo kao u 2009. godini. Faktori koji su negativno uticali na prodaju toplotnih pumpi tokom poslednjih nekoliko godina su sledeći:

- kriza u sektoru građevinarstva kao posledicu ima veliki pad u prodaji toplotnih pumpi u sektoru novih zgrada;
- smanjenje ili postepeno ukidanje finansijskih podsticaja u određenim zemljama, među kojima je i Francuska.

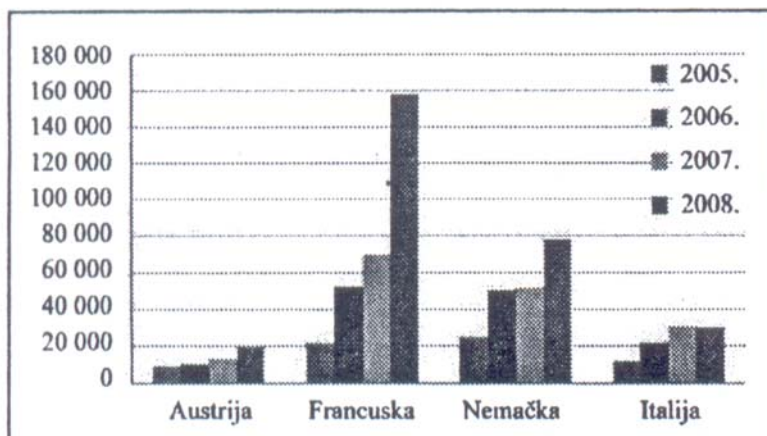
Statistika EHPA koja obuhvata 9 zemalja (Austrija, Finska, Francuska, Nemačka, Italija, Norveška, Švedska, Švajcarska i Engleska) pokazuje da je u 2009. godini tržište doživelo pad od 9,9% odnosno na 526.263 komada u odnosu na 2008. godinu. Statistika šireg obima, koja obuhvata 17 zemalja, pokazuje da je 2009. godine prodato 592.322 toplotnih pumpi. Izveštaj za 2010. godinu predviđa da će prodaja u 2010. godini verovatno biti slična onoj u 2009. godini.

Na nekim ustaljenim tržištima, kao što je tržište u Švedskoj, zamena starih toplotnih pumpi predstavlja tržište u ekspanziji i Švedsko udruženje za toplotne pumpe (SVEP) procenjuje da ono čini 8% tržišta. Prodaja je u Švedskoj u 2009. godini pala za 9%, ali je industrija toplotnih pumpi učvrstila svoj položaj na tržištu grejanja, sa prodajom od preko 80% u sektoru porodičnih kuća.

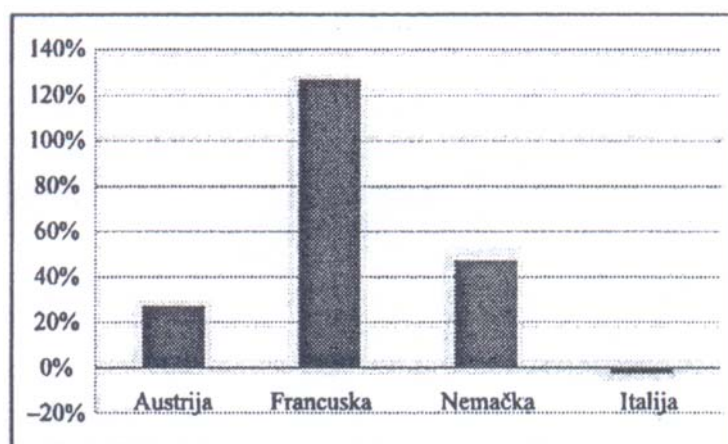
Prema EHPA-u [25], u periodu od 2005. godine do 2009. godine, ukupno je prodato 2.129.929 toplotni pumpi u 9 zemalja EU. Ove toplotne pumpe godišnje daju

doprinosa od ukupno 25,96TWh obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u sektoru grejanja i uštedele su sličnu količinu finalne energije.

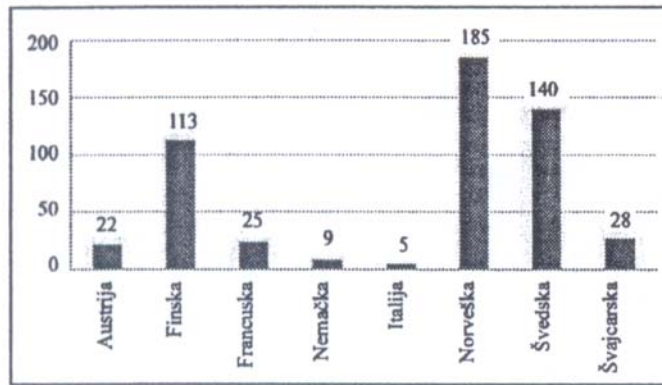
Na sl.2.1., 2.2. i 2.3. prikazani su karakteristični grafikoni u vezi sa prodajom toplotnih pumpi u EU. Izvor: EHPA (Evropsko udruženje toplotnih pumpi) [25].



Sl.2.1. Ukupna prodaja toplotnih pumpi (toplotne pumpe vazduh/vazduh nisu uključene)



Sl.2.2. Porast tržišta toplotnih pumpi u 2008. u odnosu na 2007. (toplotne pumpe vazduh/vazduh nisu uključene)



Sl.2.3. Prodaja toplotnih pumpi u 2008. godini na 10.000 stanovnika (toplotne pumpe vazduh/vazduh nisu uključene)

Sredinom decembra 2008. godine Evropski parlament je usvojio direktivu EU o podržavanju upotrebe energije iz obnovljivih izvora. Konačan tekst po prvi put obuhvata aerotermalne i hidrotermalne izvore energije, čime se u okviru tehnologije obnovljive energije prihvataju toplotne pumpe sa vazduhom odnosno vodom kao izvorom energije, a ne samo toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom energije.

Budući da su se države članice EU saglasile da do 2020. godine ostvare cilj od 20% obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u Evropskoj zajednici, to bi trebalo da podstakne tržište toplotnih pumpi koje se znatno povećalo poslednjih godina.

2.2. AP Vojvodina

ENERGY NET – Kać

Kompanija ENERGY NET spada u kategoriju velikih preduzeća. Posluje od 2001. godine i bavi se uvozom, distribucijom i servisom gasnih uređaja, opreme za instalacije grejanja i vodovoda, klimatizacije, ventilacije, visokoeфикаsnih uređaja, pribora, alata i razne druge kvalitetne opreme vodećih svetskih i domaćih proizvođača.

U svom polju delovanja kompanija je orijentisana ka savremenim trendovima i sve većim zahtevima tržišta – naročito u oblastima energetski efikasnih i čistih tehnologija. Širokim asortimanom proizvoda nude se kompletna rešenja za porodične kuće, stambeno-poslovne objekte, velika stambena naselja i industrijske komplekse.

Sa rastom kompanije rasli su i zahtevi partnera tako da ENERGY NET danas ima širok asortiman opreme koju distribuira na tržištu Srbije, a sve više i na tržištima

susednih država. To su poznati svetski brendovi: Vaillant, Buderus, Frank, Daikin, Uponor, Armacel, Centrometal, Protherm, Lipovica, Neria, Robur, Wavin, Viega, Blue Box, Vogel&Noot, Ivar, Itap, Herz, Ferro, Grundfos, Raccorderie Metalliche, Rems, Felder, Kampmann, Warlaven, Elbi, Esbe, Ayvaz, Sever, Ari, Ksb, Mik Maring, Arbonia, Reflex, Adams i drugi.

Pomenute proizvode i usluge karakteriše pristupačna cena, visoka energetska efikasnost i pouzdanost, a prati ih redovno i efikasno servisiranje i održavanje.

U kompaniji su implementirani međunarodni standardi kvaliteta ISO 9001 i ISO 14001.

ENERGY NET ima 14 distributivnih centara, ćerki firmi i poslovnica u gradovima širom Srbije, sa širokom distributivnom mrežom i efikasnom i organizovanom službom transporta i logistike. Svako prodajno mesto poseduje salon, magacin, transport i dobru servisnu mrežu.

Misija kompanije je da omogući maksimalnu satisfakciju svojim poslovnim partnerima, a pre svih, kupcima i krajnjim korisnicima, putem efikasnog i profitabilnog poslovanja – kroz plasman visokokvalitetnih proizvoda i pružanje vrhunskih usluga konsaltinga, projektovanja, ugradnje i servisa opreme renomiranih svetskih proizvođača iz oblasti grejanja, klimatizacije, ventilacije, gasnih instalacija, vodovoda i kanalizacije, i to sa posebnim akcentom na korišćenju obnovljivih izvora energije, čime se značajno doprinosi društveno odgovornom ponašanju – što rezultira bržim rastom i razvojem ekonomije, životnog standarda, kulture i ekologije u široj društvenoj zajednici.

Vizija kompanije se bazira na uspostavljanju, izgradnji i negovanju dugoročno dobrih i uspešnih poslovnih odnosa sa dobavljačima, projektantima, montažerima, instalaterima, investitorima i drugim krajnjim korisnicima proizvoda i usluga, i težnji ka postizanju "apsolutnog kvaliteta" u celokupnom poslovanju - kako bi se kompanija što bolje pozicionirala na tržištu, i postala regionalni lider u pružanju kvalitetnih kompletnih rešenja za sisteme grejanja, klimatizacije, ventilacije, vodovoda i gasnih instalacija.

Ponuda toplotnih pumpi - ENERGY NET

Toplotne pumpe iz proizvodnog programa "BLUE BOX" (Italija):

- vazduh/voda (reverzibilne) sa opsegom kapaciteta: 6-1190kW,
- voda/voda i zemlja/voda (reverzibilne) sa opsegom kapaciteta: 6-300kW,
- voda/voda i zemlja/voda (nereverzibilne) sa opsegom kapaciteta:
300-1527kW

Nereverzibilne toplotne pumpe su ili samo za grejanje ili samo za hlađenje, uz mogućnost rada u oba režima – uz predviđanje četvorokrakog ventila na vodenoj strani.

Toplotne pumpe iz proizvodnog programa „DAIKIN” (Japan):

- vazduh/voda (reverzibilne) sa opsegom kapaciteta: 4-250kW
- voda/voda i zemlja/voda (nereverzibilne) sa opsegom kapaciteta: 13-65kW

Toplotne pumpe iz proizvodnog programa „VAILLANT” (Nemačka):

- zemlja/voda (isključivo za povezivanje sa geosondama i samo za grejanje) sa opsegom kapaciteta: 8-24kW

Objekti sa toplotnim pumpama - izvođač ENERGY NET



a)



b)

Površina: 2.600 m²

Toplotna pumpa voda/voda

Blue Box Sigma 8.2

Kapacitet: 170kW

SI.2.4.a-b Manastir Vaskrsenje Hristova–Kač



a)



b)

Toplotna pumpa voda/voda

DAIKIN WWD240MBYNN

Kapacitet: 240kW

SI.2.5.a-b Poslovni objekat Pin computers – put Novi Sad – Zrenjanin



Površina objekta: 1200 m²

Toplotna pumpa voda/voda

Blue Box Sigma 4.2

Kapacitet: 45kW

SI.2.6. Poslovni objekat Domena – Novi Sad, Rumenački put bb

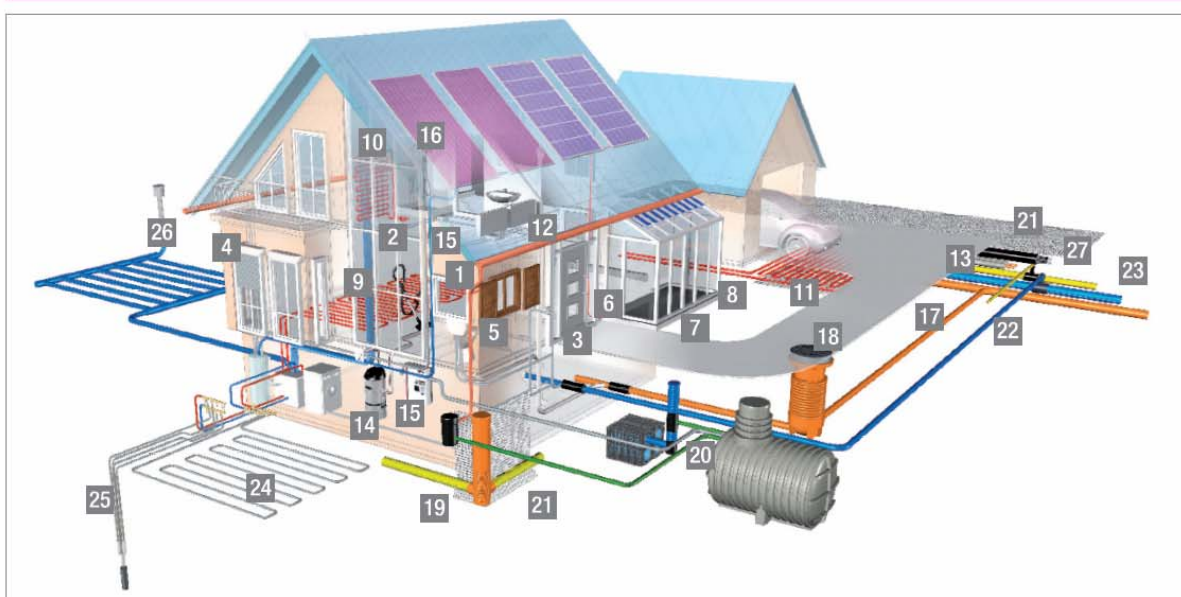


Toplotna pumpa voda/voda

DAIKIN EED360MBYNN

Kapacitet: 431kW

Sl.2.7. Etno selo – Stanišić



REHAU - KOMPETENTNOST U GRADNJI

REHAU-GRADJEVINARSTVO NUDI BROJNA SISTEMSKA REŠENJA

Prozorski i fasadni sistemi

- 1 Sistemi prozorskih profila
- 2 Sistemi fasadnih profila
- 3 Sistemi profila za ulazna vrata
- 4 Sistemi roletni i grilja - kapci
- 5 Unutrašnje podprozorske daske
- 6 Paneli za ulazna vrata
- 7 Sistemi kliznih i kip vrata
- 8 Sistemi zimskih bašti
- 9 Ventilacione tehnike
- 10 Lepljenje stakla



Unutrašnje instalacije

- 9 Sistemi podnog grejanja i hlađenja
- 10 Sistemi zidnog grejanja i hlađenja
- 11 Grejanje slobodnih površina (voda/struja)
- 12 Unutrašnje instalacije
 - Unutrašnje vodovodne instalacije (RAUHS/RAUTITAN flex)
 - Sistemi za povezivanje radijatora (RAUPINK/RAUTITAN flex)
- 13 Toplovođi za daljinske sisteme grejanja
- 14 Centralni sistem za usisavanje prašine (VACUCLEAN)
- 15 Sistem zvučno prigušene kućne kanalizacije (RAUPIANO)
- 16 Solarna postrojenja REHAU-SOLECT
 - Fotovoltaik
 - Temperiranje betonskog jezgra
 - Elektroinstalacije
 - REHAU-program za projektovanje RAUINTEG

Niskogradnja

- 17 Kanalizacioni sistemi (AWADUKT)
- 18 Sistemi šahtova (AWASCHACHT)
- 19 Sistemi za prikupljanje procednih i drenažnih voda (RAUDRIL, RAUPLIN, RAUWELL, RAUDREN G)
- 20 Sistemi za korišćenje atmosferskih voda (RAUSIKKO, RAURAIN)
- 21 Geosintetički materijali (RAUMAT, RAUGRID, ARMAPAL)
- 22 Vodovodne cevi od PVC, PE, PE-Xa – naročito pogodne za polaganje bez peščane posteljice i bez iskopa rova
- 23 Sistemi gasnih cevi od PE i PE-Xa – naročito pogodne za polaganje bez peščane posteljice i bez iskopa rova
- 24 Sistemi za korišćenje toplote tla RAUGEО collect
- 25 Sistemi za korišćenje toplote tla RAUGEО sonde
- 26 REHAU izmenjivači toplote vazduh/zemlja
- 27 Sistemi komunikacionih vodova
 - Sistemi za odvođenje atmosferskih voda (RAUVIA)
 - REHAU-tehnika za biogas postrojenja
 - Postrojenja za prečišćavanje RAUCLEAN
 - Programi za polaganje vodova bez iskopa rovova
 - Program za sanaciju

REHAU (Nemačka, Srbija–Beograd)

NOVA TOPLOTNA PUMPA FIRME REHAU:

„VIZIJA STANOVANJA BEZ TROŠKOVA ZA GREJANJE“

REHAU je učinio odlučujući korak u pravcu vizije „Stanovanje bez troškova za grejanje“. REHAU toplotna pumpa, srce REHAU sistema unutrašnjih instalacija, omogućava inteligentno korišćenje energije iz okruženja. REHAU sistemi unutrašnjih instalacija nude kompletna rešenja koja su međusobno optimalno usklađena. Autorizovani REHAU instalateri, kao kompetentni savetodavni partneri.

Toplotna pumpa je, u zavisnosti od toga koja se energija koristi, dostupna kao **REHAU Geo** (zemlja/voda), **REHAU Aqua** (voda/voda) i **REHAU Aero** (vazduh/voda). Nova REHAU toplotna pumpa nas dovodi jedan odlučujući korak bliže viziji, „stanovanje bez troškova za grejanje“.

Sa novom toplotnom pumpom firma REHAU nudi sva bitna građevinsko-tehnička rešenja za energetski efikasan objekat: prozorski i fasadni sistemi, sistemi za korišćenje regenerativnih izvora energije, kao što su energija sunca (solarni sistemi), geotermija (toplotne pumpe, sonde, kolektori), kao i površinski sistemi za grejanje i hlađenje.

Ambicija firme REHAU je da sve komponente sistema objedini u efikasno, kompletno sistemsko rešenje, koje je visokog kvaliteta i dugotrajno.

Vizija REHAU-a „Stanovanje bez troškova za grejanje“ se razlikuje od pasivne kuće.

Grejanje pomoću nove REHAU toplotne pumpe povezuje energetsku efikasnost sa komfornim stanovanjem i individualnom slobodom. Pasivna kuća je dobar začetak za sticanje nezavisnosti od troškova za grejanje. Međutim, u zavisnosti od izvođenja, suočavamo se sa ograničenjima kod arhitektonske slobode i komfora stanovanja.

Koncept koji pružaju sistemski rešenja podrazumeva stanovanje bez troškova za grejanje, neumanjeni komfor stanovanja uz mogućnost finansiranja i od strane prosečnog potrošača.

Stanovanje bez troškova za grejanje: u pet koraka već danas dostižno.

Polazeći od konvencionalne kuće prema današnjem standardu „stanovanje bez troškova za grejanje“ je dostižno već u pet koraka:

- **Korak 1: Redukovanje energetskih gubitaka.** Za to nam je neophodna dobra građevinska struktura objekta (izolacija).

- **Korak 2: Efikasno korišćenje energije.** U tom smislu, za zagrevanje kuće, nude nam se površinski sistemi grejanja (zidno-plafonsko ili podno), koji rade sa relativno niskim temperaturama u razvodu (25-30°C). Zbog toplote predate zračenjem subjektivan osećaj temperature je, po pravilu, veći za 2-3°C od stvarne temperature. Pored toga, korišćenjem inovativnih rešenja, kao što je *stanica sveže vode*, temperature sanitarne vode u bojleru je niža i u kombinaciji sa toplotnom pumpom redukuju se troškovi grejanja.
- **Korak 3: Efikasno snabdevanje energijom.** To se ostvaruje uz toplotne pumpe, koja za svoj rad koristi i do tri četvrtine energije iz okruženja.
- **Korak 4: Energija sunca kao podrška pripremi tople vode.** Time postizemo dodatno redukovanje troškova grejanja.
- **Korak 5: Korišćenje energije sunca i za proizvodnju struje.** Ukoliko se preostali troškovi grejanja (za pogon toplotne pumpe) kompenzuju kroz primenu fotonaponskih ćelija, troškovi grejanja se svode skoro na nulu.

Primena toplotne pumpe nudi – uz pravilnu ugradnju i ozbiljno savetovanje – mnoge prednosti, koje se reflektuje kako na energetska efikasnost, tako i na komfor stanovanja.

Energetska efikasnost: Toplotna pumpa, koja obezbeđuje 100% zagrevanje stambenog prostora, koristi i do 75% prirodno okruženje kao primarni izvor energije. Drugačije rečeno: za jedan kilovat-sat pogonske energije toplotna pumpa obezbeđuje i do 4 kilovat-sata toplotne energije – u najboljem slučaju i više od toga.

Nezavisnost i sigurnost u snabdevanju: Toplotna pumpa koristi okruženje kao primaran izvor energije i time se stvara veća nezavisnost od stanja i cena energenata na svetskom tržištu.

Raznolikost i udobnost: REHAU nudi toplotne pumpe koje se mogu koristiti kako za grejanje, pasivno i aktivno hlađenje, tako i za pripremu tople vode. Rad je automatizovan i tih, nepotreban je prostor za smeštaj goriva i nema pepela. Rukovanje je jednostavno i praktično.

Sigurnost u radu: Toplotna pumpa radi bez plamena ili emisije gasova, štetnih materija i time ne predstavlja nikakvu opasnost.

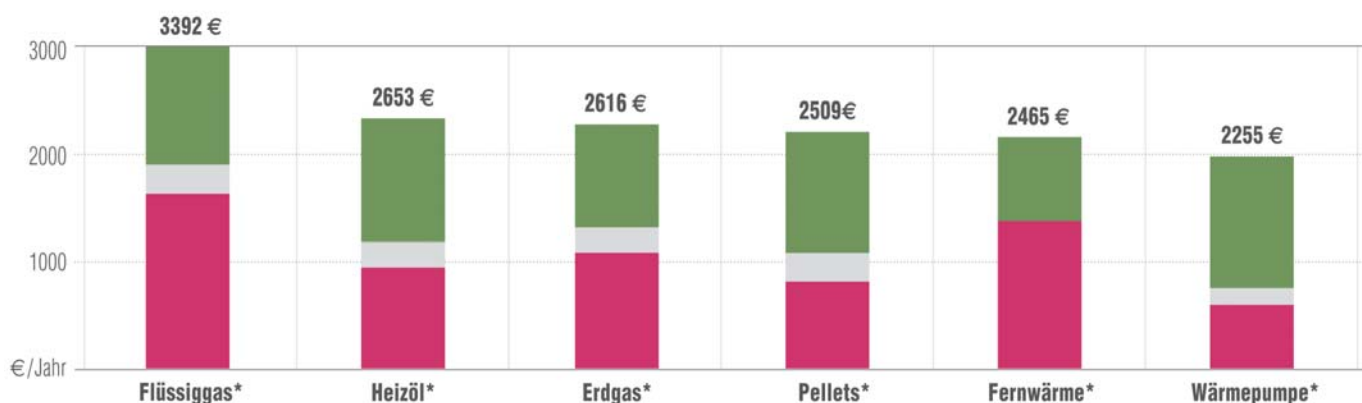
Redukcija troškova eksploatacije: Pravilnom primenom toplotne pumpe godišnji troškovi eksploatacije mogu se u odnosu na uobičajene grejne gasne instalacije značajno redukovati.

Niži ukupni troškovi: Usporedni podaci pokazuju da ukupni godišnji troškovi (troškovi goriva, troškovi eksploatacije i održavanja, nabavke) kod grejnih sistema sa toplotnom pumpom mogu biti niži u odnosu na uobičajene grejne sisteme.

Primer: Prema EVN-prikazu za porodičnu kuću od 180m² (novogradnja), sa potrebom za toplotnom energijom od 15.000kWh, godišnji troškovi (gorivo, eksploatacija i održavanje, nabavka) uz korišćenje toplotne pumpe (u kombinaciji sa površinskim grejanjem i toplotnim kapacitetom od 10kW) iznose 2.255 eura. Kod drugih energenata troškovi su: TNG – godišnji troškovi iznose oko 3.392 eura; lož-ulje oko 2.653 eura; zemni gas oko 2.616 eura; peleti oko 2.509 eura.

Preisvergleich – Beispiel: Einfamilienhaus, Neubau, 180m², Heizwärmebedarf 15.000 kWh, Kosten pro Jahr

■ Brennstoffkosten ■ Betriebskosten/Wartungskosten (Rauchfangkehrer, Installateur) ■ Anschaffungskosten (Heizsystem, Kessel/verteilt über die Nutzungsgebühr)



*) Brennwertgerät/-ausführung

Quelle: EVN

Investicioni troškovi: istovetni sa konvencionalnim grejnim instalacijama.

Moderne grejne instalacije sa toplotnom pumpom danas ne moraju da budu skuplje od konvencionalnih instalacija jer nema troškova za rezervoar, dimnjak, itd. Pri pravilnom izboru sistema uz ozbiljno savetovanje, projektovanje i montažu, investicija za toplotnu pumpu se po pravilu isplati već za nekoliko godina.

Toplotne pumpe su pogodne za sve tipove objekata, a naročito u kombinaciji sa površinskim grejanjem. Principijelno toplotna pumpa može da se primeni kod grejanja sa radijatorima (grejnim telima), površinskim grejanjem ili konvektorima. Međutim, pošto najefikasnije radi sa što nižim temperaturama vode u razvodu, naročito se preporučuje korišćenje u kombinaciji sa sistemima površinskog

grejanja (podno ili zidno grejanje). Osim toga kod površinskog grejanja režim rada sistema se može izmeniti – tako da tokom leta objekat može da se hladi.

Primena toplotnih pumpi je pogodna kako za novogradnju, tako i za sanaciju objekata. Svedjedno da li se radi o porodičnim kućama, manjim stambenim zgradama, višespratnicama, privrednim objektima, hotelima, prodavnicama, fabrikama, školama, obdaništima itd. – toplotna pumpa se može višestruko primeniti kako u novogradnji, tako i kod sanacije objekata.

Međutim, ono što bi svakako trebalo da se izbegne kod primene toplotnih pumpi su:

- nepromišljena zamena starih kotlova za toplotnu pumpu,
- zanemarivanje zahteva pripreme sanitarne vode,
- grejna tela sa temperaturom vode u razvodu znatno iznad 45°C,
- loše izolovani objekti,
- neozbiljno savetovanje.

Sveobuhvatno rešenje: REHAU instalater dovodi sve komponente sistema grejanja u međusobnu usaglašenost.

REHAU ne isporučuje samo toplotnu pumpu, već i sve ostale bitne komponente za obezbeđivanje njenog optimalnog rada. „Samo dobra toplotna pumpa ne garantuje usklađeno, energetski efikasno kompletno rešenje. Analogija sa automobilima daje slikovit prikaz: ekonomičan motor sam po sebi ne dovodi automatski do smanjenja potrošnje. Bitna je celokupna usklađenost komponenti motora, pogona, karoserije, pneumatika i na kraju krajeva i samog vozača. Zbog toga REHAU kupcima pruža kompletno savetovanje i podršku od strane autorizovanih REHAU instalatera.

REHAU posebno stavlja akcenat na ozbiljno i kompetentno savetovanje. Od strane REHAU-a autorizovani instalateri prolaze kroz sveobuhvatna školovanja u okviru „REHAU Akademije“. Instalater odlučujuće utiče na kvalitet i energetsku efikasnost postrojenja. Kroz sveobuhvatni servis, kompetentnost u savetovanju kao i stručnu montažu i puštanje u rad on obezbeđuje da se potencijali REHAU systemske tehnike iskoriste na najbolji mogući i individualno optimalan način.

Svi REHAU autorizovani instalateri prolaze kroz intenzivan program obuka i školovanja. Plan REHAU Akademije za unutrašnje instalacije obuhvata stručne autorizacije i sveobuhvatne kvalifikacije za različita područja, kao na primer za toplotnu pumpu ili površinsko grejanje i hlađenje.

Toplotne pumpe iz proizvodnog programa REHAU (Nemačka)

Tip toplotne pumpe	COP		Kapacitet grejanja
	prema DIN EN 14511	prema EN 255	
rasolina/voda toplotna pumpa GEO	4,0–4,4	4,4–4,7	5–36kW
vazduh/voda toplotna pumpa AERO	3,4–3,5	3,7–3,8	8–33kW
voda /voda toplotna pumpa AQUA	5,1–5,5	5,5–5,8	7–46kW

BOSCH (Nemačka, Srbija–Beograd)

Proizvodni program Bosch toplotnih pumpi sastoji se iz modela koji se koriste za dobijanje toplotne energije iz okolnog vazduha i ispod tla. Osnovne prednosti primene Bosch toplotnih pumpi su:

- izuzetno visok stepen iskorišćenja zahvaljujući koeficijentu grejanja COP vrednosti do 5;
- temperatura polaznog voda do 65°C obezbeđuje visok komfor kako za grejanje tako i za toplu sanitarnu vodu;
- kompaktna rešenja sa svim potrebnim pumpama i električnim grejačima, jednostavna montaža i integrisanje u postojeći sistem grejanja;
- najsavremeniji Scroli kompresori velike snage i efikasnosti uz izuzetno nizak nivo buke;
- lako podešavanje i rukovanje preko tekstualnog displeja i jednostavnog korisničkog menija.

Toplotne pumpe iz proizvodnog programa Bosch (Nemačka)

Tip toplotne pumpe	Izvedba	Kapacitet
Zemlja/Voda	Uređaji za grejanje sa integrisanim akumulacionim bojlerom	6–11kW
	Kompaktni uređaj za grejanje	6–17kW
Vazduh/Voda		6–10kW

TOP THERM (Srbija, AP Vojvodina–Bečej)

Top Therm d.o.o. je osnovan 04.07.2002. godine kao domaće preduzeće bez stranog kapitala. Distribucija Hoval proizvoda čini glavni prihod firme, koji delatnost obavlja po ekskluzivnom ugovoru sa Hovalwerk AG iz Švajcarske. U širokom asortimanu kvalitetne opreme nalaze se i toplotne pumpe.

Standardni modeli serije Thermalia toplotnih pumpi opremljeni su ekološkim rashladnim sredstvom R 407C, što omogućuje radne temperature do čak 55°C. Serija sadrži 17 modela sa opsegom toplotnih kapaciteta od 5,4 do 109,3kW.

Thermalia H serija koristi ekološko rashladno sredstvo R 134a, koje omogućava radne temperature do čak 65°C. Postoji 15 modela u seriji koji obuhvataju opseg kapaciteta od 5,2 do 73,1kW. H serija toplotnih pumpi se koristi u situacijama gde su, iz konstrukcionih razloga, potrebne više radne temperature (naročito u renoviranim zgradama) kao i u slučajevima gde se zagrejana voda koristi direktno, tj. bez dodatnog vodenog kruga.

Toplotne pumpe serije Thermalia i Thermalia H kao obnovljivi izvor koriste zemlju i vodu, odnosno izvode se tipa voda/voda i rasolina/voda.

Toplotne pumpe serije Belaria izvode se tipa vazduh/voda i imaju opseg kapaciteta od 8,6 do 33,2kW.

Izvor podataka: www.hoval.rs.

TEHNOMAG-TECO (Srbija, AP Vojvodina–Novi Sad)

Preduzeće Tehnomag-Teco iz Novog Sada u svom proizvodnom programu toplotnih pumpi ima toplotne pumpe tipa voda/voda i zemlja/voda. Grejni kapaciteti oba tipa toplotnih pumpi je od 16kW do 54kW.

Osim navedenog programa proizvodnje toplotnih pumpi, preduzeće se bavi analizom mogućnosti korišćenja i ugradnje toplotnih pumpi u prehrambenoj industriji. U ovom slučaju radi se o toplotnim pumpama kapaciteta do nekoliko megavata. Kao rashladni medijum toplotne pumpe koriste amonijak.

TERA TERM (Srbija, AP Vojvodina – Subotica)

Preduzeće Tera Term iz Subotice, već duži niz godina, bavi se razvojem i proizvodnjom toplotnih pumpi, koje se primenjuju za dobijanje toplote iz obnovljivih izvora okoline.

Sve informacije o proizvodnom programu, vrsti i opsegu kapaciteta toplotnih pumpi ovog preduzeća mogu se dobiti putem e-mail adrese: info@teraterm-su.com.

3. ZAKONSKA REGULATIVA

3.1. Evropska Unija

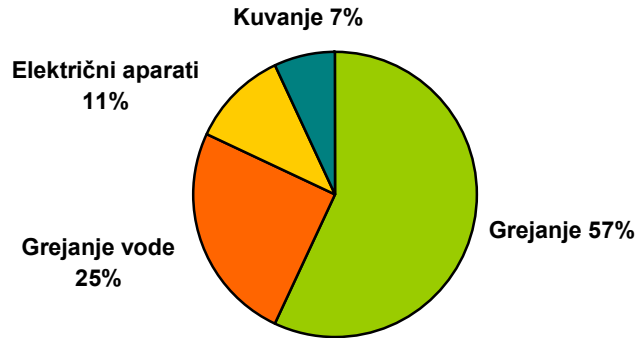
Briga o energiji i životnoj sredini zaokupirala je svetsku stručnu javnost. Ovim pitanjima posvećene su mnoge konferencije, savetovanja i stručni radovi već dugi niz godina u razvijenom svetu. Naime, nameće se neprestana dilema: kako obezbediti dovoljnu količinu energije neophodnu za potrebe objekata u kojima ljudi borave, a da to nema negativne posledice na životnu sredinu i prirodnu ravnotežu na planeti.

U Evropi je nužnost za sprovođenje mera energetske efikasnosti građevinskih objekata prvi put prepoznata u SR Nemačkoj 1977. godine [41], kada je uvedena Odredba o toplotnoj zaštiti, čime su uvedene zakonske norme za toplotnu zaštitu u zgradama.

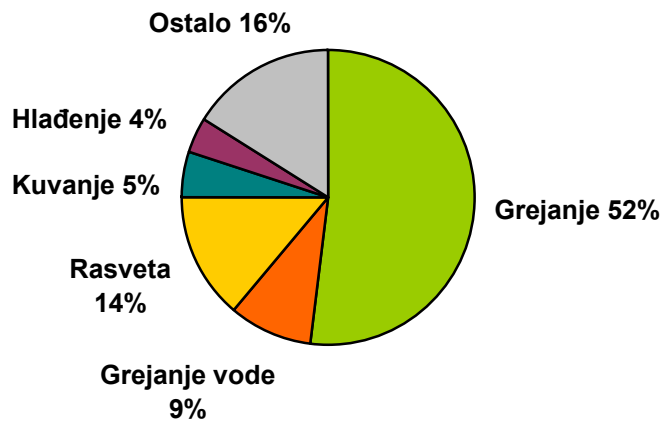
Važnost očuvanja životne sredine i štednje energije uvidele su mnoge zemlje u svetu, a među njima i zemlje članice Evropske unije, te su u tom cilju proteklih godina donele odgovarajuće standarde i direktive i svoje zakonodavstvo prilagodile ovim dokumentima, poštujući lokalne klimatske uslove, kao i stepen ekonomske i tehnološke razvijenosti.

U najznačajnije dokumente koje je donela i usvojila Evropska unija ubrajaju se: Direktiva iz 2002. godine – Directive 2002/91/EC (EPBD – The Energy Performance of Buildings Directive) [25], Direktiva iz 2010. godine – Directive 2010/10/EU (EPBD recast – The Energy Performance of Buildings Directive recast) [26] i Direktiva o obnovljivoj energiji – Directive 2009/28/EC [27].

Primena Direktive iz 2002. godine o energetske karakteristika zgrada osigurava da standardi za ove objekte širom Evrope postave u prvi plan minimiziranje potrošnje energije, što doprinosi smanjenju potrošnje energije u zgradama u Evropi. Direktiva se fokusira na unapređenje energetske efikasnosti zgrada i obuhvata glavne vidove krajnje potrošnje energije u zgradama: grejanje i hlađenje prostora, grejanje vode u stambenim zgradama, kao i grejanje i hlađenje prostora, osvetljenje i grejanje vode u nestambenim zgradama.



Sl.3.1. Udeo energije u stambenim zgradama EU (2001)



Sl.3.2. Udeo energije u tercijalnim zgradama EU (2001)

Primena ove Direktive omogućava:

- zajedničku metodologiju za izračunavanja energetske potrošnje zgrada, koja uzima u obzir lokalne klimatske uslove;
- usvajanje minimalnih standarda energetske potrošnje, koji se primenjuju pri gradnji novih zgrada, ali i pri značajnim obnovama postojećih velikih zgrada;
- razvijanje sistema za energetske sertifikacije zgrada, koji omogućava upoznavanje sa potrošnjom energije u zgradama.

Primena Direktive iz 2010. godine nalaže da zemlje članice do 2012. godine prilagode svoje zakone i nacionalne propise zahtevima Direktive, uzimajući u obzir specifičnosti svoga podneblja. Direktivom je, takođe, predviđeno da zemlje članice:

- primene metodologiju proračuna energetske performansi zgrada i proračun primarne energije;

- razmatraju decentralizovano snabdevanje energijom, dobijanje energije iz obnovljivih izvora, upotrebu toplotnih pumpi, kogeneraciju i daljinsko grejanje i hlađenje;
- zahteve koji važe za nove zgrade, primene i na postojeće objekte, što važi i za njihove sisteme za grejanje, pripremu tople vode, hlađenje i ventilaciju;
- u okviru energetske sertifikata daju preporuke za investicionu isplativost unapređenja energetske performansi zgrada;
- obezbede inspekciju sistema grejanja (limit 20kW), tj. toplotnog generatora, kontrolnog sistema i cirkulacionih pumpi, inspekciju sistema hlađenja i kontrolu njegove veličine u zavisnosti od zahteva za hlađenjem;
- do 2020. godine sve nove objekte svedu na približno nulte energetske objekte, s obzirom na usvojen koncept „nulte energetske zgrade – zero energy building (ZEB)” i „približno nulte energetske zgrade – nearly zero energy building (nZEB)”.

Imajući u vidu odredbe Direktive, u Evropskoj uniji postavljen je novi cilj – nulti energetske objekti i približno nulti energetske objekti. Treba, međutim, naglasiti da je u ovom trenutku termin „neto nulta energetska zgrada” još uvek u domenu teorije, s obzirom na to da svaka zgrada troši određenu količinu energije. I pored toga, mnoge države članice usvajaju strože standarde energetske efikasnosti zgrada.

Cilj Direktive o obnovljivoj energiji 2009/28/EC jeste povećanje upotrebe obnovljive energije u Evropi. Ona obavezuje članice Evropske unije da upotrebom obnovljive energije u sektorima električne energije, grejanja i hlađenja, kao i u sektoru transporta obezbede da do 2020. godine obnovljiva energija čini bar 20% ukupne potrošnje energije u Evropskoj uniji. Direktiva, takođe, predviđa da će do 2020. godine, korišćenje obnovljive energije u transportu (biogoriva, električna energija i vodonik proizveden iz obnovljivih izvora) iznositi najmanje 10% ukupne potrošnje goriva u Evropskoj uniji.

Evropska unija je 2008. godine usvojila akcioni plan energetske efikasnosti do 2020. godine, nazvan „20-20-20”, što podrazumeva:

- smanjenje potrošnje energije za 20%,
- povećanje upotrebe obnovljivih izvora energije za 20%,
- smanjenje emisija ugljen-dioksida i ostalih gasova sa efektom staklene bašte za 20%.

Ovaj deo plana ukazuje na činjenicu da će se, ukoliko se ostvari zadati cilj, povećati upotreba OIE, što će doprineti smanjenju potrošnje fosilnih goriva, smanjenju emisija CO₂, kao i nezavisnosti od isporuke fosilnih goriva, prevashodno nafte i prirodnog gasa. Imajući u vidu da je Evropska unija veliki uvoznik fosilnih goriva, sinergija sa ostalim ciljevima u pogledu održivosti, kao što je smanjenje zavisnosti od uvoza fosilnih goriva, konkurentnost opreme koja se upotrebljava prilikom upotrebe OIE, kao i koristi za zdravlje, poboljšani kvalitet života, unapređena urbanistička rešenja, predstavljaju dovoljan razlog da se povećaju naponi ka ubrzavanju razvoja sistema sa OIE. Prioritetne aktivnosti u dostizanju ciljeva jesu smanjenje uticaja proizvodnje toplotne i električne energije na klimatske promene.

Imajući u vidu posledice globalnog zagrevanja i promene klime, u EU definisan je i prihvaćen plan čiji je cilj redukcija emisija ugljen-dioksida i ostalih gasova sa efektom staklene bašte za 80-95% do 2050. godine, a u odnosu na nivo emisija iz 1990. godine.

Kada se govori o obnovljivim izvorima energije kao mogućnosti za postizanje ciljeva u pogledu povećanja sigurnosti snabdevanja energijom i smanjenja gasova sa efektom staklene bašte, ističe se da su neke evropske zemlje načinile veliki napredak u pogledu korišćenja ovih izvora.

U tabeli 3.1. dati su ukupni nacionalni ciljevi pojedinih članica EU u pogledu udela obnovljivih izvora u ukupnoj krajnjoj potrošnji energije u 2020. godini.

Tabela 3.1. Ukupni nacionalni ciljevi pojedinih članica EU u pogledu udela obnovljivih izvora u ukupnoj krajnjoj potrošnji energije u 2020. godini. u (%)

	Udeo energije iz OIE u ukupnoj krajnjoj potrošnji energije u 2005. godini u (%)	Udeo energije iz OIE u ukupnoj krajnjoj potrošnji energije u 2020. godini u (%)
Belgija	2,2	13
Bugarska	9,4	16
Češka Republika	6,1	13
Danska	17	30
Nemačka	5,8	18
Estonija	18	25
Irska	3,1	16
Grčka	6,9	18
Španija	8,7	20
Francuska	10,3	23
Italija	5,2	17
Kipar	2,9	13

Letonija	32,6	40
Litvanija	15	23
Luksemburg	0,9	11
Mađarska	4,3	13
Malta	0,0	10
Holandija	2,4	14
Austrija	23,3	34
Poljska	7,2	15
Portugal	20,5	31
Rumunija	17,8	24
Slovenija	16,0	25
Slovačka Republika	6,7	14
Finska	28,5	38
Švedska	39,8	49
Velika Britanija	1,3	15

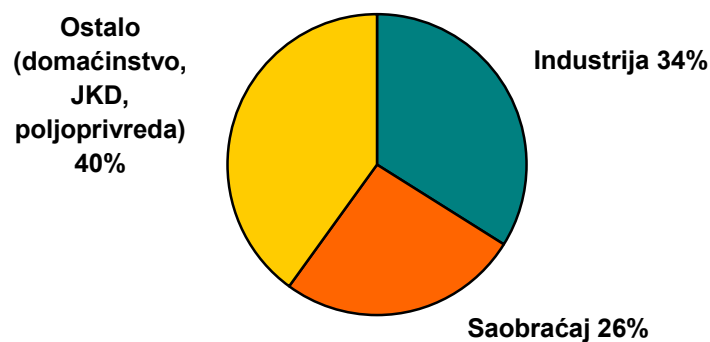
3.2. Republika Srbija

Republika Srbija se u Evropi nalazi na niskom nivou u domenu energetske efikasnosti. Tome doprinose sledeći faktori:

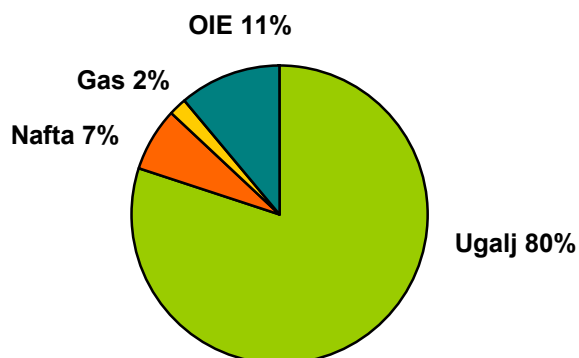
- neblagovremeno donošenje zakonske regulative u predmetnoj oblasti;
- nerazvijenost opreme i sistema u tehnološkom pogledu;
- niska ekonomska moć stanovništva;
- nepostojanje subvencija od strane države kao stimulansa i pomoći prilikom kupovine opreme;
- disparitet između cena energenata, pre svega električne energije, i cena opreme koja je neophodna za povećanje energetske efikasnosti objekata;
- nedovoljno formirana svest o značaju očuvanja životne sredine i štednji energije.

Zakonom o planiranju i izgradnji od septembra 2009. godine u Republici Srbiji prvi put je definisano da unapređenje energetske efikasnosti jeste smanjenje potrošnje svih vrsta energije, ušteda energije i obezbeđenje održive gradnje primenom tehničkih mera, standarda i uslova planiranja, projektovanja, izgradnje i upotrebe objekata [64].

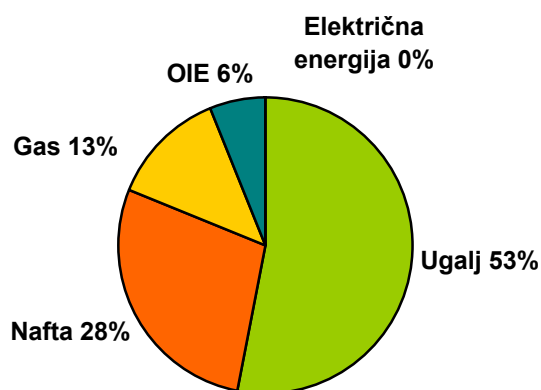
Uprkos ekonomskim i socijalnim ograničenjima, „s obzirom na složenost procesa smanjivanja uticaja na klimatske promene i dug period za utvrđivanje jedinstvenih obavezujućih normativa, potrebno je pratiti i primenjivati najbolju svetsku praksu i najsavremeniju raspoloživu tehnologiju iz ove oblasti.” [41]



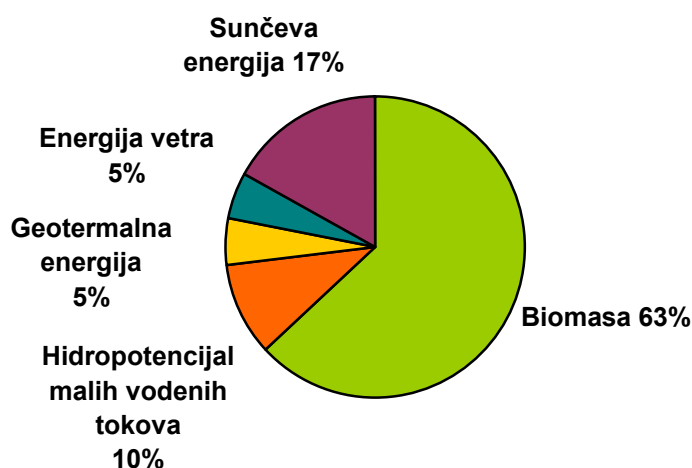
Sl.3.3. Učešće pojedinih sektora u finalnoj potrošnji energije u 2008. godini u RS [30]



Sl.3.4. Struktura energenata u proizvodnji primarne energije u 2008. godini u RS [30]



Sl.3.5. Struktura energenata u ukupnoj potrošnji primarne energije u 2008. godini u RS [30]



Sl.3.6. Učešće pojedinih OIE u energetske potencijalu u RS [30]

Prema Strategiji razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine definisane su aktivnosti i mere koje je potrebno realizovati do 2012. godine radi smanjenja potrošnje energije za grejanje objekata [54]. Strategija predviđa:

- donošenje novih propisa za smanjenje potrošnje energije za grejanje objekata,
- osnivanje podsticajnih fondova za poboljšanje toplotne zaštite stambenih i nestambenih objekata,
- zamenu prozora,
- poboljšanje izolacije zidova zgrada,
- uvođenje pribavljanja sertifikata energetske efikasnosti zgrade.

Republika Srbija je 2011. godinu proglasila godinom energetske efikasnosti i iste godine usvojila je dva vrlo važna zakonska akta:

- Pravilnik o energetskej efikasnosti zgrada i
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada,

kojima će se obezbediti izgradnja i korišćenje energetski efikasnih zgrada.

Pored toga, 2011. godine donet je i Zakon o energetici Republike Srbije u okviru koga je definisan Nacionalni akcioni plan, kojim se utvrđuju ciljevi za korišćenje obnovljivih izvora energije za period od najmanje 10 godina. Ovaj plan, između ostalog, sadrži:

- udeo energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj bruto finalnoj potrošnji energije,
- udeo energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji električne energije,
- udeo energije iz obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji za grejanje i hlađenje,
- mere i procenjena finansijska sredstva za ostvarenje planiranih udela energije iz obnovljivih izvora.

4. ENERGETSKE PERFORMANSE GRAĐEVINSKIH OBJEKATA U AP VOJVODINI

Kod primene toplotnih pumpi i upotrebe OIE za potrebe grejanja objekata, a sa stanovišta ekonomske opravdanosti, od suštinskog značaja su energetske performanse građevinskih objekata. U tom smislu najbitnije energetske performanse objekata su:

- specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta q (W/m^2),
- specifična godišnja potrošnja toplote grejanja objekta q_{god} (kWh/m^2god).

Pri upotrebi OIE, specifično projektno toplotno opterećenje grejanja je najvažnija energetska karakteristika objekta, od koje zavisi energetska ravnoteža između objekta i OIE, odnosno ocena o podobnosti objekta za korišćenje ovih oblika energije.

Za poznato (sračunato) specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta q (W/m^2), klimatske uslove područja i namenu objekta, specifična projektna godišnja potrošnja toplote definisana je izrazom:

$$q_{god} = \frac{24 \cdot q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e \quad (Wh / m^2 god). \quad (4.1.)$$

gde je:

- q (W/m^2) specifično projektno toplotno opterećenje grejanja,
- Z (dan/god) broj grejnih dana u godini,
- t_p ($^{\circ}C$) prosečna temperatura prostorije,
- t_{god} ($^{\circ}C$) prosečna spoljnja temperatura u sezoni grejanja,
- t_{sp} ($^{\circ}C$) spoljnja projektne temperatura grejanja,
- y (-) korekcionni faktor jednovremenosti kod proračuna potrošnje toplote,
- e (-) korekcionni faktor koji kod proračuna potrošnje toplote uzima u obzir prekid u zagrevanju ($e = e_t \cdot e_b$),
- e_t (-) faktor temperaturskog ograničenja kod proračuna potrošnje toplote,
- e_b (-) faktor eksploatacionog ograničenja kod proračuna potrošnje toplote.

Podrazumeva se, za poznatu ili zakonskim propisima dozvoljenu specifičnu godišnju potrošnju toplote q_{god} (Wh/m^2god), na osnovu izraza (4.1.), definisano je i specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta q (W/m^2).

4.1. Postojeći objekti

4.1.1. Stambeni objekti

Studija [53], koja je bila deo istraživanja koja su se vršila u sklopu revizije Generalnog urbanističkog plana Novog Sada do 2005. godine, obuhvatila je i istraživanje definisanja specifičnog toplotnog opterećenja grejanja stambenih, javnih i poslovnih objekata u periodu do 1985. i za period od 1995. do 2005. godine. Rezultati tih istraživanja dati su u tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Usvojene vrednosti specifičnog toplotnog opterećenja grejanja q (W/m^2)

Namena objekta	Period		
	do 1985.	1985.–1995.	1995.–2005.
	q (W/m^2)		
Stambeni tip I	146	104	83
Stambeni tip II	149	93	70
Stambeni tip III	194	194	140

U tabeli 4.1. pojedini tipovi stambenih objekata su:

tip I – stambeni objekti u blokovima,

tip II – ulični tip, zgrade u nizu,

tip III – jednospratne porodične kuće.

Navedene vrednosti u tabeli 4.1., sa stanovišta ove Studije, mogu se za navedene periode smatrati kao relevantne za AP Vojvodinu.

4.1.2. Javni i poslovni objekti

Za javne i poslovne objekte rezultati Studije [53] dati su u tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Usvojene vrednosti specifičnog toplotnog opterećenja grejanja q (W/m^2)

Namena objekta	Period		
	do 1985.	1985.–1995.	1995.–2005.
	q (W/m^2)		
Obrazovne ustanove	180	112	90
Administrativne zgrade	173	135	108
Trgovine male, robne kuće	234	210	168
Restorani	380	280	224

Navedene vrednosti u tabeli 4.2., sa stanovišta ove Studije, mogu se za navedene periode smatrati kao relevantne za AP Vojvodinu.

Rukovodilac ove Studije bio je odgovorni projektant Glavnih projekata grejanja za sledeće sportske objekte u AP Vojvodini koji su bili finansirani od AP Vojvodine.

- Bački Petrovac: Spotska hala (Glavni projekat grejanja, 2007. godina),
- Pivnice: Sportska sala OŠ "15 Oktobar" (Glavni projekat grejanja, 2006. godina),
- Bačko Novo Selo: Sportska sala OŠ "Moša Pijade" (Glavni projekat grejanja, 2007. godina),
- Bačko Dobro Polje: Sportska sala OŠ "Vuk Karadžić"(Glavni projekat grejanja, 2008. godina),
- Aradac: Sportska sala OŠ "Bratstvo"(Glavni projekat grejanja, 2009. godina),
- Selenča: Sportska sala OŠ "Jan Kolar"(Glavni projekat grejanja, 2009. godina).

Ne samo zbog pregleda energetske performansi sportskih objekata u AP Vojvodini, građenih posle 2006. godine, već i zbog donošenja određenih zaključaka u ovoj Studiji, daju se sledeće vrednosti specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja za navedene sportske objekte:

- Bački Petrovac: Spotska hala, $q=47,7W/m^2$
- Pivnice: Sportska sala, $q=95,3W/m^2$
- Bačko Novo Selo: Sportska sala, $q=82,2W/m^2$
- Bačko Dobro Polje: Sportska sala, $q=49,4W/m^2$
- Aradac: Sportska sala, $q=79,7W/m^2$
- Selenča: Sportska sala, $q=79,2W/m^2$

Navedene vrednosti specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja q (W/m^2), odnose se samo za prostor sala, bez tribina, komunikacija i pomoćnih prostorija.

4.2. Novi objekti

U ovoj Studiji, pod pojmom novi objekti, smatraju se objekti koji će biti građeni prema novim Pravilnicima:

- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada [46],
- Pravilnik o uslovima, sadržaju i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada [48],

koji su usvojeni u Skupštini Republike Srbije i čija primena počinje od 30. septembra 2012. godine.

U odnosu na još važeći standard SRPS U.J5.600 iz 1998. godine znatno su pooštreni kriterijumi o toplotnoj zaštiti zgrada, što bi trebalo da ima veliki značaj za korišćenje OIE i primenu toplotnih pumpi. Radi poređenja, prema postojećem Standardu max. dozvoljeni koeficijent prolaza toplote za spoljnji zid je $0,9W/m^2K$, a prema novom Pravilniku [61] $0,3W/m^2K$, dakle tri puta manje, a time i tri puta manji gubici toplote kroz spoljnje zidove. Za spoljnje prozore i vrata max. dozvoljeni koeficijent prolaza toplote smanjuje se sa $3,1W/m^2K$ na $1,5W/m^2K$, odnosno dva puta manje.

Prema Pravilniku [48], zgrade se svrstavaju u osam energetskih razreda prema energetske skali od "A+" do "G", s tim da "A+" označava energetski najpovoljniji, a "G" energetski najnepovoljniji razred.

Energetski razred nove zgrade određuje se na osnovu maksimalno dozvoljene godišnje potrebne finalne energije za grejanje $q_{god,max}$ (kWh/m^2god).

Maksimalno dozvoljena godišnja potrebna finalna energija za grejanje $q_{god,max}$ (kWh/m^2god) odgovara energetskom razredu "C".

Sa stanovišta ove Studije, neophodno je imati podatke o specifičnim toplotnim opterećenjima q (W/m^2) novih objekata u AP Vojvodini. Na osnovu tih podataka može se dati ocena, da li su energetske performanse novih objekata u AP Vojvodini prilagođene korišćenju OIE i primeni toplotnih pumpi.

4.2.1. Stambeni objekti

Na osnovu izraza (4.1.) za sračunavanje specifične godišnje potrošnje toplote, specifično toplotno opterećenje grejanja definisano je jednačinom:

$$q = \frac{q_{god} \cdot (t_p - t_{sp})}{24 \cdot Z \cdot (t_p - t_{god}) \cdot y \cdot e} \quad (W / m^2) \quad (4.2.)$$

Na osnovu izraza (4.2.) za sračunavanje specifične godišnje potrošnje grejanja i za konkretne uslove, odnosno za grad Novi Sad koji se uzima kao referentan za AP Vojvodinu:

- spoljnja projektna temperatura grejanja: $t_{sp} = -14,8^\circ\text{C}$,
- prosečna spoljnja temperatura u sezoni grejanja: $t_{god} = +5,2^\circ\text{C}$,
- prosečna temperatura prostorije: $t_p = 19^\circ\text{C}$,
- broj grejnih dana u godini: $Z = 181 \text{ dan/god}$,

kao i vrednosti korekcionih faktora kod sračunavanja godišnje potrošnje toplote:

- stambene zgrade: $y = 0,63$; $e = 0,95$ ($e_t = 0,95$; $e_b = 1,0$),
- upravne i poslovne zgrade, objekti namenjeni obrazovanju i kulturi, zgrade namenjene turizmu i ugostiteljstvu, sportu i rekreaciji, trgovini i uslužnim delatnostima: $y = 0,63$; $e = 0,81$ ($e_t = 0,90$; $e_b = 0,9$),
- zgrade namenjene zdravstvu i socijalnoj zaštiti: $y = 0,63$; $e = 1$ ($e_t = 1,0$; $e_b = 1,0$),

u tabelama 4.3. i 4.4. date su vrednosti sračunatih specifičnih toplotnih opterećenja grejanja stambenih objekata za energetske razrede "C" i "B".

Tabela 4.3. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2) zgrade sa jednim stanom

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2 \text{ god}$)			
65	33	33	17
q (W/m^2)			
61,2	31,1	31,1	16

Tabela 4.4. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2)
zgrade sa više stanova

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2\text{god}$)			
60	30	30	15
q (W/m^2)			
56,5	28,3	28,3	14,2

4.2.2. Javni i poslovni objekti

U tabelama 4.5., 4.6., 4.7., 4.8., 4.9., 4.9. i 4.10. date su vrednosti sračunatih specifičnih toplotnih opterećenja grejanja stambenih i javnih objekata za energetske razrede "C" i "B".

Tabela 4.5. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2)
za upravne i poslovne zgrade

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2\text{god}$)			
55	28	28	14
q (W/m^2)			
60,7	30,9	30,9	15,5

Tabela 4.6. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2)
za zgrade namenjene obrazovanju i kulturi

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2\text{god}$)			
65	33	33	17
q (W/m^2)			
71,8	36,4	36,4	18,7

Tabela 4.7. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2) zgrade namenjene zdravstvu i socijalnoj zaštiti

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2 god$)			
100	50	50	25
q (W/m^2)			
89,5	44,7	44,7	22,4

Tabela 4.8. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2) za zgrade namenjene turizmu i ugostiteljstvu

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2 god$)			
90	45	45	23
q (W/m^2)			
76,2	38,1	38,1	19,1

Tabela 4.9. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2) za zgrade namenjene sportu i rekreaciji

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2 god$)			
80	40	40	20
q (W/m^2)			
88,4	44,2	44,2	22,1

Tabela 4.10. Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2) za zgrade namenjene trgovini i uslužnim delatnostima

Energetski razred			
"C"		"B"	
q_{god} ($kWh/m^2 god$)			
70	35	35	18
q (W/m^2)			
77,4	38,7	38,7	19,4

4.3. Poboljšanje energetske performansi objekata

Projektovanje energetski efikasnog građevinskog objekta podrazumeva optimizaciju svih parametara koji utiču na smanjenje potrošnje energije u objektu, optimalno pozicioniranje objekta u zavisnosti od lokalnih klimatskih uslova, projektovanje toplotnog opterećenja objekta, izbor svih planiranih sistema (grejanja, ventilacije, klimatizacije, osvetljenja, električnih instalacija), izbor građevinskih materijala, izbor i ugradnju zahtevanog nivoa toplotne zaštite, uz obezbeđenje neophodnih uslova ugodnosti u eksploataciji.

Imajući u vidu činjenicu da je cilj energetski efikasne gradnje izgradnja objekta koji će u eksploataciji trošiti minimalnu energiju, koncepciji energetski efikasne zgrade neophodno je pristupiti u fazi projektovanja, kada bi se sagledale potrebe zgrade, kao i uslovi koji karakterišu okolinu u kojoj će se ona nalaziti. U toj fazi neophodno je analizirati uticaje spoljašnje sredine na budući objekat, a energetske strategiju dovesti do nivoa ekonomske opravdanosti.

Energetski efikasna projektna strategija insistira na detaljnom proučavanju projektnih podataka arhitektonskog projektovanja koji utiču na energetske karakteristike zgrade od kojih su najznačajniji:

- lokacija zgrade,
- pozicija zgrade,
- orijentacija zgrade,
- oblik zgrade,
- omotač zgrade,
- regulacija sunčevog zračenja i sistemi prirodne ventilacije.

Međutim, ovi relevantni faktori ne mogu se posmatrati nezavisno od ostalih uticajnih faktora koji karakterišu druge sisteme zgrade, njene građevinske elemente, upotrebu građevinskih materijala dobrih termičkih karakteristika i mašinske i električne instalacije. Usvajanjem optimalnih vrednosti svakog od uticajnog faktora, a imajući u vidu njihovu međusobnu povezanost, moguće je postići energetski efikasan delotvoran sistem, pri čemu će takav objekat uz korišćenje obnovljivih izvora energije ispuniti princip očuvanja energije.

4.4. Inteligentne zgrade

Inteligentne zgrade svrstavaju se u energetske efikasne objekte, čija potrošnja energije zavisi od energetske svojstava zgrade i njene okoline, klimatskih podataka i sati pogona, kao i pojedinih sistema koji rade na grejanju i hlađenju zgrade. Strategija projektovanja ovih objekata koncipirana je tako da oni funkcionišu u saglasnosti sa svojom okolinom, da se podešavaju za trenutne klimatske uslove spoljašnje sredine (sunčevo zračenje) i da zahtevaju minimalne količine primarne energije. Projektovanje ovih objekata obuhvata pristupe pasivnom korišćenju sunčeve energije, a parametre kao što su orijentacija, lokacija, udaljenost u odnosu na ostale objekte, oblik objekta i njegov omotač, razmatraju se u ranoj fazi projektovanja. Omotač zgrade, koji razdvaja spoljašnju i unutrašnju sredinu, predstavlja najvažniju komponentu ovih objekata. S obzirom na to da su omotači ovih zgrada samopodesivi u odnosu na spoljašnje promene, uvodi se koncept inteligentnog omotača. Investicioni troškovi građenja omotača zgrade iznose između 15% i 40% ukupnih troškova zgrade. Treba, međutim, istaći da njegov uticaj na troškove veka trajanja zgrade iznosi 40%, pa i više [63]. Inteligentne zgrade predstavljaju današnji tehnološki trend, sa visokim stepenom automatizacije sistema, a s obzirom na to da zahtevaju skupe sisteme upravljanja energijom, zastupljene su u objektima gde su zahtevi za energijom veći od onih u stambenim zgradama, npr. u komercijalnom sektoru. U cilju osiguranja visoke energetske efikasnosti, inteligentna zgrada koristi prednosti prirodnih izvora i smanjuje potrebu za energijom iz neobnovljivih izvora.

4.5. Približno nulti energetske objekti

Ukoliko se analiziraju izgrađeni objekti i njihove energetske performanse u periodu od pre 30 godina do danas, zaključuje se da su novi objekti energetske efikasniji, da je u fazi projektovanja posvećena pažnja njihovoj toplotnoj zaštiti i da su sistemi u objektima uz pomoć novih tehnologija, a time i sami objekti, postali efikasniji. Na taj način, objekti pružaju veću unutrašnju udobnost i komfor korisnicima. Njihova energetska efikasnost ogleda se u smanjenoj potrošnji primarne energije, tj. fosilnih goriva. Ova konstatacija se prevashodno odnosi na zemlje Evropske unije, koje su, u cilju smanjenja emisije ugljen-dioksida i potrošnje energije, postavile novi cilj – „nulte” energetske objekte.

Pod pojmom „nulta energetska zgrada - zero energy building (nZEB)” podrazumeva se zgrada čija potrošnja primarne energije iznosi nula kilovat-časova po metru kvadratnom godišnje (0kWh/m²god). Navedeni termin je za sada još uvek uslovna definicija i prema [58], ovaj „teorijski koncept je veoma kompleksan i uzima u razmatranje visoko energetska efikasnu modeliranu zgradu, građevinske materijale, tehničke sisteme i opremu koji minimiziraju potrebe objekta za grejanjem i električnom energijom, doprinose održivosti i smanjuju emisije CO₂.” Naime, ovi objekti su objekti koji su tipično povezani na energetska mrežni sistem, sa koga se snabdevaju potrebnom energijom. Međutim, oni uravnotežuju svoje potrebe za primarnom energijom na taj način što koriste energiju sa mreže, a kada su uslovi povoljni koriste energiju iz OIE, dobijenu na licu mesta ili u neposrednoj blizini objekta.

Osnovni cilj uvođenja „nultih” energetskih objekata u standarde evropskih zemalja jeste prioritarno smanjenje upotrebe primarne energije dobijene sagorevanjem fosilnih goriva, uz obezbeđenje istih ili boljih uslova u objektima. Svaka zemlja članica EU, imajući u vidu sopstvene lokalne klimatske uslove, nivo tehnološke razvijenosti, kao i druge parametre, doneće svoje normative za proračun, a time i ocenjivanje zgrade kao neto nulte ili približno neto nulte. Ovim pravilima i normativima definisaće se i vrsta energija u objektu koja ulazi u proračun. Sam metod ocenjivanja i sertifikovanja postignutog kvaliteta objekata u pogledu dostizanja „približno nulte” energetske zgrade trebalo bi da bude praktičan, jeftin i administrativno pristupačan. Nulte energetske zgrade zahtevaju primenu novih, ekonomski isplativih tehnologija.

Današnji stavovi o budućim dešavanjima iz predmetne oblasti istraživanja ukazuju na to da će se u bliskoj budućnosti projektovati i izvoditi „nulti” energetska objekti i „nulti” energetska gradovi, sa „zelenim” ulicama i zgradama. Nulti energetska gradovi - ZEC (Zero energy city) jesu realnost budućnosti i krajnji cilj u odnosu na potrošnju energije u građevinskom sektoru [58].

5. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE ZA TOPLOTNE PUMPE

„Sve u svemu postoje dve kategorije energije: sunčeva energija i njeni produkti (energija biomase, vetra i vode, koje su praktično neiscrpna korist dobijena od Sunca) i druge energije dobijene iz naše Zemlje, koje su nažalost već u velikoj meri iscrpljene.” [6]

Prema Svetskom Savetu za energiju postavljena su tri osnovna, međusobno povezana strateška cilja za XXI vek u cilju ostvarivanja održivog razvoja sveta: pristupačnost, raspoloživost i prihvatljivost energije [23].

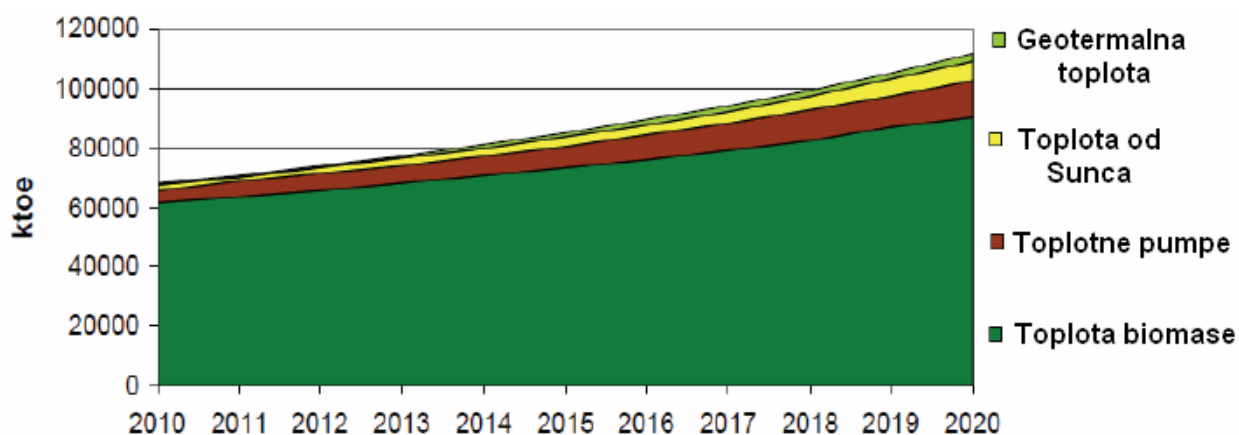
Pristupačnost energije uslovljena je nizom faktora, od kojih su najvažniji ekonomski i politički. Od ovih faktora zavisi cena energije i pristup energetsom svetskom tržištu. Samo energija koja je dostupna i prihvatljiva po cenama za sve ljude omogućuje postizanje cilja za ostvarivanje daljeg održivog razvoja sveta.

Raspoloživost energije omogućuje njenu dalju upotrebu, odnosno transformaciju u druge oblike finalne energije koji su neophodni za zadovoljenje potreba potrošača. Raspoloživost energije uslovljena je njenim stalnim snabdevanjem i skladištenjem kako bi se obezbedila za duže vremenske periode.

Prihvatljivost energije podrazumeva neprekidnu isporuku, sigurnost postrojenja pri njenoj transformaciji, smanjenje efekta staklene bašte i zagađenja čovekove okoline.



SI.5.1. Najveći potencijali varijabilnih OIE u EU [41]



Sl.5.2. Razvoj obnovljive energije za potrebe grejanja i hlađenja u EU [41]

5.1. Vrste obnovljivih izvora

Energija koja je sadržana u neobnovljivim i obnovljivim energentima i koja nije pretrpela proces transformacije definiše se kao primarna energija (PE). Generalno, razlikuju se sledeći oblici primarne energije:

- neobnovljiva primarna energija (NPE), kao energija fosilnih goriva (čvrsto, tečno i gasovito),
- obnovljiva primarna energija (OPE), kao energija obnovljivih izvora.

Kod obnovljive primarne energije razlikuju se:

- sagorljiva obnovljiva primarna energija (SOPE),
- nesagorljiva obnovljiva primarna energija (NOPE).

Sagorljiva obnovljiva primarna energija su obnovljivi izvori koji imaju svojstvo da mogu sagorevati (biomasa).

Nesagorljiva obnovljiva primarna energija su obnovljivi izvori koji nemaju svojstvo da mogu sagorevati (sunčeva energija, voda, vetar, geotermalna).

Obnovljivi izvori energije se mogu podeliti u nekoliko osnovnih grupa, zavisno o njihovoj srodnosti, ne uzimajući u obzir odakle zapravo potiču:

- sunčeva energija,
- energija vetra,
- energija vodenih tokova,
- energija vodonika,
- energija iz biomase,

- energija iz okoline.

Toplotni izvori za primenu toplotnih pumpi se s obzirom na poreklo i postojanost temperatura mogu podeliti u tri osnovne grupe:

1. prirodni izvori sa uglavnom promenljivim temperaturama:
 - spoljašnji vazduh,
2. prirodni izvori sa razmerno konstantnim temperaturama:
 - površinske vode (reke i jezera), mora i okeani,
 - podzemne vode,
 - tlo,
3. veštački izvori:
 - otpadni vazduh iz prostorija i industrijskih procesa,
 - otpadne vode.

Na raspoloživost prirodnih toplotnih izvora uglavnom se ne može uticati, to jest njihove su količine neograničene, ali je kod nekih od njih temperatura tokom godine značajno promenljiva, a kod nekih se menja u vrlo malom rasponu. Za razliku od njih, na raspoloživost (količinsku, vremensku) i temperaturu veštačkih izvora, po pravilu, može se uticati.

U okviru ove Studije, a prema Projektnom zadatku Studije, za primenu TP razmatraće se sledeći prirodni (energija iz okoline) obnovljivi izvori energije:

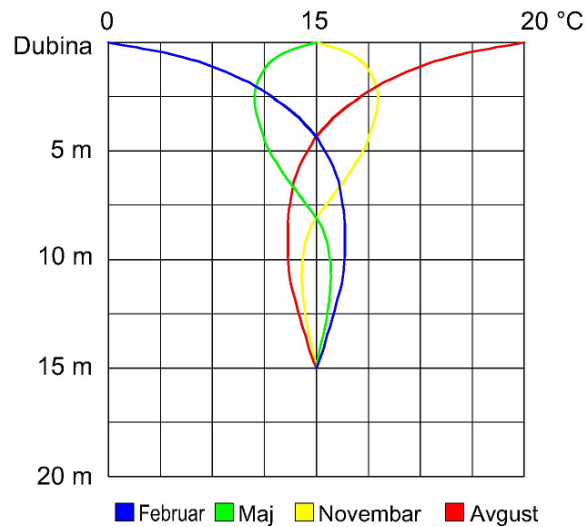
- tlo,
- voda (podzemna i površinska),
- spoljašnji vazduh.

Pošto tlo predstavlja površinski sloj Zemlje, u taljem tekstu Studije pojam "dobijanje toplote iz tla", zameniće se sa pojmom "dobijanje toplote iz zemlje".

5.1.1. Dobijanje toplote iz zemlje

Dobijanje toplote iz zemlje, kao prirodnog regeneracijskog izvora toplote, pogodno je za grejanje objekata pomoću toplotne pumpe, imajući u vidu činjenicu da zemlja već na malim dubinama poseduje konstantnu temperaturu, što je veoma važno prilikom upotrebe ovakve vrste izvora. Temperature koje vladaju u zemlji na dubini od

1m u zimskim mesecima iznose od $+6^{\circ}\text{C}$ do $+8^{\circ}\text{C}$, dok na dubini od 100m njihova vrednost iznosi i do $+15^{\circ}\text{C}$. Pored toga, zemlje ima u velikim količinama.



Sl.5.3. Prosečne temperature zemlje

Za dobijanje toplote iz zemlje koriste se horizontalni i vertikalni izmenjivači toplote.

Horizontalni izmenjivači toplote podrazumevaju sistem cevi – cevne zmijske, koje se u zemlju postavljaju na dubini od 1 do 2m, najčešće na dubini 1,5m. Pošto su cevi blizu površine zemlje, da ne bi došlo do zamrzavanja nosioca toplote, kroz cevi struji mešavina glikola i vode. Sistemi cevi za cevne zmijske proizvode se od visokokvalitetnog i za okolinu neškodljivog polietilena.

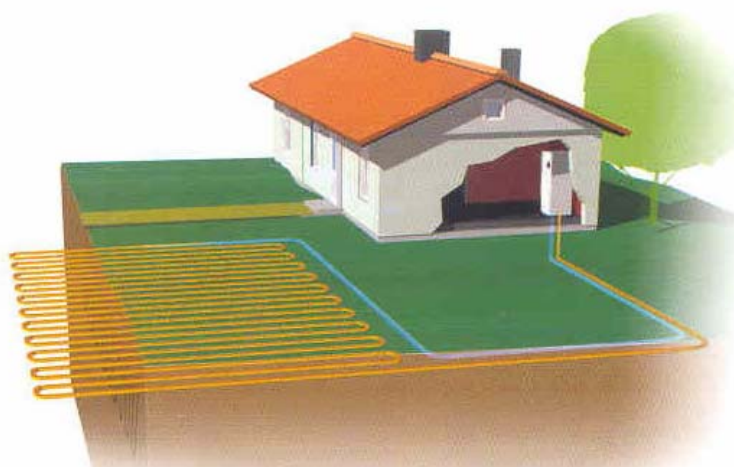
Toplotni učinak ovog sistema iznosi od 10 do $40\text{W}/\text{m}^2$ [9,52]. Što je manji specifični gubitak toplote q (W/m^2) objekta, to je potrebna i manja površina vrta. Na dubini od 1m, 90% toplote se dobija iz okolnog vazduha i od Sunca, dok toplota dobijena iz zemlje iznosi samo 10%. Ovi sistemi zadovoljavaju potrebe za grejanjem manjih i srednjih objekata, dok su za veće objekte potrebne veće slobodne površine, kao i sastav zemlje koji obezbeđuje veće jedinične toplotne učinke W/m^2 .

Prema [9], a u zavisnosti od svojstva tla daje se tabelarni prikaz specifičnog toplotnog učinka registara u zemlji.

Tabela 5.1. Specifični toplotni učinak registara u zemlji

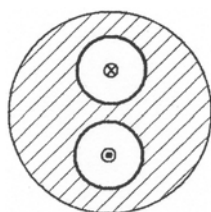
Svojstva tla	q (W / m^2)
peskovito, suvo	10
peskovito, vlažno	15 - 20
glinovito, suvo	20 - 25
glinovito, vlažno	25 - 30
glinovito, zasićeno vodom	35 - 40

Na sl. 5.4. prikazan je sistem za dobijanje toplote iz zemlje pomoću horizontalnih registara.

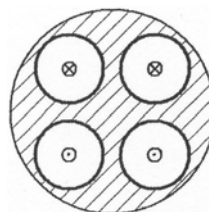


Sl.5.4. Sistem za dobijanje toplote iz zemlje – horizontalni registri

Vertikalni izmjenjivači toplote podrazumevaju niz sondi koje se postavljaju u bušotine na dubini od 50 do 150m, najčešće na dubini od 100m [9]. U bušotinama se cevi nalaze u obliku U (sl.5.5) ili UU (sl.5.6) . Cevi su od visokokvalitetnog polietilena. Kao nosilac toplote kroz njih struji mešavina glikola i vode. Nakon postavljanja sondi, bušotine, tj. prostor oko cevi injektira se materijalom kojim se ostvaruje bolji kontakt cevi i zemlje. Treba istaći da kod sistema sa sondom, 90% potrebne toplotne energije dolazi iz zemlje, a samo 10% od Sunca i okolnog vazduha.



Sl. 5.5. U sonda



Sl. 5.6. Dvostruka U sonda

Sistem sa vertikalnim izmenjivačima toplote investiciono je skuplji, ali je zbog više i konstantne temperature zemlje u dubljim slojevima efikasniji te se koristi za pokrivanje većih toplotnih opterećenja. Toplotni učinak ovog sistema zavisi od sastava zemlje i iznosi od 25 do 80W/m[3,52]:

Tabela 5.2. Specifični toplotni učinak sonde u zemlji

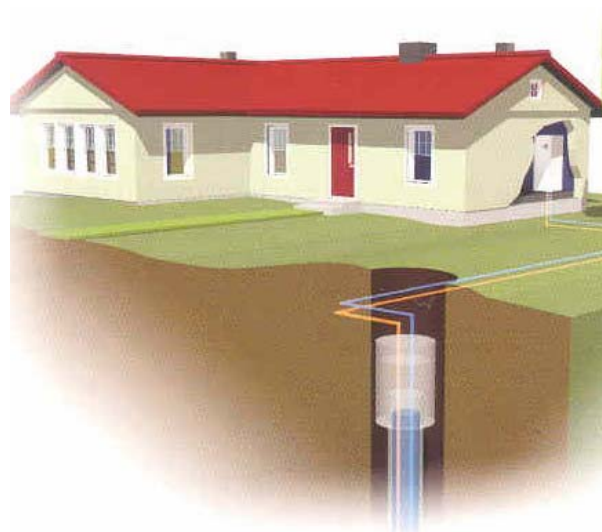
Sastav zemlje	q(W/m)
loše zemljište	25
srednje zemljište	50
veoma dobro zemljište	80

Tačne vrednosti utvrđuju se ispitivanjem na licu mesta, a zavise od geoloških i hidroloških uslova zemlje. Sistem je idealan za male raspoložive prostore okoline objekta.

Pod pojmom loše zemljište podrazumeva se suv šljunak ili pesak ($\lambda=1,5\text{W/mK}$). Srednje zemljište ($\lambda=1,5-3,0\text{W/mK}$) je prosečno stenovita zemlja sa vodom zasićenim slojevima (glina, ilovača). Veoma dobro zemljište je stenovita zemlja sa $\lambda>3,0\text{W/mK}$ (kamen, granit).

Sistemi sa registrima i sondama u zemlji predstavljaju sisteme sa zatvorenim krugom, s obzirom na to da mešavina cirkuliše kroz cevi i prenosi energiju do toplotne pumpe, koja ovu energiju podiže na viši temperaturni nivo, iskoristiv za kućnu instalaciju grejanja. Za oba sistema, vrsta tla utiče na efikasnost. Poželjan je vlažan teren, dok pesak treba izbegavati.

Na sl. 5.7. prikazan je sistem za dobijanje toplote iz zemlje pomoću vertikalnih sonde.



Sl.5.7. Sistem za dobijanje toplote iz zemlje – vertikalne sonde

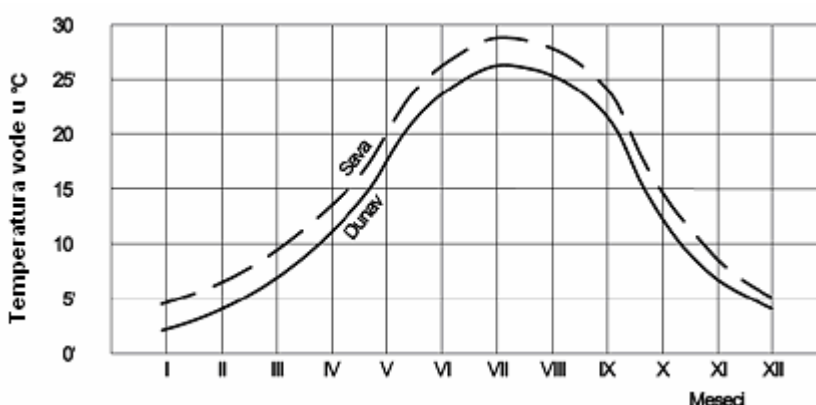
5.1.2. Dobijanje toplote iz vode

Voda se kao regeneracijski izvor može koristiti iz površinskih i podzemnih voda. Sistemi sa vodom rade u otvorenom krugu, što znači da se nakon upotrebe voda vraća u izvor.

Površinske vode su vode reka, jezera i mora. Korišćenje površinskih voda ima dosta nedostataka:

- a) zbog čestog pada temperature vode u toku grejne sezone na oko 0°C , postoji mogućnost zamrzavanja isparivača toplotne pumpe;
- b) potrošnja dodatne energije za odmrzavanje isparivača toplotne pumpe;
- c) pojavom niskih temperatura pogoršava se stepen iskorišćenja toplotne pumpe, što se negativno odražava na ekonomičnost rada sistema;
- d) korišćenje tekućih voda u ove svrhe, kao i izgradnja postrojenja za prečišćavanje, redovno zahteva traženje dozvole nadležnih organa, što znatno povećava investicione troškove.

Upotreba podzemnih voda povoljnija je jer u većini slučajeva ne iziskuje ishოდovanje dozvola nadležnih organa, dok je u određenim situacijama njihova upotreba regulisana saglasnostima koje određuju način i obim njihovog korišćenja. Na sl. 5.8. prikazane su temperature vode Save i Dunava kod Beograda u zavisnosti od godišnjeg doba.



Sl.5.8. Temperatura vode Save i Dunava u toku godine

Za dobijanje toplote iz podzemnih voda neophodna su dva bunara: izvorni i potisni. Voda se do toplotne pumpe dovodi iz izvornog bunara, a nakon oduzimanja toplote iz nje, preko potisnog bunara ponovo se vraća u zemlju. Bunari se buše do iste

dubine i jedan od drugog su udaljeni najmanje 10m [55]. Ovo je neophodno zbog ponovnog zagrevanja vode koja se vraća u zemlju.

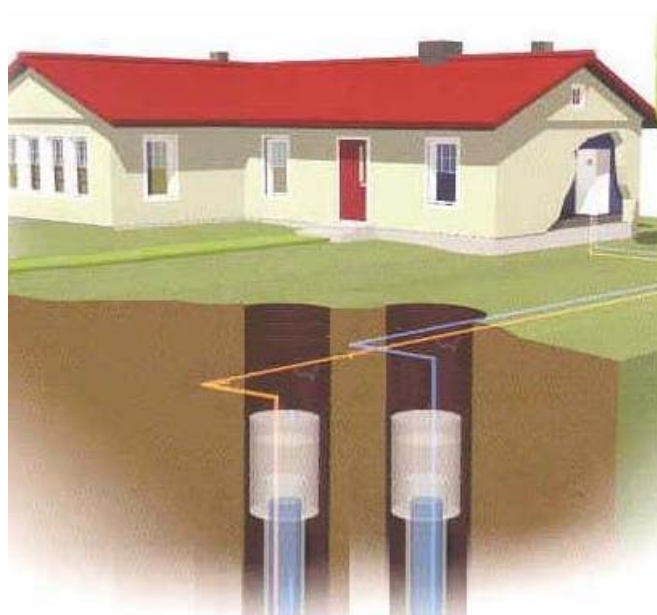
Temperature podzemnih voda do oko 20m dubine kreću se od 5°C do 15°C i više, sa malim kolebanjima u toku godine. Temperatura vode zavisi od dubine sa koje se uzima i ona je viša i stabilnija ukoliko se voda crpi sa veće dubine. Dubine bunara se kreću od 40 do 100m [9].

Za donošenje odluke o korišćenju površinskih i podzemnih voda kao OIE, neophodno je prethodno izvršiti ispitivanja energetskog potencijala izvorišta vode (izdašnost i temperaturni nivo), kao i čistoće i sastava vode. Rečna voda sa sobom obično nosi čvrste predmete (drveće, granje i sl.) te se mora predvideti i grubo prečišćavanje vode. Isto se mora uraditi i sa vodama koje u sebi sadrže pesak i mulj. Posebno je potrebno voditi računa o sastavu vode, s obzirom na to da vode koje sadrže veću količinu kiseonika i minerala uslovljavaju posebnu zaštitu od korozije i stvaranje naslaga u izmenjivačima toplote.

Kvalitet podzemne vode treba da bude u granicama maksimalno dozvoljenih vrednosti [55]:

faktor pH	6-8
oksidi gvožđa	do 1 mg/l
mangan	do 1 mg/l
slobodni CO ₂	do 10 mg/l
sulfat	do 100 mg/l

Na sl. 5.9. prikazan je sistem za dobijanje toplote iz podzemne vode.



Sl.5.9. Sistem za dobijanje toplote iz podzemne vode

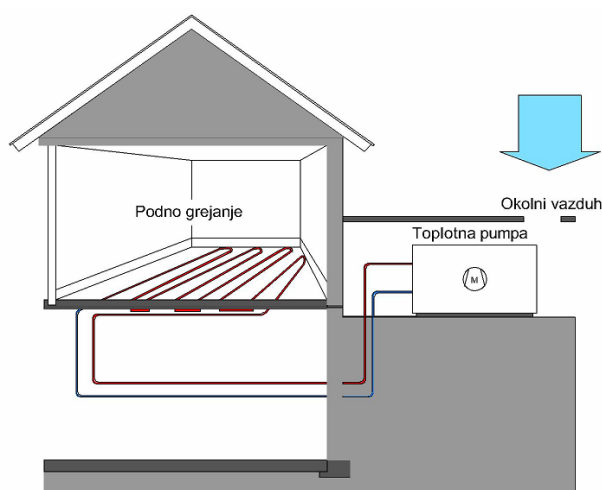
5.1.3. Dobijanje toplote iz spoljašnjeg vazduha

Spoljašnji vazduh je najveći i najpristupačniji regeneracijski toplotni izvor za grejanje objekata posredstvom toplotne pumpe. Njegove najveće prednosti odnose se upravo na pristupačnost, dovoljnu količinu i mogućnost upotrebe bez posebnih odobrenja, što nije slučaj za sve obnovljive izvore. Veliki nedostatak ovog toplotnog izvora jeste taj što mu temperatura varira u toku sezone grejanja, što nepovoljno utiče na stepen iskorišćenja sistema. Korišćenjem vazduha niskih temperatura prisutan je, takođe, problem zamrzavanja isparivača toplotne pumpe, što iziskuje dodatnu energiju za njegovo odmrzavanje.

Primer korišćenja spoljašnjeg vazduha za grejanje prostorija jesu klima uređaji u split-izvedbi, koji se postavljaju na fasadama stambenih i poslovnih objekata. Oni se prevashodno ugrađuju radi rashlađivanja prostorija u letnjem periodu, a ako imaju i funkciju toplotne pumpe, tada mogu i zagrevati prostoriju u zimskom periodu. Sa ovim uređajima prostorije se mogu zagrevati do spoljašnje temperature oko 0°C.

Savremena unapređena tehnologija toplotnih pumpi omogućava korišćenje spoljašnjeg vazduha čak i sa temperaturom sredine do -15°C. Primena ovakvih toplotnih pumpi je retka, jer pri temperaturi sredine od -15°C energetska efikasnost toplotnih pumpi drastično opada i redukovana je 60% [10].

Na sl. 5.10. data je shema sistema za dobijanje toplote iz vazduha.



Sl.5.10. Shema sistema za dobijanje toplote iz spoljašnjeg vazduha

5.2. Potencijali obnovljivih izvora energije

Obnovljivi izvori energije su praktično u neograničenim količinama. Iako se procesima transformacije troše, njihove se količine samo privremeno iscrpljuju, odnosno uvek se mogu nadoknaditi, ili obnoviti.

"Procena raspoloživih količina obnovljivih izvora nije jednostavna što, uostalom, sledi već iz njihovog naziva: ako je nešto neiscrпно, odnosno ako se njegova količina stalno obnavlja, koliko ga onda zapravo ima" [37].

Zbog toga se govoreći o obnovljivim izvorima, umesto pojmova rezervi (izvori koji se geološki i geografski mogu tačno odrediti) i resursa (svi na Zemlji dostupni i postojeći izvori) za neobnovljive izvore, najčešće koristi pojam potencijal koji može biti:

- prirodni,
- tehnički,
- ekonomski.

Pod pojmom prirodnog potencijala nekog obnovljivog izvora energije podrazumeva se njegova fizička prisutnost. Tako npr. prirodni potencijal Sunčeve energije određen je ukupnom godišnjom dozračenom Sunčevom energijom na ukupnu površinu nekog područja.

Za lokalitet Novog Sada, što se u ovoj Studiji uzima i za celo područje AP Vojvodine, vršena su merenja satne sume globalnog zračenja sunca na horizontalnu površinu, broja sunčanih dana, verovatnoća pojave i svi drugi klimatski parametri. Ti rezultati pokazuju da je u Novom Sadu vedrih dana 66,7dana/god, a broj sunčanih sati 2050-2200h/god [38].

Na osnovu rezultata merenja, na 1m^2 horizontalne površine se u Novom Sadu dozrači prosečno:

$1340\text{kWh}/\text{m}^2\text{god}$,

odnosno:

$3,67\text{kWh}/\text{m}^2\text{dan}$.

Za ukupnu površinu AP Vojvodine od 21.506km^2 tada Sunce svaki dan na površinu AP Vojvodine dozračuje energiju od

$79\text{TWh}/\text{dan}$.

Ova ogromna dnevna sunčeva energija koja zagreva OIE okoline (tlo, površinska/podzemna voda, spoljni vazduh) može da se koristi direktno (solarni kolektori) ili indirektno korišćenjem obnovljivih izvora okoline.

Ako se npr. posmatra Hrvatska [37], sa površinom 56.538km² i godišnjim prosekom globalnog zračenja koje dnevno pada na horizontalne površine od 3,6kWh/m², dan onda Sunce svaki dan na površinu Hrvatske u proseku dozračuje energiju oko 200TWh. Ova količina energije je dvostruko veća od sveukupne potrošnje primarne energije (ugalj, drvo, tečno gorivo, prirodni gas, vodnih snaga, i uvezene električne energije) koja je 2000. godine u Hrvatskoj iznosila 100TWh.

Tehnički potencijal je deo prirodnog potencijala pri čemu se u obzir uzimaju raspoložive tehnologije za transformaciju primarne obnovljive energije u druge korisne oblike energije (toplotna, električna), vodi računa o stepenu iskorišćenja transformacije i fizičkoj raspoloživosti prostora za postavljanje (ugradnju) opreme neophodnu za izvršenje procesa transformacije. Tehnički potencijal OIE može se uporediti s pojmom rezervi kad se govori o neobnovljivim izvorima energije (fosilna goriva). Kod sagledavanja tehničkog potencijala nekog OIE ne vodi se računa o ekonomskim uslovima njegovog korišćenja. Ako se uporedi sadašnji tehnički potencijal s pretpostavljenim mogućnostima za iskorišćavanje obnovljivih izvora energije do 2030. godine, pokazuje se kako će uprkos svemu velike količine verovatno ostati neiskorišćene [37].

AP Vojvodina je područje koje ima veću količinu dozračene sunčeve energije od Nemačke, u kojoj je godišnje sunčevo zračenje 900-1150kWh/m²god., a broj sunčanih sati 1500-1800h/god. I pored toga, u Nemačkoj je neuporedivo veće korišćenje sunčeve energije za dobijanje toplotne i elektro energije, nego li u AP Vojvodini. Podrazumeva se, da se tu misli i na razvoj, proizvodnju i ugradnju opreme u sisteme za direktno i indirektno korišćenje sunčeve energije

Kada se u obzir uzmu i ekonomski uslovi za korišćenje tehničkog potencijala OIE, tada se umesto o tehničkom potencijalu govori o ekonomskom potencijalu obnovljivih izvora energije. Najvažniji uslovi od kojih zavise ekonomski potencijali OIE, a time i ekonomska opravdanost njihovog korišćenja su:

- pristupačnost OIE,
- raspoloživost OIE,
- temperaturni nivo OIE,
- stepen ekonomske razvijenosti zemlje (područja).

Od pristupačnosti OIE zavise investiciona ulaganja i eksploatacioni troškovi sistema sa OIE. Za OIE koji su blizu objekata koji koriste toplotu dobijenu iz ovih oblika energije, ovi troškovi su manji, a u odnosu na OIE koji su udaljeniji od objekata. Za istu vrstu i tehnički potencijal OIE, njegov ekonomski potencijal je sve manji, što je više udaljeniji od objekta.

Raspoloživost OIE je definisana njegovom količinom (npr. izdašnost podzemne vode) potrebnom za zadovoljavanje potreba potrošača, kao i njegovim stalnim (što dužim) snabevanjem u toku godine. Veće količine i osigurano duže snabdevanje u toku godine povećavaju ekonomski potencijal OIE.

Uticaj temperaturnog nivoa OIE na njegov energetski potencijal prikazaće se za slučaj korišćenja podzemne vode i spoljašnjeg vazduha za dobijanje toplote za potrebe grejanja objekata. Pri tome, i jedan i drugi OIE sa TP treba da obezbede istu količinu toplote Q (W), pri čemu je projektni temperaturni režim unutrašnje niskotemperaturne instalacije grejanja 40/30°C.

Podzemna voda

Slučaj 1: hlađenje podzemne vode od 15 do 10°C.

Za usvojene parametre sistema sa podzemnom vodom:

- temperatura vode na ulazu u isparivač TP: $t_{wu}=15^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vode na izlazu iz isparivača TP: $t_{wi}=10^{\circ}\text{C}$,
- temperatura isparavanja: $t_o=5^{\circ}\text{C}$ ($T_o=278\text{K}$),
- temperatura vode na ulazu u kondenzator TP: $t_{wu}=30^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vode na izlazu iz kondenzatora TP: $t_{wi}=40^{\circ}\text{C}$,
- temperatura kondenzacije: $t_k=45^{\circ}\text{C}$ ($T_k=318\text{K}$),
- stepen iskorišćenja TP: $\eta_{TP}=0,5$

i izraza kojim se definiše koeficijent grejanja TP:

$$e_{gr} = \eta_{TP} \cdot \frac{T_K}{T_K - T_o} \quad (5.1.)$$

dobija se sledeća vrednost koeficijenta grejanja sistema sa podzemnom vodom:

$$e_{gr}=3,98.$$

Slučaj 2: hlađenje podzemne vode od 12 do 7 °C.

Za usvojene parametre sistema sa podzemnom vodom:

- temperatura vode na ulazu u isparivač TP: $t_{wu}=12^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vode na izlazu iz isparivača TP: $t_{wi}=7^{\circ}\text{C}$,
- temperatura isparavanja: $t_o=2^{\circ}\text{C}$ ($T_o=275\text{K}$),
- temperatura vode na ulazu u kondenzator TP: $t_{wu}=30^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vode na izlazu iz kondenzatora TP: $t_{wi}=40^{\circ}\text{C}$,
- temperatura kondenzacije: $t_k=45^{\circ}\text{C}$ ($T_k=318\text{K}$),
- stepen iskorišćenja TP: $\eta_{TP}=0,5$

i izraza (5.1.) kojim se definiše koeficijent grejanja TP:

$$e_{gr} = \eta_{TP} \cdot \frac{T_K}{T_K - T_o}$$

dobija se sledeća vrednost koeficijenta grejanja sistema sa podzemnom vodom:

$$e_{gr}=3,92.$$

Za istu temperatursku razliku podzemne vode, pre i nakon oduzimanja toplote: $\Delta t_w=5^{\circ}\text{C}$, odnosno istu količinu dobijene toplote, veći ekonomski potencijal ima podzemna voda više temperature, pri čijoj se transformaciji postiže veći koeficijent grejanja toplotne pumpe. U tom slučaju, u ukupno dobijenoj količini toplote od TP povećava se udeo od OIE, a smanjuje se od utrošene primarne energije za pogon TP, pa je i sistem energetski efikasniji.

Spoljašnji vazduh

Slučaj 3: hlađenje spoljašnjeg vazduha od 5 do 0 °C.

Za usvojene parametre sistema sa spoljnjim vazduhom:

- temperatura vazduha na ulazu u isparivač TP: $t_{vu}=5^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vazduha na izlazu iz isparivača TP: $t_{vi}=0^{\circ}\text{C}$,
- temperatura isparavanja: $t_o=-5^{\circ}\text{C}$ ($T_o=268\text{K}$),

- temperatura vode na ulazu u kondenzator TP: $t_{wu}=30^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vode na izlazu iz kondenzatora TP: $t_{wi}=40^{\circ}\text{C}$,
- temperatura kondenzacije: $t_k=45^{\circ}\text{C}$ ($T_k=318\text{K}$),
- stepen iskorišćenja TP: $\eta_{TP}=0,5$

i izraza (5.1.) kojim se definiše koeficijent grejanja TP:

$$e_{gr} = \eta_{TP} \cdot \frac{T_K}{T_K - T_o}$$

dobija se sledeća vrednost koeficijenta grejanja sistema sa spoljnim vazduhom:

$$e_{gr}=3,18.$$

Slučaj 4: hlađenje spoljašnjeg vazduha od -10 do -15°C .

Za usvojene parametre sistema sa spoljnim vazduhom:

- temperatura vazduha na ulazu u isparivač TP: $t_{wu}=-10^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vazduha na izlazu iz isparivača TP: $t_{wi}=-15^{\circ}\text{C}$,
- temperatura isparavanja: $t_o=-20^{\circ}\text{C}$ ($T_o=253\text{K}$),
- temperatura vode na ulazu u kondenzator TP: $t_{wu}=30^{\circ}\text{C}$,
- temperatura vode na izlazu iz kondenzatora TP: $t_{wi}=40^{\circ}\text{C}$,
- temperatura kondenzacije: $t_k=45^{\circ}\text{C}$ ($T_k=318\text{K}$),
- stepen iskorišćenja TP: $\eta_{TP}=0,5$

i izraza (5.1.) kojim se definiše koeficijent grejanja TP:

$$e_{gr} = \eta_{TP} \cdot \frac{T_K}{T_K - T_o}$$

dobija se sledeća vrednost koeficijenta grejanja sistema sa spoljnim vazduhom:

$$e_{gr} = 2,45.$$

Kada se porede ekonomski potencijali vode i spoljnog vazduha kao OIE, na osnovu dobijenih rezultata izvodi se bitna činjenica da je ekonomski potencijal vode znatno veći, kao i da je pri vrlo niskim spoljnim temperaturama ekonomski potencijal

spoljnog vazduha ispod nivoa koji omogućava isplativu upotrebu nekog OIE. Pri tome, ne treba zaboraviti da kod temperatura spoljnog vazduha ispod $+5^{\circ}\text{C}$, postoji dodatna potrošnja primarne energije za odleđivanje isparivača TP, i koja dodatno smanjuje ekonomski potencijal ovog oblika OIE.

Generalno, a u odnosu na druge OIE okoline, spoljni vazduh je fizički najraspoloživiji (ima ga svuda) i najpristupačniji (najbliži objektu), ali je niskog ekonomskog potencijala, koji je ograničavajući faktor za njegovu upotrebu za dobijanje toplote pomoću sistema sa TP.

Stepen ekonomske razvijenosti jedne zemlje je vrlo bitan faktor koji utiče na ekonomski potencijal OIE, odnosno mogućnost njegovog korišćenja. U državama sa manjim stepenom ekonomske razvijenosti kupovna moć stanovništva, za nabavku skupe opreme za dobijanje toplote iz OIE, znatno je manja nego u razvijenijim zemljama sveta. Pored veće kupovne moći, stanovništvo razvijenih zemalja ima na raspolaganju i državni podsticaj za korišćenje OIE. Ovaj podsticaj sastoji se u davanju subvencija i povoljnih kredita za nabavku opreme za sisteme sa OIE, čime su postignuti bitni preduslovi za korišćenje OIE.

Za korišćenje OIE primenom toplotnih pumpi vrlo bitan faktor je i cena energenata, kao i njihov disparitet. Tako npr. u zemljama koje su izvoznici elektro energije postoje povoljniji uslovi za primenu TP, odnosno korišćenje OIE, a u odnosu na zemlje koje su uvoznici elektro energije.

5.3. Toplotna pumpa

Povratno dobijanje toplote iz zemlje, vode i spoljašnjeg vazduha za potrebe grejanja objekata moguće je jedino uz neki prethodno uloženi rad. Tehnički uređaj koji se u tu svrhu koristi jeste toplotna pumpa.

S obzirom na izvor dodatne energije, toplotne pumpe mogu se podeliti na:

- kompresione,
- apsorpcione.

5.3.1. Kompresiona toplotna pumpa

Kod kompresione TP strujanje radnog medijuma ostvaruje se delovanjem mehaničke energije pomoću kompresora pogonjenih električnim, dizelskim ili gasnim motorom.

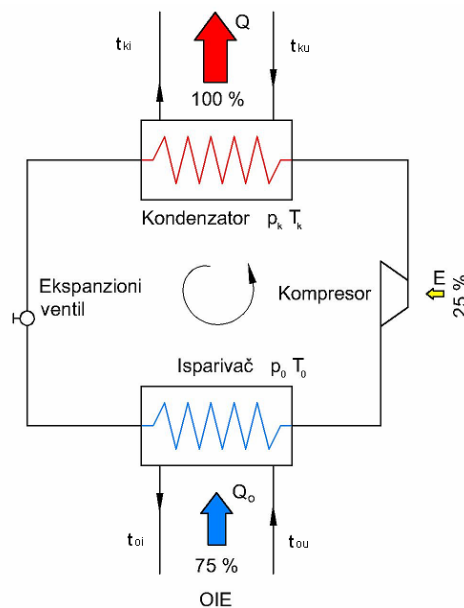
Kompresione TP su najčešće u upotrebi [49,73] sa više od 90% svih instalisanih postrojenja i trenutno imaju najveći značaj u rashladnoj i grejnoj tehnici [65]. Ovakav je slučaj i u AP Vojvodini, bilo da je reč o tržištu TP, ili izvedenim sistemima sa TP.

Osnovni delovi kompresione toplotne pumpe su:

- isparivač (izmenjivač toplote),
- kompresor,
- kondenzator (izmenjivač toplote),
- ekspanzioni ventil.

Shematski prikaz kompresione toplotne pumpe prikazan je na slici 5.11., a princip rada je sledeći:

- kroz isparivač protiče rashladno sredstvo, koje na račun oduzete toplote nekoj materiji isparava, pri čemu se ta toplota naziva toplota dobijena na isparivaču. Proces se odvija na pritisku i temperaturi isparavanja;
- nastalu paru rashladnog sredstva usisava kompresor i potiskuje je u kondenzator na pritisak i temperaturu kondenzacije. Pri ovom procesu ulaže se rad, odnosno električna energija za pogon kompresora;
- u kondenzatoru se pomoću nekog sredstva za hlađenje para kondenzuje, a sredstvo za hlađenje zagreva, i nadalje služi kao nosilac toplote za grejanje objekta. Pri ovome se količina toplote, koju ima nosilac toplote, naziva količina toplote odvedena na kondenzatoru. Ova količina toplote, ne uzimajući u obzir određene gubitke, jednaka je zbiru dobijene toplote na isparivaču i uložene energije za pogon kompresora;
- nakon kondenzatora, tečnost rashladnog sredstva prolazi kroz ekspanzioni ventil, posle koga ekspanziona na pritisak i temperaturu isparavanja i kao takva ulazi u isparivač, nakon čega se proces ponavlja.



Sl.5.11. Shematski prikaz kompresione toplotne pumpe

Koeficijent grejanja TP je jedan od najbitnijih parametara od koga zavisi ekonomska opravdanost upotrebe OIE za potrebe grejanja objekata. Ovaj parametar je definisan izrazom (5.1.):

$$e_{gr} = \eta_{TP} \cdot \frac{T_K}{T_K - T_o}$$

gde je:

T_k (K) – temperatura kondenzacije radnog fluida,

T_o (K) – temperatura isparavanja radnog fluida,

η_{TP} (-) – stepen iskorišćenja TP.

Temperatura ciklusa t_o na hladnoj strani (isparivač) TP je znatno niža od temperature hlađenog medijuma t_{ou} na ulazu u isparivač TP, pri čemu temperatura hlađenog medijuma zavisi od temperaturnog nivoa OIE.

Takođe, temperatura ciklusa t_k na toploj strani (kondenzator) TP znatno je viša od temperature t_{ku} grejanog medijuma na ulazu u kondenzator TP, pri čemu temperatura grejanog medijuma zavisi od povratne temperature iz kućne instalacije grejanja.

Prema [50], za vodu kao medijum prenosa, orijentacione vrednosti ovih temperaturnih razlika iznose:

$$t_{ou} - t_o = t_k - t_{ku} = 5 - 15K,$$

a za vazduh kao prenosni medijum:

$$t_{ou} - t_o = t_k - t_{ku} = 10 - 20 K.$$

Za navedene temperaturske razlike donje vrednosti uslovljavaju velike masene protoke grejnog i hladjenog fluida i velike površine izmenjivača toplote (isparivača i kondenzatora), dakle velike investicione troškove. Sa gornjim vrednostima postižu se niži troškovi postrojenja, ali na teret veće potrošnje energije, jer temperaturska razlika koju treba savladati postaje veća. Pravilan izbor treba da se vrši prema prioritetu niskih investicionih troškova ili male potrošnje energije.

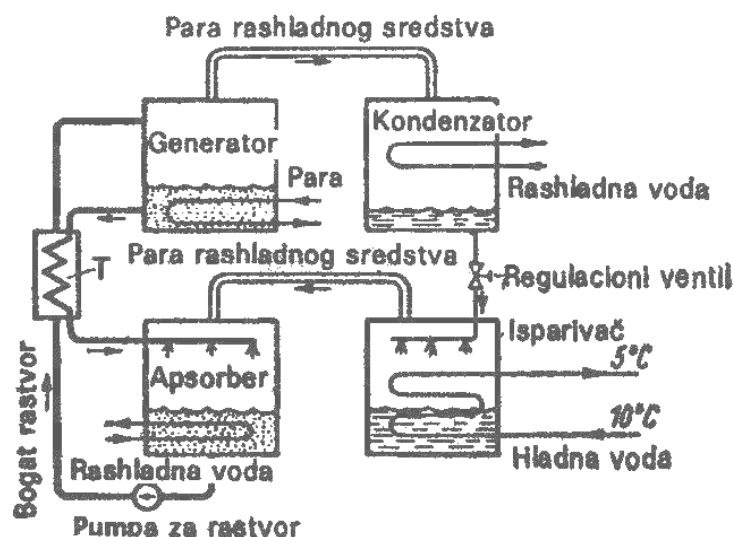
Stepen iskorišćenja TP zavisi od kapaciteta TP i u intervalu od 1 do 10.000kW iznosi od 0,4 do 0,67 [55]. Većim kapacitetima TP odgovaraju veći stepeni iskorišćenja TP.

Najveći koeficijenti grejanja TP postižu se u uslovima kada su temperature hladjenog medijuma na izlazu iz isparivača TP, t_{oi} (°C) što više (visok temperaturni nivo OIE), a temperature grejanog medijuma na izlazu iz kondenzatora TP, t_{ki} (°C) što niže (niskotemperaturna kućna instalacija grejanja). Tada se postižu više temperature isparavanja t_o (°C), odnosno niže temperature kondenzacije t_k (°C).

U zavisnosti od OIE, kod kompresionih toplotnih pumpi postižu se vrednosti koeficijenta grejanja: $e_{gr}=3-5$ [55].

5.3.2. Apsorpciona toplotna pumpa

Za razliku od kompresionog rashladnog procesa, kod apsorpcionog rashladnog procesa para rashladnog sredstva, usisana iz isparivača, ne komprimuje se mehanički, već se pre svega u apsorberu "usisava" i rastvara pomoću odgovarajuće tečnosti kao apsorpcionog sredstva. Ovde se može govoriti o "termičkom" kompresoru. Toplota se direktno koristi za postizanje niskih temperatura. Na sl.5.12. dat je shematski prikaz apsorpcionog rashladnog postrojenja.



Sl.5.12. Shematski prikaz apsorpcione toplotne pumpe

Iz apsorbera izlazi rastvor bogat rashladnim sredstvom, koji se preko pumpe za rastvor potiskuje u generator. Dovođenjem toplote, npr. zagrevanjem parom ili otpadnim gasom, loženjem tečnim ili gasovitim gorivom, odavde se rashladno sredstvo istiskuje dalje tako da se u priključenom kondenzatoru pretvara u tečno stanje pomoću rashladne vode. Pri tome ostaje siromašan rastvor koji ponovo struji u apsorber. Odatle se preko cevi razbrizgava, da bi pari rashladnog sredstva, koja treba da se apsorbuje, pružio veliku površinu i oslobođenu toplotu predao rashladnoj vodi koja struji kroz cevi.

Dva kružna toka: sredstvo za rastvaranje između apsorbera i generatora, rashladno sredstvo između generatora, kondenzatora, isparivača, apsorbera.

Kroz protivstrujni izmenjivač toplote, u suprotnim smerovima struje siromašni i bogati rastvor, pri čemu se hladni bogati rastvor predgreva posredstvom toplog siromašnog rastvora koji se pri tom hladi. U ovom procesu je na taj način kompresor zamenjen sistemom apsorber-razmenjivač toplote-generator, uključujući i sopstveni kružni tok rastvora sa pumpom za rastvor. Pumpa za rastvor, čiji je zadatak da vrši potiskivanje sa pritiska isparavanja na pritisak kondenzacije, jedini je pokretni deo rashladnog kružnog toka.

Sa najviše korišćenim parom materijala, amonijak kao rashladno sredstvo i voda kao apsorpciono sredstvo, mogu da se postignu temperature isparavanja do -60°C . U tehnici klimatizacije često se koristi par materija voda/litijumbromid ($\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$).

Kod apsorpcionih toplotnih pumpi se postižu znatno niži koeficijenti grejanja. Dok kod kompresionih TP koeficijent grejanja iznosi 4 (4,5), kod apsorpcionih TP on ima znatno manju vrednost i iznosi 1,5 [49].

5.3.3. Ekonomičnost toplotnih pumpi

Pregled o tome da li je ugrađivanje apsorpcione mašine u odnosu na električni kompresor ekonomičan, može da se dobije upoređivanjem potrošnje energije i cene toplote.

Odnos potrošnje energije:

$$e = \frac{\text{potrebna energija u kW po kW rash. kapac. za apsorpc. maš.}}{\text{potrebna energija u kW po kW rash. kapac. za kompresor}}$$

za jednostepene mašine približno iznosi [65] :

$$e=7.$$

Drugim rečima, cena električne energije mora da bude 7 puta veća od cene toplote, da bi apsorpciona mašina bila povoljniji s obzirom na troškove.

Trenutno važeće cene električne i toplotne energije za poslovne objekte u Novom Sadu su:

- $C_e=0,066\text{€/kWh}$ ("Elektrovojdovina"–Novi Sad),
- $C_q=0,047\text{€/kWh}$ (JKP "Novosadska toplana"–Novi Sad),

odnosno električna energija je 1,4 puta skuplja, što je znatno ispod 7 puta. Slični odnosi su i za stambene objekte. Ovi odnosi su slični za celu teritoriju AP Vojvodine.

Apsorpcione mašine su skuplje od kompresionih mašina. Pored toga, i potrošnja rashladne vode je znatno veća, jer toplota mora da se odvodi iz apsorbera kao i iz kondenzatora.

Apsorpcione TP se koriste tamo gde se raspolaže sa jeftinom toplotnom energijom, npr. otpadnom toplotom uz minimalne troškove.

Na osnovu svega do sada iznesenog konstatuje se da u AP Vojvodini, za dobijanje toplote iz tla, vode (površinske i podzemne) i spoljnog vazduha, treba koristiti kompresionu toplotnu pumpu, koja se u daljem tekstu Studije naziva kratko toplotna pumpa.

U konkretnim pojedinačnim slučajevima, gde se raspolaže sa dovoljnom količinom i jeftinom toplotnom energijom, treba razmotriti i mogućnost primene apsorpcione toplotne pumpe.

5.4. Režim rada toplotne pumpe

Režim rada TP zavisi od učešća TP u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta. Pri tome se razlikuju dva slučaja:

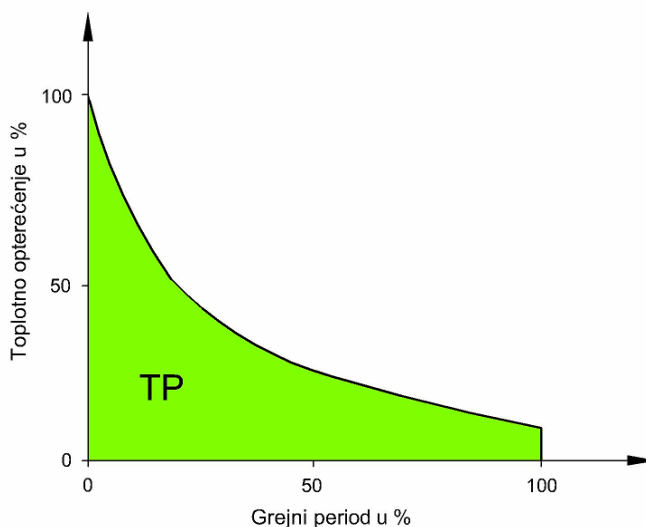
1. TP pokriva 100% godišnje toplotno opterećenje grejanja objekta,
2. TP pokriva deo godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta.

Prvi slučaj definisan je relacijom:

$$Q_{god} = Q_{TP,god} \quad (kWh / god). \quad (5.2.)$$

za koji se kaže da TP radi u monovalentnom režimu.

Dijagramski prikaz toplotnog opterećenja toplotne pumpe u monovalentnom režimu rada, odnosno učešća toplotne pumpe sa 100% u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta dat je na sl. 5.13.



Sl.5.13. Toplotno opterećenje toplotne pumpe u monovalentnom režimu rada

Za slučaj 2, za pokrivanje godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta, pored TP mora biti angažovan i klasični toplotni izvor te važi da je:

$$Q_{god} = Q_{TP,god} + Q_{K,god}. \quad (5.3.)$$

Učešće pojedinih toplotnih izvora u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta iskazuje se relacijama:

$$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god} \quad (kWh / god) \quad (5.4.)$$

$$Q_{K,god} = f_{K,god} \cdot Q_{god} \quad (kWh / god) \quad (5.5.)$$

gde je:

- $f_{TP,god}$ (%) - koeficijent učešća TP u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja,
- $f_{K,god}$ (%) - koeficijent učešća kotla u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja .

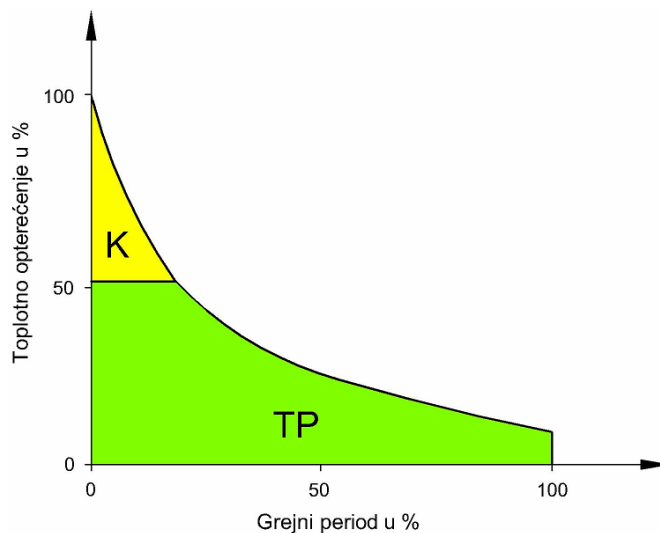
Za slučaj 2, definisan jednačinom (5.3), kaže se da toplotna pumpa radi u bivalentnom režimu, tj. u sprezi sa klasičnim kotlom.

Razlikuju se sledeći režimi rada toplotne pumpe u bivalentnom režimu:

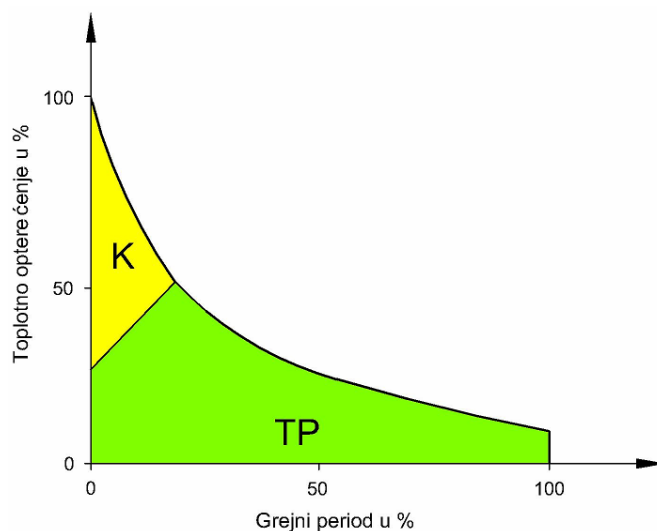
- bivalentno-paralelni režim,
- bivalentno-alternativni režim.

U bivalentno-paralelnom režimu toplotna pumpa radi u toku cele sezone grejanja, s tim što se pri maksimalnim toplotnim opterećenjima u rad uključuje i klasični kotao. Osnovni cilj u bivalentno-paralelnom režimu podrazumeva da toplotna pumpa, kao i svaka druga mašina, radi sa što većim brojem časova u toku godine. Ovakav rad se ostvaruje kod objekata sa nižim specifičnim projektnim toplotnim opterećenjima grejanja (manja potreba za energijom), kao i kod OIE sa velikom raspoloživošću i višim i stabilnim temperaturnim nivoom u toku sezone grejanja (zemlja, podzemna voda). Prilikom upotrebe OIE sa promenljivim i niskim temperaturama u sezoni grejanja (spoljašnji vazduh) znatno opada koeficijent grejanja toplotne pumpe [14], a time se smanjuje i udeo TP u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja.

Na sl. 5.14. i 5.15. dati su dijagramski prikazi toplotnog opterećenja toplotne pumpe u bivalentno-paralelnom režimu i OIE sa stabilnim i promenljivim temperaturama u sezoni grejanja.

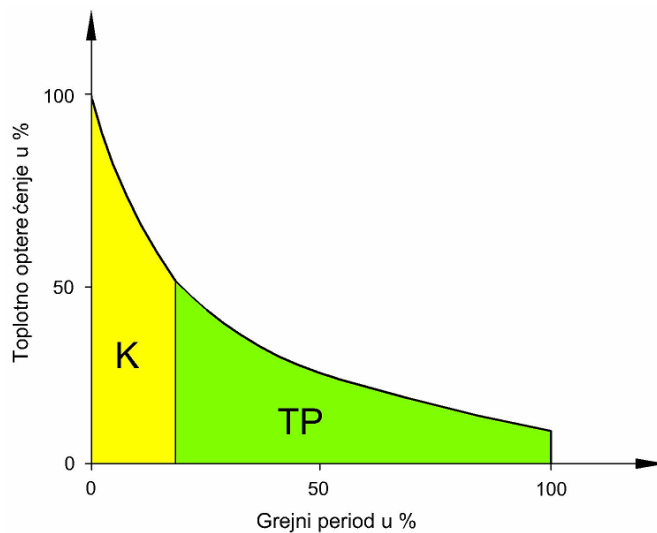


SI.5.14. Toplotno opterećenje toplotne pumpe u bivalentno-paralelnom režimu rada sa OIE stabilne temperature u sezoni grejanja



SI.5.15. Toplotno opterećenje toplotne pumpe u bivalentno-paralelnom režimu rada sa OIE promenljive temperature u sezoni grejanja

U bivalentno-alternativnom režimu toplotna pumpa radi veći deo sezone grejanja. Pri većim toplotnim opterećenjima toplotna pumpa se isključuje, a u rad se pušta klasični kotao. Na sl. 5.16. dat je dijagramski prikaz toplotnog opterećenja toplotne pumpe u bivalentno-alternativnom režimu.



SI.5.16. Toplotno opterećenje toplotne pumpe u bivalentno-alternativnom režimu rada

Na osnovu slika 5.13., 5.14., 5.15., i 5.16., konstatuje se da sistemi grejanja sa TP sledećim redom, po značaju u uštedi potrošnje primarne energije, učestvuju u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta:

- monovalentni režim rada TP,
- bivalentno-paralelni režim rada TP,
- bivalentno-alternativni režim rada TP.

Koji režim je ekonomski najpovoljniji zavisi od investicionih ulaganja u sistem sa TP, ostvarenih energetske uštede i investicionih ulaganja u dodatni (vršni) toplotni izvor. Za svaki konkretan slučaj potrebno je uraditi tehno-ekonomsku analizu.

6. GRAĐEVINSKI OBJEKTI I TOPLOTNE PUMPE

6.1. Učešće TP u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta

Polazeći od izraza kojim se definiše da TP pokriva 100% projektno toplotno opterećenje objekta:

$$Q = Q_{TP} \quad (kW), \quad (6.1.)$$

izraza za toplotni učinak TP:

$$Q_{TP} = Q_{OIE} + E_{TP} \quad (kW) \quad (6.2.)$$

i izraza kojim se definiše koeficijent grejanja toplotne pumpe:

$$e_{gr} = \frac{Q_{TP}}{E_{TP}} \quad (6.3)$$

jednačina (6.2.) iskazuje se kao:

$$Q_{TP} = Q_{OIE} + \frac{Q_{TP}}{e_{gr}} \quad (kW) \quad (6.4.)$$

pa se na osnovu izraza (6.3.), nakon sređivanja, dobija sledeća jednačina, kojom se definiše količina toplote dobijena iz OIE:

$$Q_{OIE} = Q_{TP} \cdot \left(\frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \right) \quad (kW). \quad (6.5.)$$

Učešće toplotne pumpe u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta definisano je jednačinom:

$$Q_{TP} = f_{TP} \cdot Q \quad (kW) \quad (6.6.)$$

pa se izraz (6.5.) može zameniti sledećom formulom:

$$Q_{OIE} = f_{TP} \cdot Q \cdot \left(\frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \right) \quad (kW). \quad (6.7.)$$

Sonde u zemlji

Za slučaj kada je toplotni izvor zemlja i kada se za dobijanje toplote iz zemlje koriste sonde, važi da je:

$$Q_{OIE} = Q_{ZS} \quad (kW) \quad (6.8.)$$

kao i:

$$Q_{ZS} = L_{ZS} \cdot q_{ZS} \quad (kW) \quad (6.9.)$$

te je prema izrazu (6.7.) i (6.9.) ukupna dužina jedne/svih sondi definisana izrazom:

$$L_{ZS} = \frac{f_{TP} \cdot Q}{q_{ZS}} \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (m). \quad (6.10.)$$

Za koeficijent grejanja toplotne pumpe $e_{gr}=4$ [12,34] i specifični toplotni učinak zemljine sonde $q_{ZS}=0,05kW/m$ [3,12] konačno se dobija da je:

$$L_{ZS} = 15 \cdot f_{TP} \cdot Q \quad (m). \quad (6.11)$$

Kako je toplotno opterećenje grejanja definisano grejnom površinom A (m^2) i specifičnim toplotnim opterećenjem objekta q (W/m^2):

$$Q = q \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (kW) \quad (6.12.)$$

izraz (6.11.) piše se kao:

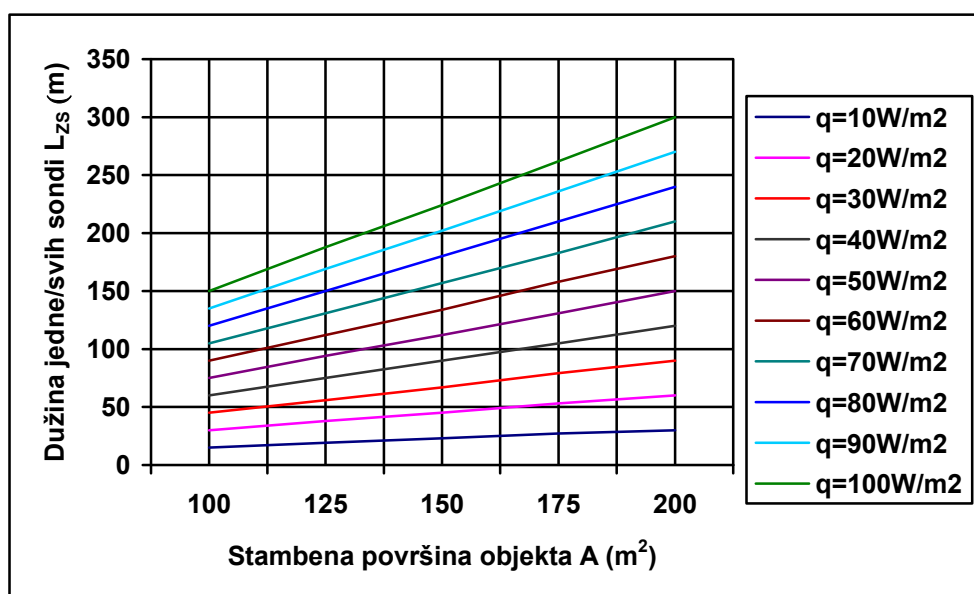
$$L_{ZS} = 0,015 \cdot f_{TP} \cdot q \cdot A \quad (m). \quad (6.13.)$$

Na osnovu izraza (6.13.) u tabelama 6.1., 6.2. i 6.3. date su potrebne dužine jedne/svih sondi u zavisnosti od specifičnog toplotnog opterećenja grejanja i grejne površine objekta i za $q_{ZS}=50W/m$, $f_{TP}=1; 0,75; 0,5$.

Tabela 6.1. Potrebna dužina jedne/svih sondi za $q_{zS}=50W/m$ i $f_{TP}=1$

Stambena površina (m^2)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W / m^2)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W / m^2)									
	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75
Potrebna dužina jedne/svih sondi L_{zS} (m)										
100	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
125	19	38	56	75	94	112	131	150	169	188
150	23	45	67	90	112	134	157	180	202	224
175	27	53	79	105	131	158	183	210	236	262
200	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300

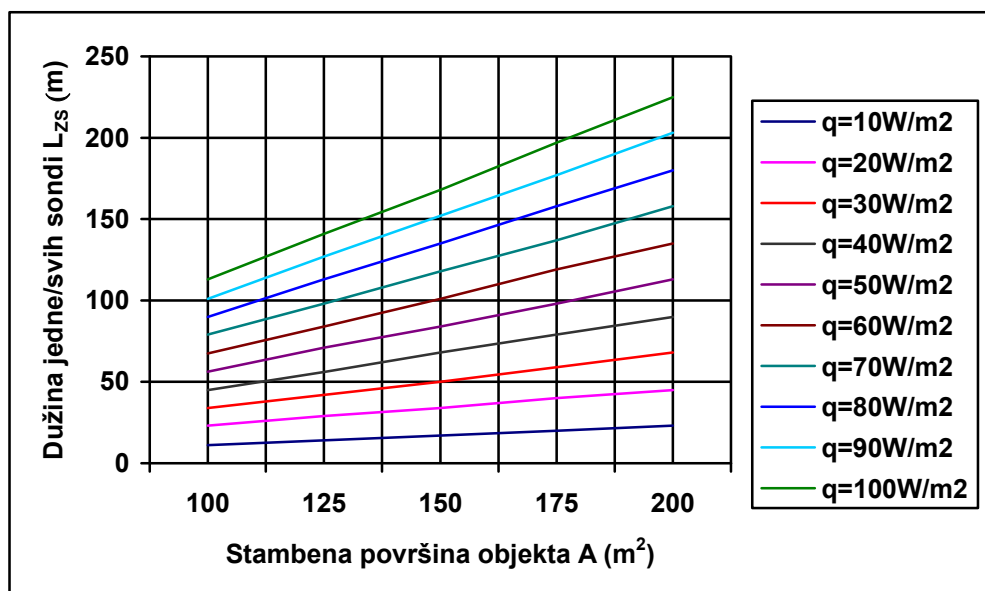
Prema jednačini (6.13.) na slikama 6.1., 6.2. i 6.3. daje se dijagramski prikaz potrebne dužine jedne/svih sondi u zavisnosti od koeficijenta f_{TP} i specifičnog toplotnog opterećenja grejanja i grejne površine objekta.



Sl.6.1. Potrebna dužina jedne/svih sondi za $q_{zS}=50W/m$ i $f_{TP}=1,0$

Tabela 6.2. Potrebna dužina jedne/svih sondi za $q_{ZS}=50W/m$ i $f_{TP}=0,75$

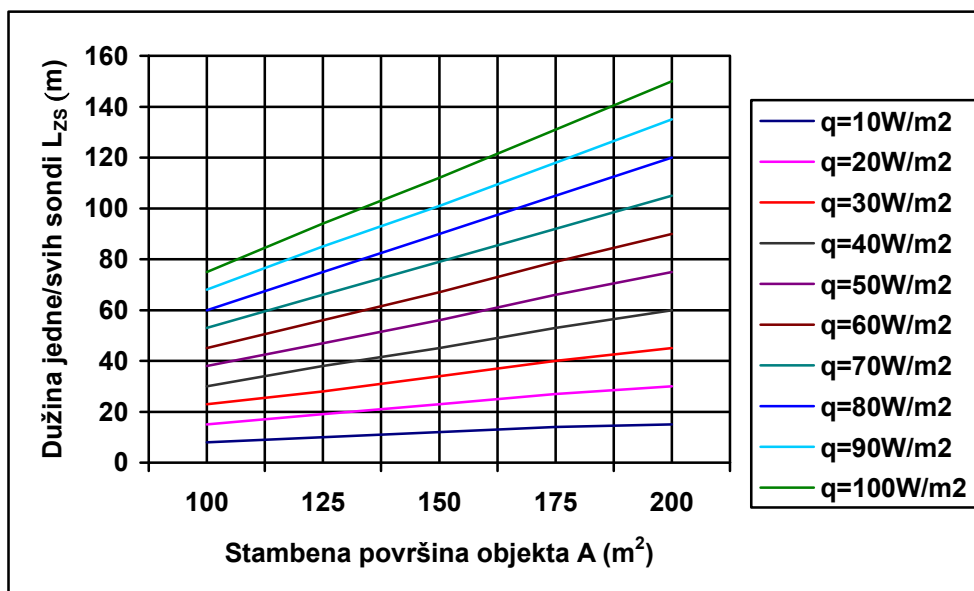
Stambena površina (m^2)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W / m^2)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W / m^2)									
	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	39,4	45	50,6	56,3
Potrebna dužina jedne/svih sondi L_{ZS} (m)										
100	11	23	34	45	56	68	79	90	101	113
125	14	29	42	56	71	84	98	113	127	141
150	17	34	50	68	84	101	118	135	152	168
175	20	40	59	79	98	119	137	158	177	197
200	23	45	68	90	113	135	158	180	203	225



Sl.6.2. Potrebna dužina jedne/svih sondi za $q_{ZS}=50W/m$ i $f_{TP}=0,75$

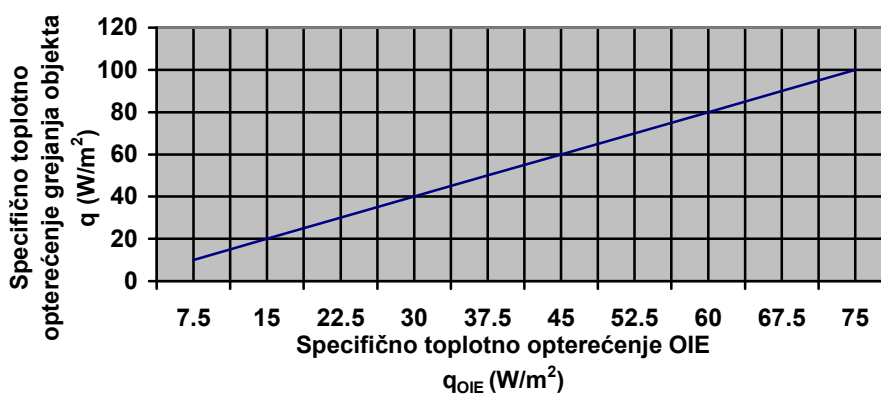
Tabela 6.3. Potrebna dužina jedne/svih sondi za $q_{ZS}=50W/m$ i $f_{TP}=0,5$

Stambena površina (m^2)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W / m^2)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W / m^2)									
	3,8	7,5	11,3	15	18,8	22,5	26,3	30	33,8	37,5
Potrebna dužina jedne/svih sondi L_{ZS} (m)										
100	8	15	23	30	38	45	53	60	68	75
125	10	19	28	38	47	56	66	75	85	94
150	12	23	34	45	56	67	79	90	101	112
175	14	27	40	53	66	79	92	105	118	131
200	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150



Sl.6.3. Potrebna dužina jedne/svih sondi za $q_{ZS}=50\text{W/m}$ i $f_{TP}=0,5$

Na sl. 6.4. dat je dijagramski prikaz učešća zemlje kao OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta za $e_{gr}=4$ i $f_{TP}=1$.



Sl.6.4. Toplotno učešće OIE – sonde u zemlji, za $e_{gr}=4$ i $f_{TP}=1$

Registri u zemlji

U odnosu na sonde u zemlji, za registre u zemlji izraz (6.9.) glasi:

$$Q_{ZR} = A_{ZR} \cdot q_{ZR} \quad (\text{kW}) \quad (6.14.)$$

a izraz (6.10.):

$$A_{ZR} = \frac{f_{TP} \cdot Q}{q_{ZR}} \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (\text{m}^2). \quad (6.15.)$$

Za koeficijent grejanja toplotne pumpe $e_{gr}=4$ [12,34] i specifični toplotni učinak registra u zemlji $q_{ZR}=0,025kW/m^2$ [12] dobija se da je:

$$A_{ZR} = 0,03 \cdot f_{TP} \cdot Q \quad (m^2) \quad (6.16.)$$

odnosno:

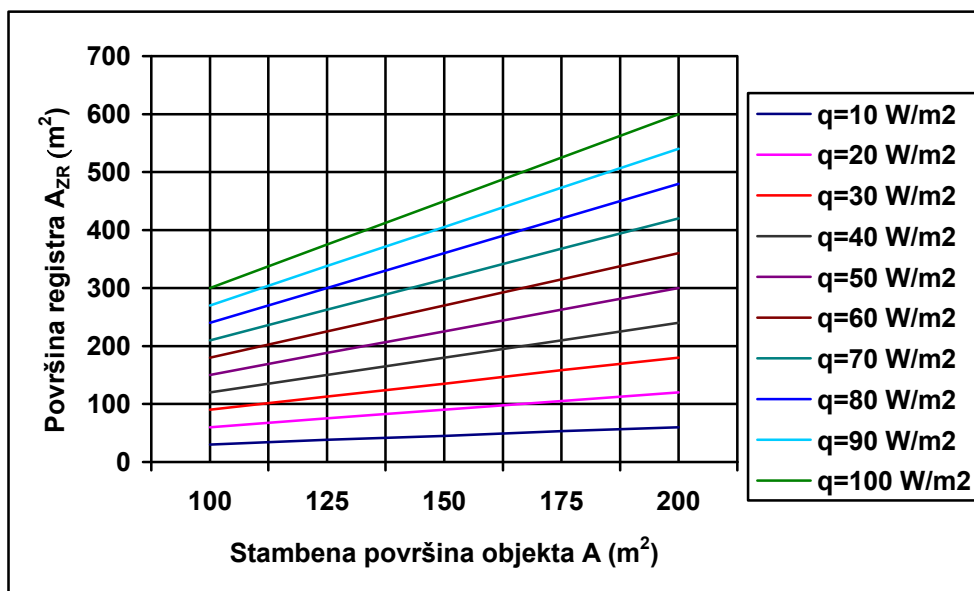
$$A_{ZR} = 0,03 \cdot f_{TP} \cdot q \cdot A \quad (m^2). \quad (6.17.)$$

Na osnovu izraza (6.17.) u tabelama 6.4., 6.5. i 6.6. date su potrebne površine registara u zemlji u zavisnosti od specifičnog toplotnog opterećenja grejanja i grejne površine objekta i za $q_{ZR}=25W/m^2$, $f_{TP}=1; 0,75; 0,5$.

Tabela 6.4. Potrebna površina registara u zemlji za $q_{ZR}=25W/m^2$ i $f_{TP}=1$

Stambena površina (m^2)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W / m^2)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W / m^2)									
	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75
Potrebna površina zemlje A_{ZR} (m^2)										
100	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
125	38	75	113	150	188	225	263	300	338	376
150	45	90	135	180	225	270	315	360	405	450
175	53	105	158	210	263	315	368	420	473	526
200	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600

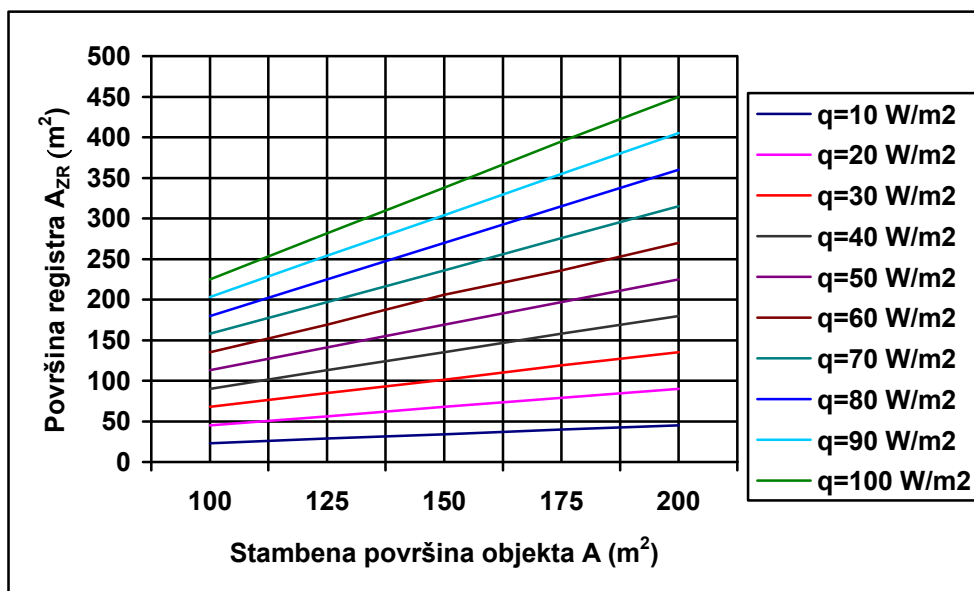
Prema jednačini (6.17.) na slikama 6.5., 6.6. i 6.7. daje se dijagramski prikaz potrebne površine registara u zemlji u zavisnosti od koeficijenta f_{TP} i specifičnog toplotnog opterećenja grejanja i grejne površine objekta.



SI.6.5. Potrebna površina registara u zemlji za $q_{ZR}=25$ W/m² i $f_{TP}=1$

Tabela 6.5. Potrebna površina registara u zemlji za $q_{ZR}=25$ W/m² i $f_{TP}=0,75$

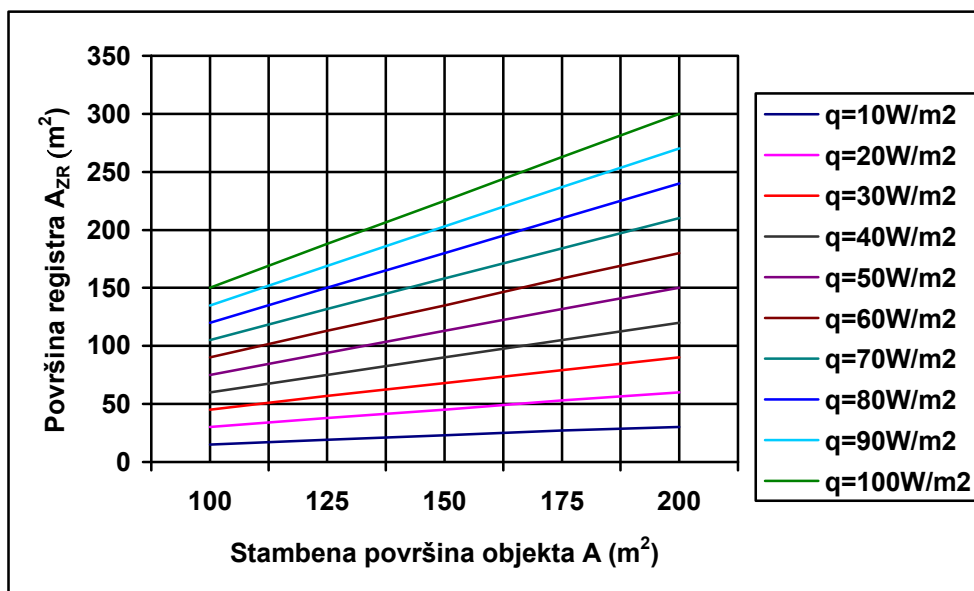
Stambena površina (m ²)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W / m ²)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W / m ²)									
	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	39,4	45	50,6	56,3
	Potrebna površina zemlje A_{ZR} (m ²)									
100	23	45	68	90	113	135	158	180	203	225
125	29	56	85	113	141	169	197	225	254	282
150	34	68	101	135	169	203	236	270	304	338
175	40	79	119	158	197	236	276	315	355	395
200	45	90	135	180	225	270	315	360	405	450



SI.6.6. Potrebna površina registara u zemlji za $q_{ZR}=25$ W/m² i $f_{TP}=0,75$

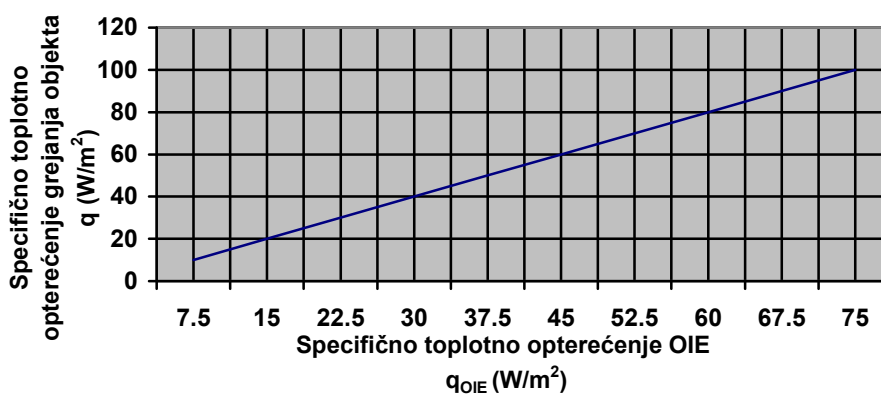
Tabela 6.6. Potrebna površina registara u zemlji za $q_{ZR}=25$ W/m² i $f_{TP}=0,5$

Stambena površina (m ²)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W / m ²)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W / m ²)									
	3.8	7.5	11.3	15	18.8	22.5	26.3	30	33.8	37.5
	Potrebna površina zemlje A_{ZR} (m ²)									
100	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
125	19	38	57	75	94	113	132	150	169	188
150	23	45	68	90	113	135	158	180	203	225
175	27	53	79	105	132	158	184	210	237	263
200	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300



SI.6.7. Potrebna površina registara u zemlji za $q_{ZR}=25\text{W/m}^2$ i $f_{TP}=0,5$

Na sl. 6.8. dat je dijagramski prikaz učešća zemlje kao OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta za $e_{gr}=4$ i $f_{TP}=1$.



SI.6.8. Toplotno učešće OIE – registri u zemlji, za $e_{gr}=4$ i $f_{TP}=1$

Podzemna voda

Za slučaj kada je OIE podzemna voda važe sledeće jednakosti:

$$Q_{OIE} = Q_{PV} \quad (kW) \quad (6.18.)$$

$$Q_{PV} = f_{TP} \cdot Q \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (kW) \quad (6.19.)$$

$$Q_{PV} = \frac{1}{3600} \cdot G_w \cdot c_w \cdot (t_{wi} - t_{wp}) \quad (kW). \quad (6.20.)$$

Na osnovu izraza (6.19.) i (6.20.) ukupni protok podzemne vode G_w (kg/h), odnosno potrebna izdašnost izvora podzemne vode definiše se izrazom:

$$G_w = \frac{3600 \cdot f_{TP} \cdot Q}{c_w \cdot (t_{wi} - t_{wp})} \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (kg/h). \quad (6.21.)$$

Za koeficijent grejanja toplotne pumpe $e_{gr}=4$, specifičnu toplotu vode $c_w=4,187\text{kJ/kg K}$ i temperaturnu razliku voda iz izvornog i prema potisnom bunaru: $(t_{w1} - t_{w2})=5^\circ\text{C}$, npr. $t_{w1}/t_{w2}=13/8$ ($12/7$) $^\circ\text{C}$, konačno se dobija da je:

$$G_w = 129 \cdot f_{TP} \cdot Q \quad (kg/h). \quad (6.22.)$$

Na osnovu izraza:

$$G_w = \rho_w \cdot V_w \quad (kg/h) \quad (6.23.)$$

i usvojenu vrednost za specifičnu gustinu podzemne vode $\rho_w=1000\text{kg/m}^3$ umesto izraza (6.23.) može se pisati da je:

$$V_w = 0,129 \cdot f_{TP} \cdot Q \quad (m^3/h). \quad (6.24.)$$

Kako je toplotno opterećenje grejanja definisano grejnom površinom A (m^2) i specifičnim toplotnim opterećenjem q (W/m^2) objekta, izraz (6.24.) piše se kao:

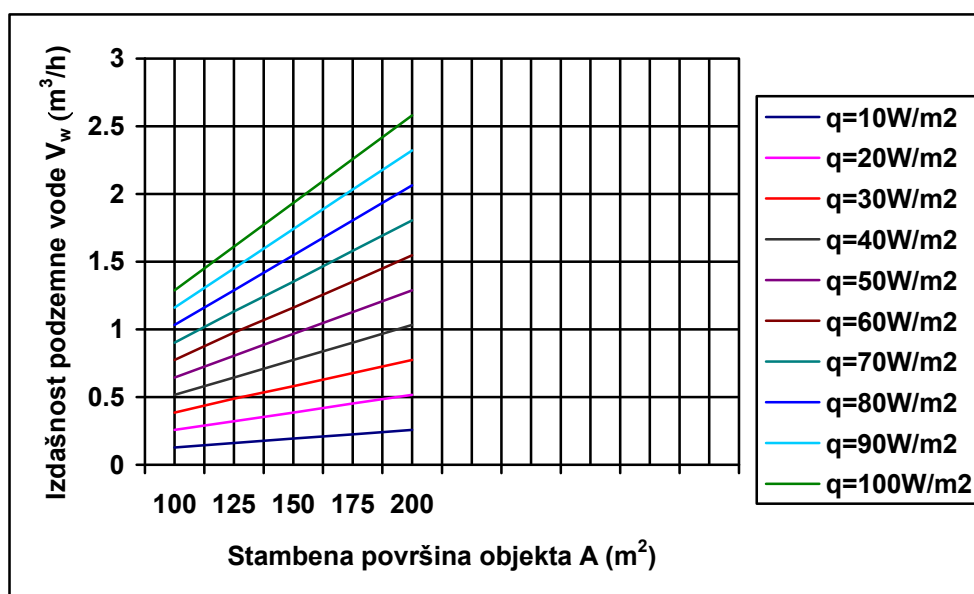
$$V_w = 0,129 \cdot f_{TP} \cdot q \cdot A \cdot 10^{-3} \quad (m^3/h). \quad (6.25.)$$

Na osnovu izraza (6.25.), u tabelama 6.7., 6.8., i 6.9. daje se prikaz potrebne izdašnosti izvora podzemne vode za različite grejne površine i specifična toplotna opterećenja objekta i $\Delta t_w=5^\circ\text{C}$, $f_{TP}=1; 0,75; 0,5$.

Tabela 6.7. Potrebna izdašnost izvora podzemne vode za $\Delta t_w=5^\circ\text{C}$ i $f_{TP}=1$

Stambena površina (m^2)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W / m^2)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W / m^2)									
	7,5	15	22,5	30	37,5	45	52,5	60	67,5	75
Potrebna izdašnost podzemne vode V_w (m^3 / h)										
100	0,129	0,258	0,387	0,516	0,645	0,774	0,903	1,032	1,161	1,290
125	0,162	0,323	0,488	0,645	0,806	0,976	1,133	1,29	1,451	1,612
150	0,194	0,387	0,580	0,774	0,967	1,16	1,354	1,548	1,741	1,934
175	0,226	0,452	0,677	0,903	1,129	1,354	1,580	1,806	2,032	2,258
200	0,258	0,516	0,774	1,032	1,290	1,548	1,806	2,064	2,322	2,580

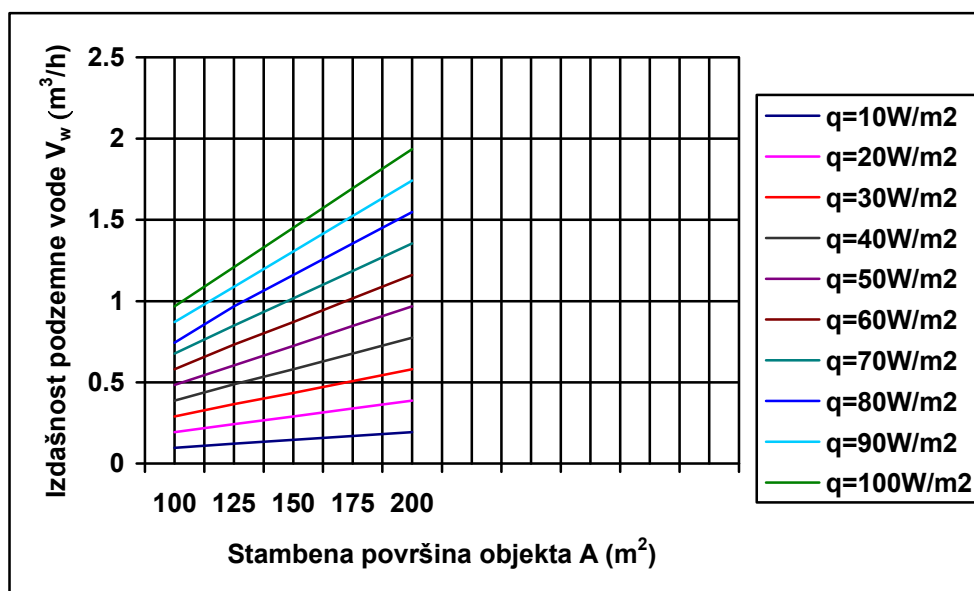
Na osnovu jednačine (6.25.) na slikama 6.9., 6.10. i 6.11. daje se dijagramski prikaz potrebne izdašnosti izvora podzemne vode sa $\Delta t_w=5^\circ\text{C}$ u zavisnosti od koeficijenta f_{TP} i specifičnog toplotnog opterećenja grejanja i grejne površine objekta.



Sl.6.9. Potrebna izdašnost podzemne vode za $\Delta t_w=5^\circ\text{C}$ i $f_{TP}=1$

Tabela 6.8. Potrebna izdašnost izvora podzemne vode za $\Delta t_W=5^\circ\text{C}$ i $f_{TP}=0,75$

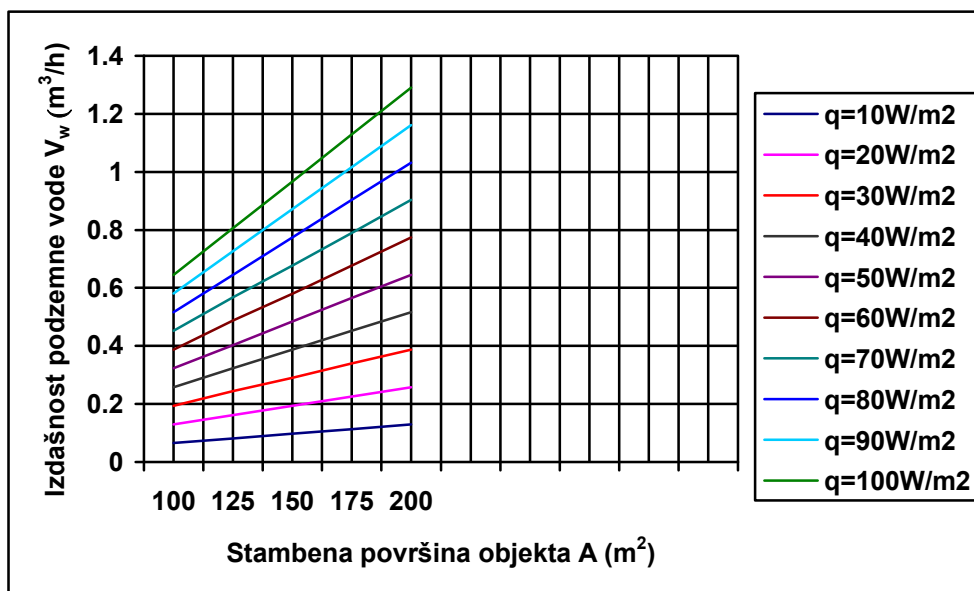
Stambena površina (m^2)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W/m^2)									
	5,6	11,3	16,9	22,5	28,1	33,8	39,4	45	50,6	56,3
Potrebna izdašnost podzemne vode V_w (m^3/h)										
100	0.097	0.194	0.290	0.387	0.484	0.581	0.677	0.774	0.871	0.968
125	0.122	0.242	0.366	0.488	0.605	0.732	0.849	0.967	1.088	1.209
150	0.146	0.290	0.435	0.581	0.725	0.87	1.016	1.161	1.306	1.451
175	0.169	0.339	0.508	0.678	0.847	1.016	1.185	1.355	1.524	1.694
200	0.194	0.387	0.581	0.774	0.968	1.161	1.355	1.548	1.742	1.935



Sl.6.10. Potrebna izdašnost podzemne vode za $\Delta t_W=5^\circ\text{C}$ i $f_{TP}=0,75$

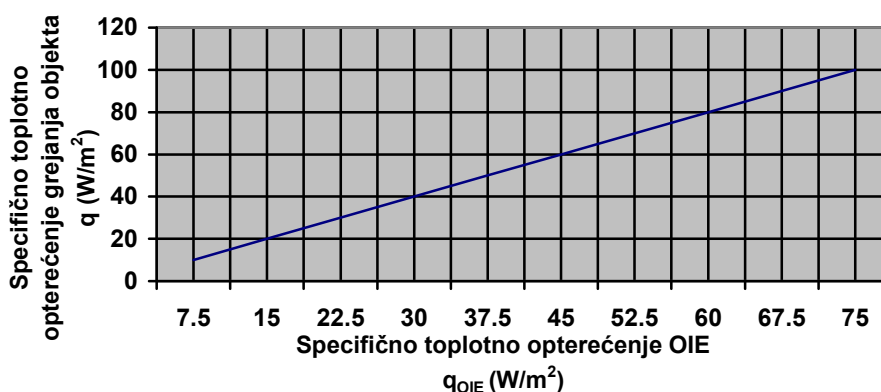
Tabela 6.9. Potrebna izdašnost izvora podzemne vode za $\Delta t_W=5^\circ\text{C}$ i $f_{TP}=0,5$

Stambena površina (m^2)	Specifično toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2)									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	Učešće OIE u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta q_{OIE} (W/m^2)									
	3,8	7,5	11,3	15	18,8	22,5	26,3	30	33,8	37,5
Potrebna izdašnost podzemne vode V_w (m^3/h)										
100	0.065	0.129	0.194	0.258	0.323	0.387	0.452	0.516	0.581	0.645
125	0.081	0.162	0.244	0.323	0.403	0.488	0.567	0.645	0.726	0.806
150	0.097	0.194	0.29	0.387	0.484	0.58	0.677	0.774	0.871	0.967
175	0.113	0.226	0.339	0.452	0.565	0.677	0.79	0.903	1.016	1.129
200	0.129	0.258	0.387	0.516	0.645	0.774	0.903	1.032	1.161	1.29



Sl.6.11. Potrebna izdašnost podzemne vode za $\Delta t_w = 5^\circ\text{C}$ i $f_{TP} = 0,5$

Učešće podzemne vode u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta za $e_{gr} = 4$ i $f_{TP} = 1$ dijagramski se prikazuje na sl. 6.12.



Sl.6.12. Toplotno učešće OIE – podzemne vode, za $e_{gr} = 4$ i $f_{TP} = 1$

6.2. Zahtevi prema objektu

6.2.1. Energetski zahtevi

Ekonomska opravdanost upotrebe obnovljivih izvora energije za dobijanje toplotne energije za potrebe građevinskih objekata, a time i za smanjenje potrošnje primarne energije, direktno zavisi od pravilnog izbora sistema sa obnovljivim izvorom, uslovljenog nizom faktora za konkretne slučajeve. Bez obzira na sve uslove u kojima se

koristi izabrani sistem, elementarni faktor prilikom izbora je ekonomski – visina ulaganja i troškova održavanja i eksploatacije. Samo pravilno izabrani sistem sa obnovljivim izvorom može da obezbedi ekonomsku opravdanost upotrebe OIE za potrebe grejanja građevinskih objekata.

Da bi se mogao izvesti najpovoljniji sistem grejanja sa OIE neophodno je prethodno obezbediti ispunjenje određenih preduslova, od kojih je najbitniji nivo toplotne zaštite objekta, odnosno nivo energetske efikasnosti objekta. Ispunjenje uslova minimalnog potrebnog nivoa energetske efikasnosti objekta, kojim se omogućuje primena najpovoljnijeg sistema grejanja sa OIE, usvaja se za kriterijum prilikom definisanja referentne energetske efikasnosti građevinskih objekata [11].

Definisanje najpovoljnijeg sistema grejanja sa OIE podrazumeva iznalaženje optimalne usklađenosti energetske efikasnosti njegovih podsistema:

- primarni deo: OIE – toplotna pumpa,
- sekundarni deo: unutrašnja instalacija grejanja,

što podrazumeva obezbeđenje uslova da se povećanjem energetske efikasnosti jednog dela sistema bitno ne smanjuje energetska efikasnost drugog dela sistema.

Kada je u pitanju sekundarna – unutrašnja instalacija grejanja, poželjno je da se u kondenzatoru toplotne pumpe dobiju što više polazne temperature vode prema unutrašnjoj instalaciji kako bi se mogla izvoditi klasična visokotemperaturna instalacija grejanja. Da bi se ovo ostvarilo, morale bi i temperature kondenzacije u ciklusu toplotne pumpe biti visoke, kojima bi odgovarali i visoki pritisci kondenzacije radnog medijuma toplotne pumpe.

Visoki pritisci kondenzacije toplotne pumpe imaju dva negativna efekta na energetske efikasnost sistema, a time i na ekonomsku opravdanost izvođenja sistema grejanja sa toplotnom pumpom. Prvo, za visoke pritiske kondenzacije potreban je veći uloženi rad, odnosno veća potrošnja električne energije za pogon kompresora toplotne pumpe, čime se smanjuje energetska efikasnost sistema. Drugo, za isti kapacitet toplotne pumpe veći su zapreminski protoci radnog medija u toplotnoj pumpi, te se dobijaju robusnije i investiciono skuplje toplotne pumpe što smanjuje ekonomičnost sistema. Smatra se optimalnim rešenjem da pritisci kondenzacije toplotne pumpe budu takvi da se za kućne instalacije grejanja ostvaruju polazne temperature vode do 40°C [8,26,55].

Definisanjem polazne temperature vode za unutrašnju instalaciju grejanja do 40°C, istovremeno se nameće i zaključak da je u ovom slučaju za unutrašnju instalaciju idealna podna instalacija grejanja [8,26,55].

Usvajanjem podne instalacije grejanja za kućnu instalaciju, minimalna toplotna zaštita objekta definiše se iz uslova da specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta q (W/m^2) može biti najviše jednako stvarnom specifičnom toplotnom učinku poda $q_{p,s}$ (W/m^2):

$$q \leq q_{p,s}. \quad (6.26.)$$

Specifični toplotni učinak poda zavisi od sledećih faktora:

- temperaturnog režima sistema,
- temperature prostorije,
- vrste podne obloge,
- dimenzija podnih cevi,
- razmaka između podnih cevi.

Za jedan usvojen temperaturni režim sistema i razmak između podnih cevi, na odavanje toplote površine poda najviše uticaja ima vrsta podne obloge. Prema [49], u zavisnosti od vrste podne obloge, toplotni učinak površine poda umanjuje se koeficijentom f_{p1} datim u tabeli 6.10.

Tabela 6.10. Koeficijent umanjenja toplotnog učinka poda f_{p1}

Podna obloga	Koeficijent umanjenja f_{p1}
cementni estrih bez obloge	1,0
podna obloga – lamelni parket	1,24
podna obloga – itison	1,30
podna obloga – keramičke pločice	1,06

Imajući u vidu činjenicu da zbog nameštaja i opreme u stambenom ili poslovnom prostoru cela površina poda nema isti efekat odavanja toplote, to se toplotni učinak poda umanjuje i koeficijentom efektivne površine poda f_{p2} .

Definisanjem koeficijenata umanjenja toplotnog učinka poda, stvarni toplotni učinak poda određen je izrazom:

$$q_{p,s} = \frac{q_p}{f_{p1} \cdot f_{p2}} \quad (W / m^2). \quad (6.27.)$$

Na osnovu ispitivanja specifičnog toplotnog učinka površine poda [49] za sledeće uslove:

- temperaturni režim podne instalacije 40/30°C,
- temperatura prostorije 20°C,
- temperatura površine poda 26°C,
- završni sloj poda – cementni estrih,
- prečnik podnih cevi Ø 20x2,0mm,
- razmak između podnih cevi 15cm,

specifični toplotni učinak poda iznosi:

$$q_p = 73 \text{ W / m}^2. \quad (6.28.)$$

Za boravišnu zonu, u praksi se najčešće koristi razmak između cevi od 15cm [8].

Za najčešći slučaj u stambenim i javnim objektima (poslovne prostorije, zdravstvene ustanove, obdaništa i jaslice, pozorišta i bioskopi, hoteli, internati, domovi, sportske hale, itd.) podna obloga je lamelni parket: $f_{p1}=1,24$, a koeficijent umanjenja efektivne površine poda je $f_{p2}=1,1$, te stvarni toplotni učinak poda iznosi:

$$q_{p,s} = \frac{73}{1,24 \cdot 1,1} = 54 \text{ W / m}^2 \quad (6.29.)$$

odnosno usvojeno:

$$q_{p,s} = 50 \text{ W / m}^2. \quad (6.30.)$$

Vrednost definisana izrazom (6.30.) usvaja se kao kriterijum za određivanje referentne energetske efikasnosti građevinskih objekata kod upotrebe OIE za potrebe grejanja. Svi objekti koji imaju specifično projektno toplotno opterećenje grejanja:

$$q_{RE} = 50 \text{ W / m}^2 \quad (6.31.)$$

jesu objekti referentne energetske efikasnosti.

Usvojena vrednost specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja od 50W/m² jeste maksimalna granična vrednost koja može da obezbedi primenu najpovoljnijeg sistema grejanja sa obnovljivim izvorom:

- unutrašnja podna instalacija grejanja,
- temperatura vode u razvodu do 40°C.

Pored podne instalacije grejanja u sistemima grejanja sa OIE koriste se i instalacije sa ventilator-konvektorima. Ove instalacije se prvenstveno postavljaju u

javnim objektima, gde pored grejanja služe i za hlađenje i ventilaciju objekata. Kako svaka jedinica ima ventilator, to se u sistemu javlja i dodatna potrošnja elektro energije za rad ventilatora, čime se smanjuje ukupna energetska efikasnost sistema.

Primenom podne instalacije grejanja smanjuju se toplotni gubici objekta, jer zbog akumulacije toplote u podu izostaje dodatak na transmisionu gubitke toplote. Pored toga, sa podnom instalacijom se u prostoriji postiže temperaturni profil, koji je najbliži idealnom. Temperatura vazduha u prostoriji može biti 1°C niža nego kod drugih sistema bez posledica za ugodnost. Poznato je da se za svaki stepen sniženja temperature u prostoriji uštedi 6% energije za grejanje [49].

Sistemi grejanja sa OIE ne izvode se sa klasičnom radijatorskom instalacijom, s obzirom na to da ta instalacija zahteva visokotemperaturni režim 90/70°C. Poređenja radi, ukoliko bi se koristila klasična radijatorska instalacija sa niskotemperaturnim režimom 40/35°C (dovod/odvod) koji može da obezbedi OIE, tada bi se potrebna grejna površina radijatora povećala 4,96 puta [55]. Ovakvo je rešenje za kućnu instalaciju grejanja neprihvatljivo jer bi dovelo do znatnih povećanja investicionih ulaganja, nemogućnosti smeštaja velikog broja radijatora, ugrožavanja funkcionalnosti i estetike stambenog prostora.

6.2.2. Prostorni zahtevi

Prostorni zahtevi kod korišćenja OIE sa primenom TP zavise od:

- vrste obnovljivog izvora energije,
- toplotnog opterećenja objekta Q (W),
- učešća TP u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta f_{TP} (-).

Zemlja

Sonde u zemlji

Za jedan objekat ukupna dužina svih sondi u zemlji određuje se prema izrazu (6.10.):

$$L_{ZS} = \frac{f_{TP} \cdot Q}{q_{ZS}} \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (m).$$

Prema navedenom izrazu, u okviru tačke 6.1. dati su tabelarni i dijagramski prikazi rezultata proračuna ukupne dužine svih sonde, a za različite vrednosti parametara od kojih ova dužina zavisi.

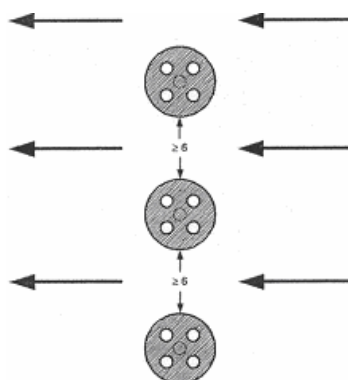
Izborom dužine jedne sonde (najčešće 100m):

$$l_{zs} (m)$$

ukupan broj sonde u zemlji definisan je izrazom:

$$n_{zs} = \frac{L_{zs}}{l_{zs}} (kom.). \quad (6.32)$$

Kod primene više sonde, njihov raspored je poprečno na smer strujanja podzemnih voda (slika 6.13.). Razmak između pojedinih sonde iznosi najmanje 6m. Tako protivstrujno postavljene sonde, sonde samo u manjoj meri utiču jedna na drugu i leti je osigurana regeneracija.



Slika 6.13. Raspored i minimalni razmak sonde zavisno od smera strujanja podzemnih voda

Određivanjem broja sonde u zemlji i razmaka između pojedinih sonde od najmanje 6m, za konkretan objekat definiše se i potrebna raspoloživa površina okoline objekta za ugradnju sonde u zemlji:

$$A_{zs} (m^2).$$

Registri u zemlji

Kod sistema sa registrima u zemlji ukupna potrebna površina zemlje za polaganje registara definisana je izrazom (6.15.):

$$A_{ZR} = \frac{f_{TP} \cdot Q}{q_{ZR}} \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (m^2).$$

Prema navedenom izrazu, u okviru tačke 6.1. dati su tabelarni i dijagramski prikazi rezultata proračuna ukupne površine registara u zemlji, a za različite vrednosti parametara od kojih ova površina zavisi.

Podzemna voda

Kod upotrebe podzemne vode kao OIE prostorni zahtev prema objektu je slobodna površina okoline objekta za bušenje izvornih i upojnih bunara.

Broj bunara zavisi od potrebne količine podzemne vode, koja se određuje prema izrazu (6.21.) :

$$G_w = \frac{3600 \cdot f_{TP} \cdot Q}{c_w \cdot (t_{w1} - t_{w2})} \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (kg/h)$$

ili:

$$V_w = \frac{3,6 \cdot f_{TP} \cdot Q}{c_w \cdot (t_{w1} - t_{w2})} \cdot \frac{e_{gr} - 1}{e_{gr}} \quad (m^3/h). \quad (6.33.)$$

Prema navedenom izrazu, u okviru tačke 6.1. dati su tabelarni i dijagramski prikazi rezultata proračuna ukupne količine podzemne vode, a za različite vrednosti parametara od kojih ova količina zavisi.

Za sračunatu količinu podzemne vode, izabrani broj bunara i poštujući da je rastojanje između izvornog i upojnog bunara najmanje 15m, definišu se i prostorni zahtevi prema okolini objekta.

Spoljašnji vazduh

U odnosu na navedene OIE, kod upotrebe spoljašnjeg vazduha praktično ne postoje prostorni zahtevi prema objektu. Oni se samo svode za mesto ugradnje TP vazduh-vazduh/vazduh-voda.

7. SISTEMI SA TOPLOTNIM PUMPAMA

Podela sistema sa toplotnim pumpama slična je podeli sistema sa klasičnim toplotnim izvorom na fosilno gorivo (čvrsto, tečno i gasovito). Kod klasičnih toplotnih izvora potrebna toplota za grejanje objekata dobija se sagorevanjem fosilnih goriva u kotlu, a sa toplotnom pumpom od okolnih obnovljivih izvora energije. U prvom slučaju potrošači se toplotnom energijom snabdevaju od kotla, a u drugom od toplotne pumpe.

Sama podela sistema grejanja, bilo da je reč o sistemu sa kotlom ili toplotnom pumpom, može se izvršiti na više načina, a u zavisnosti od različitih gledišta prema kojima se ta podela pravi.

Osnovna podela je prema položaju izvora toplote, pa se razlikuju sledeća grejna postrojenja:

- pojedinačna,
- centralna,
- daljinska.

Kod pojedinačnog grejanja se samo ložište nalazi u prostoriji koja se greje (TA peć, gasna peć, radiator na struju, itd.).

Centralna grejanja služe za grejanje svih prostorija jedne zgrade, sa samo jednim izvorom toplote.

Daljinsko grejanje podrazumeva transport toplotne energije na manje/veće udaljenosti. Ova vrsta grejanja služi za grejanje više zgrada (stambeni blok), dela grada, ili čak celog grada, pa se razlikuju sledeća daljinska grejanja:

- blokovsko,
- rejonsko,
- gradsko.

7.1. Lokalni sistemi

Sistemi grejanja sa toplotnim pumpama sastoje se iz dva podsistema:

- primarni deo: obnovljivi izvor energije – toplotna pumpa,
- sekundarni deo: toplotna pumpa – unutrašnja instalacija grejanja.

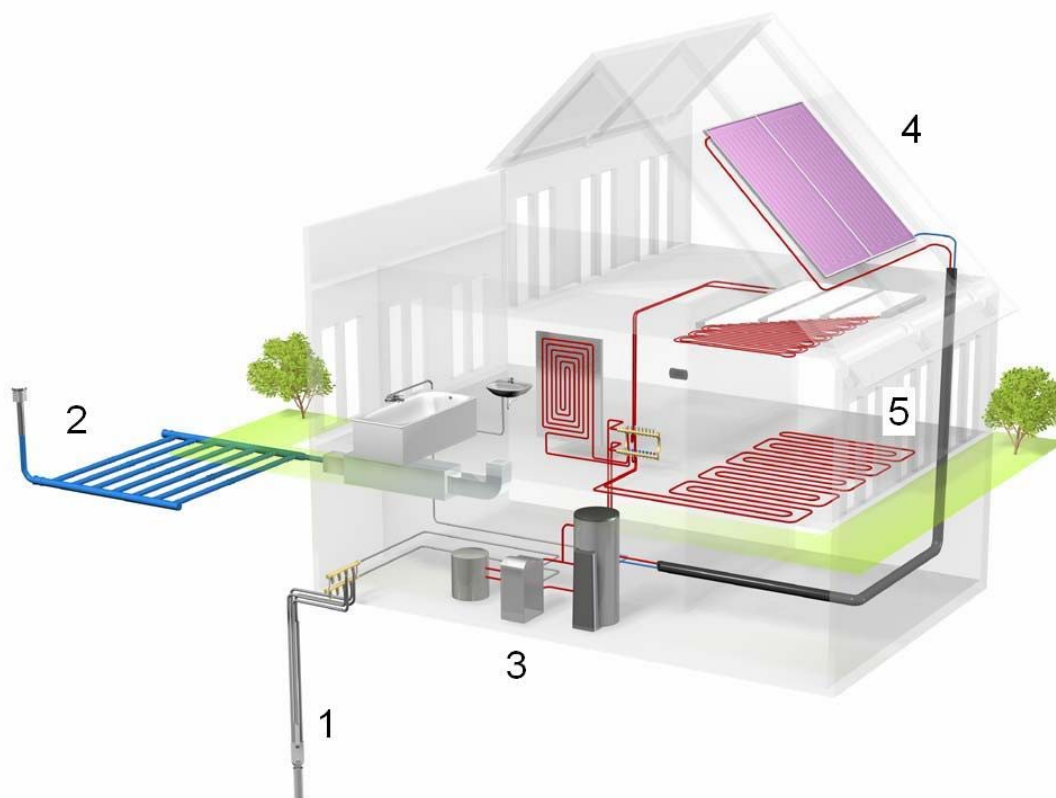
Lokalni sistemi sa toplotnim pumpama predstavljaju pojedinačna grejna postrojenja. Oni su specifičan slučaj, kada ne postoji unutrašnja instalacija grejanja. Primer ovih sistema je ugradnja toplotnih pumpi vazduh/vazduh u pojedinim prostorijama.

Najveći deo toplotnih pumpi vazduh/vazduh ima vrlo mali kapacitet (obično oko 2kW ili 3kW) i prodavan je i korišćen za hlađenje u stanovima, malim kancelarijama i sličnim prostorima. Skoro sve prodane jedinice su reverzibilne toplotne pumpe, a režim grejanja je korišćen za grejanje u kratkim periodima u međusezoni. Prodaja ove vrste toplotnih pumpi je daleko najznačajnija na stambenom tržištu.

7.2. Centralni sistemi

Kod upotrebe OIE okoline (tlo, voda, spoljni vazduh) za potrebe grejanja objekata, centralni sistemi sa toplotnim pumpama su najznačajniji i najviše primenjivani.

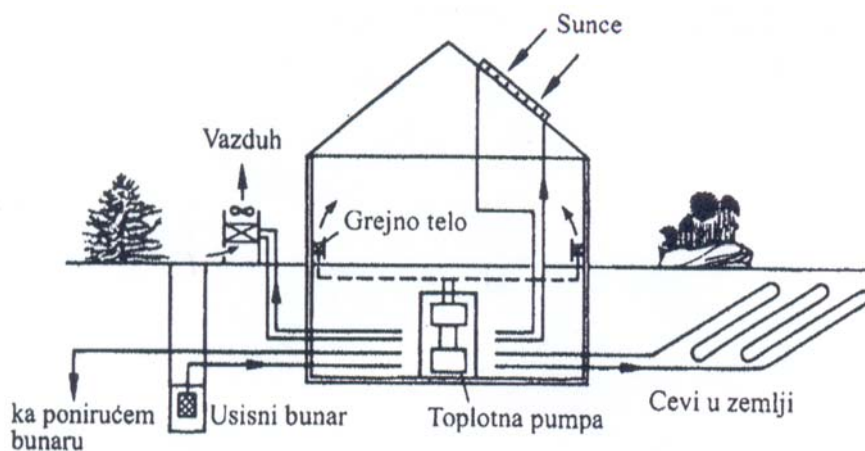
Na sl.7.1. prikazan je poster centralnog sistema grejanja sa toplotnom pumpom.



1.Sonda u zemlji; 2.Izmenjivač toplote u zemlji za ventilaciju objekta; 3.Toplotna pumpa; 4.Solarni kolektor; 5.Podna instalacija grejanja

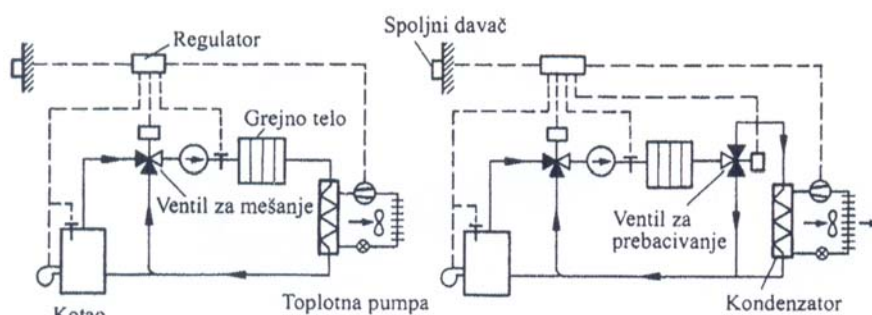
Sl.7.1. Poster centralnog sistema grejanja sa toplotnom pumpom [52]

Na sl.7.2. prikazan je centralni sistem grejanja sa toplotnom pumpom i obnovljivim izvorima okoline: sunčeva energija, tlo, podzemna voda i spoljni vazduh.



Sl.7.2. Centralni sistem grejanja sa toplotnom pumpom i obnovljivim izvorima energije okoline [51]

Na slici 7.3. data je toplotna shema centralnog sistema grejanja sa toplotnom pumpom vazduh/voda.



a)

a) toplotna pumpa i kotao redno povezani

b)

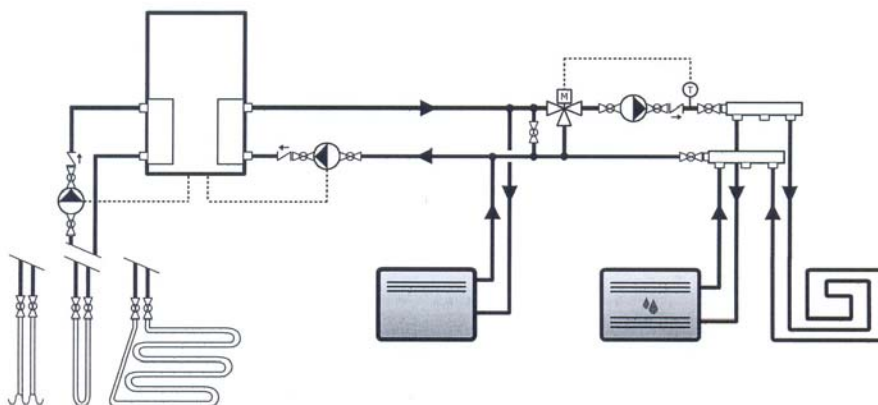
b) toplotna pumpa i kotao paralelno povezani

Sl.7.3. Toplotna shema centralnog sistema grejanja sa toplotnom pumpom vazduh/voda [51]

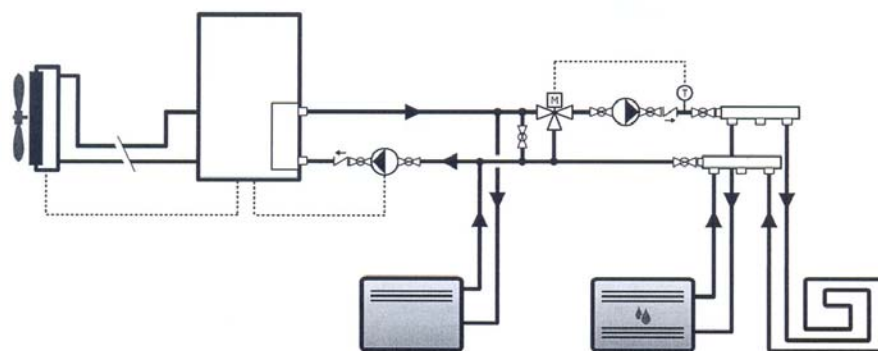
Toplotne sheme sistema centralnog grejanja sa toplotnom pumpom prikazane su na sl.7.4 i sl.7.5.

Na sl.7.4. obnovljivi izvor toplote su tlo i podzemna voda, a na sl. 7.5. spoljni vazduh.

Na obe slike unutrašnje instalacije grejanja su niskotemperaturne: podna, ventilator konvektor.



Sl.7.4. Toplotna shema centralnog sistema sa toplotnom pumpom zemlja/voda i voda/voda (Izvor: BLUE BOX)



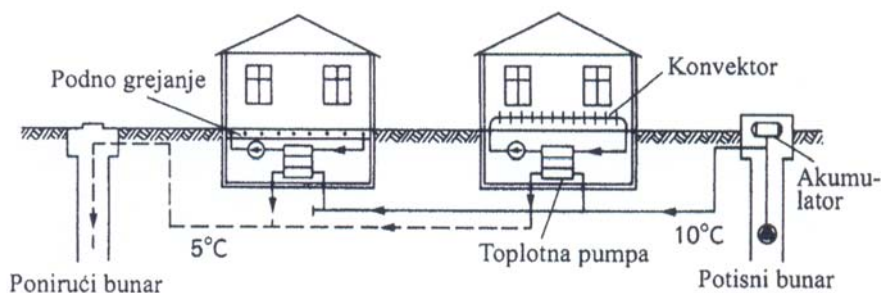
Sl.7.5. Toplotna shema centralnog sistema sa toplotnom pumpom vazduh/voda (Izvor: BLUE BOX)

7.3. Daljinski sistemi

Kao što je već ranije rečeno, daljinsko grejanje podrazumeva transport toplotne energije na manje/veće udaljenosti. U odnosu na centralne sisteme sa toplotnom pumpom, daljinski sistemi su opterećeni povećanim investicionim ulaganjima u razvodnu spoljnu mrežu, i to utoliko više, što je veća i udaljenost potrošača od toplotne pumpe.

Za daljinski sistem sa toplotnom pumpom neophodno je da postoji povoljan obnovljivi izvor energije, za čiju upotrebu su potrebna manja investiciona ulaganja i koji obezbeđuje visoke koeficijente grejanja toplotne pumpe. Kada su u pitanju obnovljivi izvori energije okoline, onda je to podzemna voda. Realno, danas su daljinski sistemi grejanja sa toplotnom pumpom ograničeni na grejanje bloka zgrada, ili manjih naselja.

Na sl.7.6. prikazana je toplotna shema daljinskog sistema sa toplotnom pumpom voda/voda, gde je obnovljivi izvor energije podzemna voda.



Sl.7.6. Toplotna shema daljinskog sistema sa toplotnom pumpom voda/voda [51]

Toplotna shema sistema na sl.7.6. predstavlja slučaj kad se podzemna voda iz centralnog potisnog bunara daljinski dovodi do pojedinih objekata. Voda, čija je temperatura od 10 do 15°C, vodi se preko cevne mreže do toplotnih pumpi u zgradama, gde se hladi za približno 5°C, da bi se zatim ponovo preko povratnog voda vratila do ponirućeg bunara.

U drugom slučaju, odnosno sistemu, voda se zagreva u centralnom postrojenju sa toplotnom pumpom, a onda se preko toplotno izolovane cevne mreže dovodi u zgrade kao u daljinskom grejanju.

Posebni slučajevi primene toplotnih pumpi su oni, kada se toplotna pumpa primenjuje u okviru drugih daljinskih sistema grejanja, koji za izvor energije koriste neobnovljivu i obnovljivu primarnu energiju.

U okviru tačke 8.4.2. Studije urađen je proračun investicionih ulaganja i ocene ekonomske opravdanosti grejanja jednog poslovnog objekta u Novom Sadu, kad se za potrebe grejanja objekta koristi sistem sa toplotnom podstanicom daljinskog grejanja i toplotnom pumpom. Objekat je grejne površine 3.000m², a u bivalentno paralelnom režimu rada: toplotna pumpa – podstanica daljinskog grejanja, toplotna pumpa pokriva osnovno toplotno opterećenje grejanja. Primena ovakvih sistema je povoljnija, kada objekat, pored potreba u toplotnoj energiji za grejanje, ima i potrebe u toplotnoj energiji zbog ventilacije i pripreme tople potrošne vode, čime izvođenje podstanice daljinskog grejanja postaje opravdanije.

Drugi primer je primena toplotne pumpe u daljinskom sistemu grejanja sa geotermalnom vodom. Nakon iskorišćenja visokotemperaturne toplotne energije,

geotermalna voda se vraća u zemlju sa nižom temperaturom, koja je još uvek pogodna, da geotermalna voda u povratu bude toplotni izvor za toplotnu pumpu.

Načini iskorišćenja geotermalne energije, a time i toplotne sheme sistema sa ovim obnovljivim izvorom energije, zavise od temperaturnog nivoa geotermalnog fluida.

7.4. Uticajni faktori za primenu TP

Primena toplotnih pumpi za dobijanje toplote iz OIE za potrebe grejanja objekata zavisi od niza relevantnih faktora i njihove međusobne zavisnosti, a najvažniji su:

- specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta,
- pristupačnost, raspoloživost i temperaturni nivo OIE,
- izbor sistema za dobijanje toplote od OIE,
- cene opreme i radova,
- cene primarne i finalne energije,
- vođenje politike prema upotrebi OIE.

Imajući u vidu sve gore navedene faktore, ocena o ekonomskoj opravdanosti primene TP za dobijanje toplote iz OIE donosi se na osnovu proračuna o investicionim ulaganjima i ostvarenim uštedama u potrošnji primarne energije.

Specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta q (W/m^2) je bitan preduslov za primenu TP, jer za dva objekta sa istim grejnim površinama, investiciona ulaganja su manja u objekat sa manjim specifičnim toplotnim opterećenjem.

Pristupačan, raspoloživ i sa višim temperaturnim nivoom OIE, takođe, obezbeđuje bitne preduslove za primenu TP.

Izbor sistema grejanja sa TP, odnosno njegovih podsistema: primarnog (OIE-TP) i sekundarnog (TP-unutrašnja instalacija grejanja), mora da bude takav, da se ostvari optimalna usklađenost između investicionih ulaganja u sistem i ostvarenih energetske ušteda.

Cene opreme i radova su izrazito ograničavajući faktori za primenu TP, a pogotovo u zemljama sa niskim stepenom ekonomske razvijenosti. Ovi faktori najviše utiču i na primenu TP u AP Vojvodini.

Cene primarne (čvrsto, tečne i gasovito gorivo) i finalne energije (toplotna i električna), odnosno nerealan disparitet njihovih cena, negativno se odražava na ekonomsku opravdanost primene TP.

Pogrešno vođenje politike prema OIE, odnosno neblagovremeno donošenje odgovarajuće zakonske regulative i izostajanje državnog podsticaja za upotrebu ovih oblika energije, takođe je bitan ograničavajući faktor za primenu TP.

Državni podsticaj sastoji se u davanju subvencija i povoljnih kredita za nabavku opreme za sisteme sa obnovljivim izvorima. Ovo je pre svega značajno za države sa manjim stepenom ekonomske razvijenosti, kod kojih je kupovna moć stanovništva za nabavku skupe opreme znatno manja nego u razvijenim zemljama sveta. Ova konstatacija se odnosi i na Republiku Srbiju, a time i na AP Vojvodinu.

Primena TP za dobijanje toplote iz obnovljivih izvora energije iziskuje veća investiciona ulaganja nego što su ulaganja prilikom upotrebe neobnovljivih primarnih izvora energije (fosilnih goriva). Ova konstatacija navodi na zaključak, da se sistemi sa obnovljivim izvorima energije najviše primenjuju u zemljama sa visokim stepenom ekonomske razvijenosti. U tom smislu, javljaju se nelogičnosti koje upućuju da korišćenje sunčeve energije nije najveće u onim delovima sveta gde je ima u izobilju, već u visoko razvijenim zemljama. Takav je danas slučaj sa Nemačkom, koja je, iako ne bogata sunčevom energijom, jedna od vodećih zemalja sveta u razvoju tehnologija i primeni sistema za korišćenje sunčeve energije. Ova zemlja je deo državnog poreza usmerila u otvaranje novih pogona za proizvodnju opreme za korišćenje OIE, čime obezbeđuje otvaranje novih radnih mesta i povećava izvoz svojih proizvoda u druge zemlje sveta.

Vezano za primenu toplotnih pumpi u AP Vojvodini, a u okviru svojih mogućnosti, neophodno je planirati i realizovati podsticaje u firme za proizvodnju TP, čime bi se stvorili uslovi za otvaranje novih radnih mesta i delimično/potpuno smanjila zavisnost od uvoza ove skupe opreme iz drugih razvijenih zemalja.

Na osnovu sprovedenih proračuna (tačka 4.2. ove Studije) o specifičnim projektnim toplotnim opterećenjima grejanja q (W/m^2) objekata u AP Vojvodini, koji će od septembra 2012. godine biti građeni prema usvojenim Pravilnicima o energetske efikasnosti i sertifikaciji zgrada [47,48], konstatuje se da je za primenu TP u AP Vojvodini otklonjena jedna velika barijera. Ova barijera se odnosi na činjenicu da će, u odnosu na objekte izgrađene pre donošenja navedenih Pravilnika, specifično projektno toplotno opterećenje grejanja q (W/m^2) novih objekata u AP Vojvodini biti znatno manje. Za iste grejne površine objekata, investiciona ulaganja u sisteme sa toplotnim pumpama, za grejanje zgrada sa manjim specifičnim toplotnim opterećenjem grejanja q (W/m^2), biće značajno umanjena. Ovim je ispunjen jedan bitan preduslov, za masovniju upotrebu sistema grejanja sa toplotnim pumpama.

Naziv "toplotna pumpa" i odsustvo prisnosti većine ljudi sa ovim izrazom, i dalje su glavna prepreka prihvatanju toplotne pumpe od strane krajnjih korisnika. Vlade, komunalna preduzeća i oni koji štede energiju i žele da ubrzaju razvoj tržišta toplotnih pumpi, moraju obezbediti obrazovne programe i inicijative za rešavanje ovoga problema i uklanjanje dugogodišnjih tržišnih barijera [28].

8. INVESTICIONA ULAGANJA I EKONOMSKA OPRAVDANOST PRIMENE TOPLOTNIH PUMPI U AP VOJVODINI

8.1. Investiciona ulaganja

Investiciona ulaganja za potrebe dobijanja toplotne energije iz OIE zavise od specifičnosti pojedinih OIE, tehničkih rešenja sistema za ovakav način dobijanja toplote za grejanje objekata, kao i ekonomskih parametara kojima se definiše cena pojedine opreme i izvođačkih radova. Za OIE razmatrane u ovom radu daju se tabelarni prikazi strukture i postupka za određivanje iznosa investicionih ulaganja iskazanih u evrima (€).

Sonde u zemlji

Tabela 8.1. Investiciona ulaganja za sistem sa sondama u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda kapacitet ... kW			
2. U sonda DN 40 dužine ... m			
3. Povezne cevi PE DN 40			
4. Ostala oprema			
Ukupno: $I_{ZS,M} = \dots$ €			
Građevinski radovi			
5. Bušotina Ø 150mm na dubini ... m			
Ukupno: $I_{ZS,GR} = \dots$ €			

Registri u zemlji

Tabela 8.2. Investiciona ulaganja za sistem sa registrima u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m, m ³)	Cena po komadu (€/kom, €/m, €/m ³)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda kapacitet ... kW			
2. Cevi PE DN 32			
3. Ostala oprema			
Ukupno: $I_{ZR,M} = \dots$ €			
Građevinski radovi			
5. Iskop i zatrpavanje rova površine ... m ² i dubine 1m			
Ukupno: $I_{ZR,GR} = \dots$ €			

Usvojeni podaci:

<p>Za usvojene cevi registara u zemlji:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PE DN 32 - Razmak između cevi 0,8m - Ukupna dužina cevi iznosi: <ul style="list-style-type: none"> - U vrtu: $A : 0,8 = \dots$ m - Od vrta do toplotne pumpe: <u> </u> m <li style="margin-left: 100px;">Ukupno: \dots m 	
---	--

Podzemna voda

Tabela 8.3. Investiciona ulaganja za sistem sa podzemnom vodom

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa voda/voda, kapacitet ... kW			
2. Pumpa izvornog bunara			
3. Cevi PE DN 50			
4. Ostala oprema			
Ukupno: $I_{PV,M} = \dots$ €			
Građevinski radovi			
5. Bušenje bunara Ø 150mm na dubini ... m, za izvorni i potisni bunar			
Ukupno: $I_{PV,GR} = \dots$ €			

Spoljašnji vazduh

Tabela 8.4. Investiciona ulaganja za sistem sa spoljašnjim vazduhom

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pum. vazduh /voda kapacitet ... kW			
2. Povezne cevi			
3. Ostala oprema			
Ukupno: $I_{SV} = \dots$ €			

8.2. Uštede u potrošnji primarne energije

Proračun ušteta u potrošnji energije sprovodi se prema potrebama u toploti, vrsti i načinu upotrebe OIE. Krajnji cilj proračuna je dolaženje do saznanja o energetskej efikasnosti primenjene mere, odnosno EE samog objekta.

Prilikom upotrebe zemlje, podzemne/nadzemne vode i spoljašnjeg vazduha za grejanje objekata, uštede u potrošnji primarne energije direktno zavise od režima rada toplotne pumpe, odnosno od učešća TP u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta. U opštem slučaju, za bivalentni režim rada toplotne pumpe, pokrivanje godišnjih potreba u toplotnoj energiji za grejanje objekta iskazuje se jednačinom (5.3.)

$$Q_{god} = Q_{TP,god} + Q_{K,god} \quad (kWh / god).$$

Pojedinačno učešće TP i klasičnog kotla u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta određeno je izrazima (5.4.) i (5.5.):

$$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god} \quad (kWh / god)$$

$$Q_{K,god} = f_{K,god} \cdot Q_{god} \quad (kWh / god)$$

pri čemu između koeficijenata učešća u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta TP i klasičnim kotlom postoji relacija:

$$f_{TP,god} + f_{K,god} = 1. \quad (8.1.)$$

Za koeficijent učešća TP u pokrivanju godišnjih potreba u toplotnoj enegiji za grejanje objekta važi izraz:

$$f_{TP,god} \leq 1 \quad (8.2.)$$

pri čemu za granične slučajeve:

$$f_{TP,god} = 1 \quad (8.3.)$$

znači da toplotna pumpa radi u monovalentnom režimu (bez klasičnog kotla), a za:

$$f_{TP,god} = 0 \quad (8.4.)$$

da je reč o klasičnom sistemu grejanja, tj. bez TP.

Ukupna godišnja ušteda u potrošnji toplote definisana je količinom toplote koju objekat dobije od TP, odnosno sledećim izrazom:

$$Q_{god,u} = f_{TP,god} \cdot Q_{god} \quad (kWh / god). \quad (8.5.)$$

Navedenoj godišnjoj uštedi u potrošnji toplote odgovara sledeća godišnja ušteda u potrošnji gasa, odnosno primarne energije:

$$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot Q_{god,u}}{\eta_k \cdot H_u} \quad (m^3 / god) \quad (8.6.)$$

odnosno:

$$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot f_{TP,god} \cdot Q_{god}}{\eta_k \cdot H_u} \quad (m^3 / god). \quad (8.7.)$$

Za jediničnu cenu gasa C_g (€/m³), novčana godišnja ušteda određena je izrazom:

$$U_{g,god,u} = C_g \cdot V_{g,god,u} \quad (€ / god). \quad (8.8.)$$

Ukupna novčana godišnja ušteda, dobijena smanjenjem potrošnje primarne energije, umanjuje se za vrednost godišnje potrošnje elektro energije (sekundarne, finalne) kod pojedinih uređaja sistema.

Sonde i registri u zemlji

Za sistem sa sondama i registrima u zemlji, potrošači elektro energije jesu toplotne i cirkulacione pumpe pojedinih sistema, te je ukupna godišnja potrošnja elektro energije određena izrazom:

$$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god} \quad (kWh / god). \quad (8.9.)$$

Prema izrazu (6.3.) za koeficijent grejanja TP može se pisati da je:

$$e_{gr} = \frac{Q_{TP,god}}{E_{TP,god}} \quad (8.10)$$

odakle je godišnja potrošnja elektro energije za pogon TP određena izrazom:

$$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}} \quad (kWh / god). \quad (8.11.)$$

Za broj sati rada cirkulacione pumpe u toku godine n_{CP} (h/god) i elektro snagu motora cirkulacione pumpe N_{CP} (kW), godišnja potrošnja elektro energije za rad cirkulacione pumpe definisana je jednačinom:

$$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP} \quad (kWh / god) \quad (8.12.)$$

te je ukupna potrošnja elektro energije sistema određena sa:

$$E_{god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}} + n_{CP} \cdot N_{CP} \quad (kWh / god). \quad (8.13.)$$

Za ukupni godišnji trošak elektro energije sistema:

$$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god} \quad (€ / god) \quad (8.14.)$$

ukupna godišnja novčana ušteda iznosi:

$$U_{god} = U_{g,god,u} - T_{e,god} \quad (€ / god) \quad (8.15.)$$

odnosno:

$$U_{god} = U_{g,god,u} - C_e \cdot \left(\frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}} + n_{CP} \cdot N_{CP} \right) \quad (€ / god). \quad (8.16.)$$

Podzemna i površinska voda

Prilikom upotrebe podzemne i površinske vode, a u odnosu na sonde i registre u zemlji, sistem umesto cirkulacione pumpe (zatvoreni krug) sadrži potopnu pumpu za vodu, koja ima veću elektro snagu motora, te je veća i godišnja potrošnja električne energije sistema.

U ovom slučaju važe redom jednačine:

$$E_{PP,god} = n_{PP} \cdot N_{PP} \quad (kWh / god) \quad (8.17.)$$

$$E_{god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}} + n_{PP} \cdot N_{PP} \quad (kWh / god) \quad (8.18.)$$

te se umesto izraza (8.16.) piše da je:

$$U_{god} = U_{g,god,u} - C_e \cdot \left(\frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}} + n_{PP} \cdot N_{PP} \right) \quad (\text{€} / god). \quad (8.19.)$$

Spoljašnji vazduh

Kada je reč o upotrebi spoljašnjeg vazduha, odnosno o primeni TP vazduh/voda ili vazduh/vazduh, tada na strani TP prema spoljnjem vazduhu dodatni potrošač elektro energije jeste ventilator, koji spoljni vazduh nastrujava preko isparivača TP.

Za ovaj slučaj važe redom jednačine:

$$E_{V,god} = n_V \cdot N_V \quad (kWh / god) \quad (8.20.)$$

$$E_{god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}} + n_V \cdot N_V \quad (kWh / god) \quad (8.21.)$$

kao i:

$$U_{god} = U_{g,god,u} - C_e \cdot \left(\frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}} + n_V \cdot N_V \right) \quad (\text{€} / god). \quad (8.22.)$$

8.3. Ocena ekonomske opravdanosti

Ocena ekonomske opravdanosti upotrebe OIE donosi se na osnovu sračunate vrednosti parametra o vremenu povraćaja povećanih investicionih ulaganja u sistem sa OIE, a u odnosu na investiciona ulaganja u sistem sa klasičnim izvorom toplote. Ovaj parametar definisan je jednačinom:

$$\tau = \frac{\Delta I}{U_{god}} \quad (god). \quad (8.23.)$$

Povećana investiciona ulaganja određena su izrazom:

$$\Delta I = I_{OIE} - I_K \quad (€) \quad (8.24.)$$

te izraz (8.23.) glasi:

$$\tau = \frac{I_{OIE} - I_K}{U_{god}} \quad (god). \quad (8.25.)$$

U slučaju kada je klasični izvor toplote gasni kotao, tada bi investiciona ulaganja I_K (€) obuhvatila sledeće troškove:

- energetska saglasnost,
- spoljni priključak,
- instalaciju gasa u objektu,
- gasni kotao i prateću opremu.

Imenilac izraza (8.25.) predstavlja ukupne godišnje uštede ostvarene u potrošnji energije $U_{e,god}$ (€/god) koje se umanjuju za određene pogonske troškove. Ti troškovi su stalni i odnose se na amortizaciju i održavanje za povećana investiciona ulaganja, te se ukupne godišnje uštede iskazuju izrazom:

$$U_{god} = U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot \Delta I \quad (€/god) \quad (8.26.)$$

gde je:

- p_a (%/god) – procenat amortizacije,
- p_o (%/god) – procenat održavanja.

Konačan opšti izraz za određivanje vremena povraćaja investicionih ulaganja glasi:

$$\tau = \frac{I_{OIE} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{OIE} - I_K)} \quad (god). \quad (8.27.)$$

Ako se uzmu u obzir subvencije države za ulaganja u sistem sa OIE, tada se umesto izraza (8.23) piše da je:

$$\tau = \frac{\Delta I_{sub}}{U_{god}} \quad (god). \quad (8.28.)$$

Za koeficijent subvencije f_{sub} (%), povećana investiciona ulaganja određena su izrazom:

$$\Delta I_{sub} = (1 - f_{sub}) \cdot I_{OIE} - I_K \quad (€) \quad (8.29.)$$

te se vreme povraćaja investicionih ulaganja u sistem sa OIE određuje prema opštoj jednačini:

$$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{OIE} - I_K}{U_{god}} \quad (god) \quad (8.30.)$$

odnosno u konačnom obliku:

$$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{OIE} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{OIE} - I_K)} \quad (god). \quad (8.31.)$$

8.4. Primeri proračuna za objekte u AP Vojvodini

8.4.1. Stambeni objekat

Usvojeni polazni podaci i parametri stambenog objekta (porodične kuće) dati su u tabeli 8.5.

Tabela 8.5. Usvojeni podaci i parametri stambenog objekta

R.b.	Podatak/Parametar	Podatak/Vrednost
1.	Vrsta objekta	Stambeni Porodična kuća
2.	Ukupna neto površina	200 m ²
3.	Specifično projektno toplotno opterećenje grejanja q (W/m ²)	50W/m ²
4.	Klimatsko područje	Novi Sad
5.	Instalacija grejanja	Podna

Primer proračuna investicionih ulaganja, energetske uštede i vremena povraćaja investicionih ulaganja, uradiće se za monovalentan i bivalentno-paralelan režim rada toplotne pumpe. Dodatni toplotni izvor je gasni kotao.

Monovalentni režim rada toplotne pumpe

$$f_{TP}=1,0$$

Sonde u zemlji

$$q_{zs}=50W/m$$

Tabela 8.6. Investiciona ulaganja za sistem sa sondama u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda kapacitet 10kW	1	3.500	3.500
2. U sonda DN 40 dužine 75m	2	375	750
3. Povezne cevi PE DN 40	40	2	80
4. Ostala oprema	-	-	200
Ukupno: $I_{zs,M} = 4.530 \text{ €}$			
Građevinski radovi			

5. Bušotina Ø 150mm na dubini 75m	2	1.125	2.250
Ukupno: $I_{ZS,GR} = 2.250 \text{ €}$			

Tabela 8.7. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa sondom u zemlji ($f_{TP}=1$)

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	A	m^2	200
2.	q	W / m^2	50
3.	$Q = q \cdot A \cdot 10^{-3}$	kW	10
4.	t_p	$^{\circ}C$	19
5.	t_{sp}	$^{\circ}C$	-14,8
6.	t_{god}	$^{\circ}C$	+5,2
7.	Z	dan / god	181
8.	y	-	0,63
9.	e_t	-	0,95
10.	e_b	-	1,0
11.	$e = e_t \cdot e_b$	-	0,95
12.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	kWh / god	10.615
13.	$f_{TP,god}$	-	1
14.	$Q_{god,u} = f_{TP} \cdot Q_{god}$	kWh / god	10.615
15.	η_k	-	0,9
16.	H_u	kJ / m^3	33500
17.	$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot Q_{god,u}}{\eta_k \cdot H_u}$	m^3 / god	1.267
18.	C_g	$€/m^3$	0,45
19.	$U_{g,god,u} = C_g \cdot V_{g,god,u}$	$€/ god$	570
20.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	10.615
21.	e_{gr}	-	4

22.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	kWh / god	2.654
23.	n_{CP}	h / god	1600
24.	N_{CP}	kW	0,20
25.	$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP}$	kWh / god	320
26.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god}$	kWh / god	2.974
27.	C_e	€/kWh	0,05
28.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	€/god	149
29.	$U_{god} = U_{g,god,u} - T_{e,god}$	€/god	421
30.	$I_{ZS,M}$	€	4.530
31.	$I_{ZS,GR}$	€	2.250
32.	$I_{ZS} = I_{ZS,M} + I_{ZS,GR}$	€	6.780
33.	I_K	€	3.000
34.	$U_{e,god} = U_{god}$	€	421
35.	p_a	% / god	0,7
36.	p_o	% / god	0,3
37.	f_{sub}	%	0
38.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{ZS} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{ZS} - I_K)}$	god	9,9

I_K (€) – Umanjena investiciona ulaganja za Energetsku saglasnost distributeru gasa, gasni priključak, gasni kotao, overu projekta i tehnički pregled

Registri u zemlji

$$q_{ZR} = 25 \text{ W/m}^2$$

Tabela 8.8. Investiciona ulaganja za sistem sa registrima u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m, m ³)	Cena po komadu (€/kom, €/m, €/m ³)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda	1	3.500	3.500

kapacitet 10kW			
2. Cevi PE DN 32	378	1,5	567
3. Ostala oprema	-	-	200
Ukupno: $I_{ZR,M} = 4.267 \text{ €}$			
Građevinski radovi			
5. Iskop i nasipanje rova sa nabijanjem zemlje površine 286m^2 i dubine 1,5m	429m^3	4,5	1.930
Ukupno: $I_{ZR,GR} = 1.930 \text{ €}$			

Usvojeni podaci:

Za usvojene cevi registara u zemlji:	
- PE DN 32	
- Razmak između cevi 0,8m	
- Ukupna dužina cevi iznosi:	
- U vrtu:	$286 : 0,8 = 358\text{m}$
- Od vrta do toplotne pumpe:	<u>20m</u>
	Ukupno: 378m

Tabela 8.9. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa registrima u zemlji ($f_{TP}=1$)

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	A	m^2	200
2.	q	W / m^2	50
3.	$Q = q \cdot A \cdot 10^{-3}$	kW	10
4.	t_p	$^{\circ}\text{C}$	19
5.	t_{sp}	$^{\circ}\text{C}$	-14,8
6.	t_{god}	$^{\circ}\text{C}$	+5,2
7.	Z	dan / god	181
8.	y	-	0,63
9.	e_t	-	0,95
10.	e_b	-	1

11.	$e = e_t \cdot e_b$	-	0,95
12.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	kWh / god	10.615
13.	$f_{TP,god}$		1
14.	$Q_{god,u} = f_{TP} \cdot Q_{god}$	kWh / god	10.615
15.	η_k		0,9
16.	H_u	kJ / m ³	33500
17.	$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot Q_{god,u}}{\eta_k \cdot H_u}$	m ³ / god	1.267
18.	C_g	€/m ³	0,45
19.	$U_{g,god,u} = C_g \cdot V_{g,god,u}$	€/ god	570
20.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	10.615
21.	e_{gr}	-	3,5
22.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	kWh / god	3.033
23.	n_{CP}	h / god	1600
24.	N_{CP}	kW	0,20
25.	$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP}$	kWh / god	320
26.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god}$	kWh / god	3.353
27.	C_e	€/kWh	0,05
28.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	€/ god	168
29.	$U_{god} = U_{g,god,u} - T_{e,god}$	€/ god	402
30.	$I_{ZR,M}$	€	4.267
31.	$I_{ZR,GR}$	€	1.930
32.	$I_{ZR} = I_{ZR,M} + I_{ZR,GR}$	€	6.197
33.	I_K	€	3.000
34.	$U_{e,god} = U_{god}$	€	402
35.	p_a	% / god	0,7
36.	p_o	% / god	0,3
37.	f_{sub}	%	0

38.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{ZR} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{ZR} - I_K)}$	god	8,6
-----	--	-----	-----

I_K (€) – Umanjena investiciona ulaganja za Energetsku saglasnost distributeru gasa, gasni priključak, gasni kotao, overu projekta i tehnički pregled

Podzemna voda

Tabela 8.10. Investiciona ulaganja za sistem sa podzemnom vodom

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa voda/voda, kapacitet 10kW	1	3.500	3.500
2. Pumpa izvornog bunara	1	400	400
3. Cevi PE DN 50	100	2,5	250
4. Ostala oprema	-	-	200
Ukupno: $I_{PV, M} = 4.350$ €			
Građevinski radovi			
5. Bušenje bunara Ø 70mm na dubini 35m, za izvorni i potisni bunar	2	525	1.050
Ukupno: $I_{PV, GR} = 1.050$ €			

Tabela 8.11. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa podzemnom vodom ($f_{TP}=1$)

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	A	m^2	500
2.	q	W / m^2	30
3.	$Q = q \cdot A \cdot 10^{-3}$	kW	15
4.	t_p	$^{\circ}C$	19
5.	t_{sp}	$^{\circ}C$	-14,8
6.	t_{god}	$^{\circ}C$	+5,2
7.	Z	dan / god	181

8.	y	-	0,63
9.	e_i	-	0,95
10.	e_b	-	1,0
11.	$e = e_i \cdot e_b$	-	0,95
12.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	kWh / god	10.615
13.	$f_{TP,god}$	-	1
14.	$Q_{god,u} = f_{TP} \cdot Q_{god}$	kWh / god	10.615
15.	η_k	-	0,9
16.	H_u	kJ / m^3	33500
17.	$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot Q_{god,u}}{\eta_k \cdot H_u}$	m^3 / god	1.267
18.	C_g	$€/m^3$	0,45
19.	$U_{g,god,u} = C_g \cdot V_{g,god,u}$	$€/ god$	570
20.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	10.615
21.	e_{gr}	-	4
22.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	kWh / god	2.654
23.	n_{PP}	h / god	1600
24.	N_{PP}	kW	0,35
25.	$E_{PP,god} = n_{PP} \cdot N_{PP}$	kWh / god	560
26.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{PP,god}$	kWh / god	3.214
27.	C_e	$€/kWh$	0,05
28.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	$€/ god$	161
29.	$U_{god} = U_{g,god,u} - T_{e,god}$	$€/ god$	409
30.	$I_{PV,M}$	€	4.350
31.	$I_{PV,GR}$	€	1.050
32.	$I_{PV} = I_{PV,M} + I_{PV,GR}$	€	5.400
33.	I_K	€	3.000
34.	$U_{e,god} = U_{god}$	€	409

35.	p_a	% / god	0,7
36.	p_o	% / god	0,3
37.	f_{sub}	%	0
38.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{PV} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{PV} - I_K)}$	god	6,3

I_K (€) – Umanjena investiciona ulaganja za Energetsku saglasnost distributeru gasa, gasni priključak, gasni kotao, overu projekta, tehnički pregled.

Napomena: Prikazani tabelarni proračun važi za slučaj kada je kvalitet podzemne vode takav da ne zahteva prethodnu mehaničku ili hemijsku pripremu, a time izostaju i investiciona ulaganja za opremu potrebnu za prethodnu pripremu vode.

Bivalentno-paralelni režim rada toplotne pumpe

Toplotna pumpa – gasni kotao

Prema elaboratu: „Analiza termodinamičkih i hidrauličkih uslova rada sistema daljinskog grejanja sa TE-TO Novi Sad sa baznim izvorom u grejnoj sezoni 2009./2010. godine i dugoročno predviđanje potrebe za toplotnom energijom grada Novog Sada” [45], koji je izradio Fakultet tehničkih nauka, Pokrajinski centar za energetsku efikasnost, 2010. godine, a za potrebe JKP „Novosadska toplana”, osnovno toplotno opterećenje grejanja sistema daljinskog grejanja Novog Sada iznosi 50% od maksimalnog (projektnog) toplotnog opterećenja.

Prema istom elaboratu, osnovno toplotno opterećenje grejanja pokriva 76% potrošnje toplotne energije u sezoni grejanja.

Navedeni podaci važe za klimatske uslove Novog Sada, koji su isti/slični za celu teritoriju AP Vojvodine i, na dalje, usvajaju se kao relevantni za AP Vojvodinu.

Za dalje proračune i analize u ovoj Studiji, a prema navedenom elaboratu, usvaja se da TP, a time i podna instalacija grejanja, pokriva 50% projektnog toplotnog opterećenja objekta:

$$f_{TP} = 0,5,$$

i da pokrivenost TP u godišnjim potrebama u toplotnoj energiji za grejanje objekta iznosi:

$$f_{TP, god} = 0,76$$

Registri u zemlji

$$q_{ZR} = 25W/m^2$$

Tabela 8.12. Investiciona ulaganja za sistem sa registrima u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m, m ³)	Cena po komadu (€/kom, €/m, €/m ³)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda kapacitet 5kW	1	3.500	2.300
2. Cevi PE DN 32	199	1,5	299
3. Ostala oprema	-	-	150
Ukupno: $I_{ZR, M} = 2.749 \text{ €}$			
Građevinski radovi			
5. Iskop i nasipanje rova sa nabijanjem zemlje površine 143m ² i dubine 1,5m	215m ³	4,5	968
Ukupno: $I_{ZR, GR} = 968 \text{ €}$			

Usvojeni podaci:

Za usvojene cevi registara u zemlji:

- PE DN 32
 - Razmak između cevi 0,8m
 - Ukupna dužina cevi iznosi:
 - U vrtu: $143 : 0,8 = 179m$
 - Od vrta do toplotne pumpe: 20m
- Ukupno: 199m

Tabela 8.13. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa registrima u zemlji ($f_{TP}=0,5$)

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	A	m^2	200
2.	q	W / m^2	50
3.	$Q = q \cdot A \cdot 10^{-3}$	kW	10
4.	t_p	$^{\circ}C$	19
5.	t_{sp}	$^{\circ}C$	-14,8
6.	t_{god}	$^{\circ}C$	+5,2
7.	Z	dan / god	181
8.	y	-	0,63
9.	e_t	-	0,95
10.	e_b	-	1
11.	$e = e_t \cdot e_b$	-	0,95
12.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	kWh / god	10.615
13.	$f_{TP,god}$		0,76
14.	$Q_{god,u} = f_{TP} \cdot Q_{god}$	kWh / god	8.067
15.	η_k		0,9
16.	H_u	kJ / m^3	33500
17.	$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot Q_{god,u}}{\eta_k \cdot H_u}$	m^3 / god	963
18.	C_g	$€/m^3$	0,45
19.	$U_{g,god,u} = C_g \cdot V_{g,god,u}$	$€/ god$	433
20.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	8.067
21.	e_{gr}	-	3,5
22.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	kWh / god	2.305
23.	n_{CP}	h / god	1600
24.	N_{CP}	kW	0,15
25.	$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP}$	kWh / god	240

26.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god}$	<i>kWh/god</i>	2.545
27.	C_e	<i>€/kWh</i>	0,05
28.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	<i>€/god</i>	127
29.	$U_{god} = U_{g,god,u} - T_{e,god}$	<i>€/god</i>	306
30.	$I_{ZR,M}$	<i>€</i>	2.749
31.	$I_{ZR,GR}$	<i>€</i>	968
32.	$I_{ZR} = I_{ZR,M} + I_{ZR,GR}$	<i>€</i>	3.717
33.	I_K	<i>€</i>	1.000
34.	$U_{e,god} = U_{god}$	<i>€</i>	306
35.	p_a	<i>% / god</i>	0,7
36.	p_o	<i>% / god</i>	0,3
37.	f_{sub}	<i>%</i>	0
38.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{ZR} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{ZR} - I_K)}$	<i>god</i>	9,8

I_K (€) – Umanjena investiciona ulaganja za Energetsku saglasnost distributeru gasa, gasni priključak, gasni kotao, overu projekta, tehnički pregled

8.4.2. Poslovni objekat

Usvojeni polazni podaci i parametri poslovnog objekta dati su u tabeli 8.14.

Tabela 8.14. Usvojeni podaci i parametri poslovnog objekta

R.b.	Podatak/Parametar	Podatak/Vrednost
1.	Vrsta objekta	Poslovni
2.	Ukupna neto površina	3.000m ²
3.	Specifično projektno toplotno opterećenje grejanja q (W/m ²)	90W/m ²
4.	Klimatsko područje	Novi Sad
5.	Instalacija grejanja	Podna / Podna i radijatorska
6.	Toplotno opterećenje zbog ventilacije objekta	180.000W
7.	Dodatni toplotni izvor	Podstanica daljinskog grejanja

Za navedene podatke u tabeli 8.14. ukupno toplotno opterećenje objekta, iznosi:

- grejanje objekta: 270.000W
- ventilacija objekta: 180.000W
- Ukupno: 450.000W

Za korišćenje OIE i primenu toplotne pumpe usvaja se rešenje da osnovno toplotno opterećenje objekta pokriva toplotna pumpa, sa sledećim učešćem u pokrivanju toplotnog opterećenja objekta:

$$f_{TP} = 0,5$$

odnosno učešćem TP u godišnjim potrebama u toplotnoj energiji za grejanje objekta:

$$f_{TP, god} = 0,76 .$$

Usvajanjem učešća TP u pokrivanju projektnog toplotnog opterećenja grejanja $f_{TP}=0,5$ i za poznate toplotne gubitke objekta, sistem sa OIE pokriva sledeće gubitke toplote:

$$Q = 135.000W$$

te bi za ukupnu grejnu površinu objekta prosečno specifično toplotno opterećenje podne instalacije iznosilo:

$$q = 45W / m^2 .$$

Na osnovu dosadašnjih analiza konstatuje se da u okviru usvojenog rešenja sistema grejanja podna instalacija pokriva osnovno toplotno opterećenje grejanja objekta.

Dodatna radijatorska instalacija grejanja uključivaće se za pokrivanje vršnih (maksimalnih) toplotnih opterećenja i radiće u paralelnom radu sa podnom instalacijom.

Za prostorije sa najvećim gubicima toplote, povećani toplotni učinak podne instalacije grejanja postiže se smanjenjem razmaka između podnih cevi uz ivičnu zonu, gde se dozvoljava da temperatura površine poda može iznositi do 35°C. U praksi se najčešće koristi razmak 10cm za ivičnu zonu i 15cm za boravišnu zonu [8].

Na osnovu usvojenog rešenja, toplotna opterećenja pojedinih instalacija su:

- podna instalacija: 135.000W
 - radijatorska instalacija: 135.000W
 - vazдушna instalacija (ventilacija): 180.000W
- Ukupno: 450.000W

odnosno pojedinih toplotnih izvora:

- toplotna podstanica: 315.000W
 - obnovljivi izvor energije: 135.000W
- Ukupno: 450.000W

Prilikom proračuna investicionih ulaganja i ekonomske opravdanosti, cene toplotne i električne energije, kao i fiksni deo za instalisane snage, dobijene su od JKP „Novosadaka toplana” i privrednog društva za distribuciju električne energije „Elektrovojvodina” – Novi Sad. Cene se odnose za poslovne objekte u Novom Sadu i iznose:

- cena toplotne energije: $C_q=0,047\text{€/kWh}$,
- fiksni deo za instalisanu toplotnu snagu: $1,29\text{€/kW}$,
- energetska saglasnost za toplotnu energiju: 27€/kW ,
- cena električne energije: $C_e=0,066\text{€/kWh}$,
- fiksni deo za instalisanu elektro snagu: $0,31\text{€/kW}$,
- energetska saglasnost za električnu energiju: $14,7\text{€/kW}$.

Bivalentno-paralelni režim rada toplotne pumpe

Toplotna pumpa – podstanica daljinskog grejanja

Sonde u zemlji

Slučaj 1: $f_{TP} = 0,5 (Q_{TP} = 0,5 \cdot Q)$, $q_{zS}=55\text{W/m}$

Tabela 8.15. Investiciona ulaganja za sistem sa sondama u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda	2	12.000	24.000

kapacitet 70kW			
2.U sonda DN 40 dužine 122m	15	605	9.075
3. Povezne cevi PE	-	-	1.000
4. Ostala oprema	-	-	500
Ukupno: $I_{ZS,M} = 34.575 \text{ €}$			
Građevinski radovi			
5. Bušotina Ø 150mm na dubini 122m	15	1.820	27.300
Ukupno: $I_{ZS,GR} = 27.300 \text{ €}$			

Tabela 8.16. Investiciona ulaganja prema javnim preduzećima

Vrsta troškova	Instalisana snaga	Cena po instalisanoj snazi	Ukupna cena
Energetska saglasnost (ES)	(kW)	(€/kW)	(€)
1.Umanjen iznos ES za toplotnu energiju	135	27,3	3.686
2. Uvećan iznos ES za električnu energiju	35	14,7	515
Ukupno umanjani iznos za ES: $I_{ES} = 3.171 \text{ €}$			

Tabela 8.17. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa sondom u zemlji

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	Q	kW	270.000
2.	t_p	$^{\circ}C$	20
3.	t_{sp}	$^{\circ}C$	-14,8
4.	t_{god}	$^{\circ}C$	+5,2
5.	Z	dan / god	181
6.	y	-	0,63
7.	e_t	-	0,9
8.	e_b	-	0,9
9.	$e = e_t \cdot e_b$	-	0,81

10.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	<i>kWh / god</i>	254.543
11.	$f_{TP,god}$	-	0,76
12.	$Q_{god,u} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	<i>kWh / god</i>	193.453
13.	C_q	<i>€/kWh</i>	0,047
14.	$U_{q,god} = C_q \cdot Q_{god,u}$	€	9.092
15.	$f_{q,mes}$	<i>€/kW</i>	1,3
16.	$F_{q,god} = 12 \cdot f_{q,mes} \cdot Q_{TP}$	<i>€/ god</i>	2.106
17.	$f_{e,mes}$	<i>€/kW</i>	0,31
18.	$N_{TP} \quad (2TP)$	<i>kW</i>	35
19.	$F_{e,god} = 12 \cdot f_{e,mes} \cdot N_{TP}$	<i>€/ god</i>	130
20.	$U_{god} = U_{q,god} + F_{q,god} - F_{e,god}$	<i>€/ god</i>	11.068
21.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	<i>kWh / god</i>	193.453
22.	e_{gr}	-	4
23.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	<i>kWh / god</i>	48.363
24.	n_{CP}	<i>h / god</i>	1.600
25.	$N_{CP} \quad (2CP)$	<i>kW</i>	0,6
26.	$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP}$	<i>kWh / god</i>	960
27.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god}$	<i>kWh / god</i>	44.393
28.	C_e	<i>€/kWh</i>	0,066
29.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	<i>€/ god</i>	2.930
30.	$\Sigma U_{god} = U_{god} - T_{e,god}$	<i>€/ god</i>	8.138
31.	$I_{ZS,M}$	€	34.575
32.	$I_{ZS,GR}$	€	27.300
33.	I_{ES}	€	3.171
34.	$I_{ZS} = I_{ZS,M} + I_{ZS,GR} - I_{ES}$	€	58.704
35.	ΔI_P	€	4.000
36.	p_a	<i>% / god</i>	0,7

37.	p_o	% / god	0,3
38.	f_{sub}	%	0
39.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{ZS} - \Delta I_P}{\Sigma U_{god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{ZS} - \Delta I_P)}$	god	7.2

ΔI_P – smanjena investiciona ulaganja u toplotnu podstanicu

Rezultati u tabeli 7.22. odnose se za Slučaj 1 – usvojeno rešenje kada TP pokriva 50% toplotno opterećenje objekta (osnovno toplotno opterećenje), dok drugi deo od 50% (vršno toplotno opterećenje) pokriva toplotna podstanica daljinskog grejanja.

Zbog provere usvojenog rešenja u tabeli 8.17. daju se rezultati proračuna za Slučaj 2 kada TP pokriva 100% toplotno opterećenje objekta. Ovi rezultati su neophodni i za donošenje odgovarajućih zaključaka.

Monovalentni režim rada toplotne pumpe

Slučaj 2: $f_{TP} = 1,0 (Q_{TP} = Q)$, $q_{ZS} = 55W/m$

Tabela 8.18. Investiciona ulaganja za sistem sa sondama u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda kapacitet 70kW	4	12.000	48.000
2. U sonda DN 40 dužine 122m	30	605	18.150
3. Povezne cevi PE	-	-	2.000
4. Ostala oprema	-	-	1.000
Ukupno: $I_{ZS, M} = 69.150 \text{ €}$			
Građevinski radovi			
5. Bušotina Ø 150mm na dubini 122m	30	1.820	54.600
Ukupno: $I_{ZS, GR} = 54.600 \text{ €}$			

Tabela 8.19. Investiciona ulaganja prema javnim preduzećima

Vrsta troškova	Instalisana snaga	Cena po instalisanoj snazi	Ukupna cena
Energetska saglasnost (ES)	(kW)	(€/kW)	(€)
1.Umanjen iznos ES za toplotnu energiju	270	27,3	7.371
2. Uvećan iznos ES za električnu energiju	70	14,7	1.029
Ukupno umanjani iznos za ES: $I_{ES} = 6.342 \text{ €}$			

Tabela 8.20. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa sondom u zemlji

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	Q	kW	270.000
2.	t_p	$^{\circ}C$	20
3.	t_{sp}	$^{\circ}C$	-14,8
4.	t_{god}	$^{\circ}C$	+5,2
5.	Z	dan / god	181
6.	y	-	0,63
7.	e_i	-	0,9
8.	e_b	-	0,9
9.	$e = e_i \cdot e_b$	-	0,81
10.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	kWh / god	254.543
11.	$f_{TP,god}$	-	1,0
12.	$Q_{god,u} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	254.543
13.	C_q	$€/kWh$	0,047
14.	$U_{q,god} = C_q \cdot Q_{god,u}$	$€$	11.963
15.	$f_{q,mes}$	$€/kW$	1,3
16.	$F_{q,god} = 12 \cdot f_{q,mes} \cdot Q_{TP}$	$€/ god$	4.212
17.	$f_{e,mes}$	$€/kW$	0,31
18.	$N_{TP} (4 TP)$	kW	70

19.	$F_{e,god} = 12 \cdot f_{e,mes} \cdot N_{TP}$	€/ god	260
20.	$U_{god} = U_{q,god} + F_{q,god} - F_{e,god}$	€/ god	15.915
21.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	254.543
22.	e_{gr}	-	4
23.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	kWh / god	63.636
24.	n_{CP}	h / god	1.600
25.	$N_{CP} (4 CP)$	kW	1,2
26.	$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP}$	kWh / god	1.920
27.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god}$	kWh / god	65.556
28.	C_e	€/ kWh	0,066
29.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	€/ god	4.327
30.	$\Sigma U_{god} = U_{god} - T_{e,god}$	€/ god	11.588
31.	$I_{ZS,M}$	€	69.150
32.	$I_{ZS,GR}$	€	54.600
33.	I_{ES}	€	6.342
34.	$I_{ZS} = I_{ZS,M} + I_{ZS,GR} - I_{ES}$	€	117.408
35.	ΔI_P	€	7.000
36.	p_a	% / god	0,7
37.	p_o	% / god	0,3
38.	f_{sub}	%	0
39.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{ZS} - \Delta I_P}{\Sigma U_{god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{ZS} - \Delta I_P)}$	god	10,5

ΔI_P – smanjena investiciona ulaganja u toplotnu podstanicu

8.4.3. Sportska hala u Bačkom Petrovcu



Prema Glavnom projektu grejanja, ukupno projektno toplotno opterećenje grejanja sportske hale u Bačkom Petrovcu iznosi:

$$Q = 113.840W .$$

Sistem grejanja je projektovan i izveden sa gasnom kotlarnicom kao toplotnim izvorom i radijatorskom instalacijom grejanja.

U okviru ove Studije razmatra se mogućnost grejanja sportske sale pomoću OIE i toplotne pumpe. Ostale pomoćne prostorije i komunikacije imaju radijatorsku instalaciju grejanja. Usvojeni polazni podaci i parametri sportske sale dati su u tabeli 8.21.

Tabela 8.21. Usvojeni podaci i parametri sportskog objekta

R.b.	Podatak/Parametar	Podatak/Vrednost
1.	Vrsta objekta	Sportski Sportska sala
2.	Ukupna neto površina	950m ²
3.	Specifično projektno toplotno opterećenje grejanja q (W/m ²)	48W/m ²
4.	Klimatsko područje	Bački Petrovac
5.	Instalacija grejanja	Podna/Podna i radijatorska

Primer proračuna investicionih ulaganja, energetskih ušteda i vremena povraćaja investicionih ulaganja, uradiće se za monovalentan i bivalentno-paralelan režim rada toplotne pumpe. Dodatni toplotni izvor je gasni kotao.

Monovalentni režim rada toplotne pumpe

$$f_{TP}=1,0$$

Sonde u zemlji

$$q_{zs}=50W/m$$

Tabela 8.22. Investiciona ulaganja za sistem sa sondama u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda kapacitet 50kW	1	7.000	7.000
2. U sonda DN 40 dužine 100m	7	500	3.500
3. Povezne cevi PE DN 40	200	2	400
4. Ostala oprema	-	-	150
Ukupno: $I_{zs, M} = 11.050€$			
Građevinski radovi			
5. Bušotina Ø 150mm na dubini 100m	7	1.500	10.500
Ukupno: $I_{zs, GR} = 10.500 €$			

Tabela 8.23. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa sondom u zemlji ($f_{TP}=1$)

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	A	m^2	950
2.	q	W / m^2	48
3.	$Q = q \cdot A \cdot 10^{-3}$	kW	45,6
4.	t_p	$^{\circ}C$	15
5.	t_{sp}	$^{\circ}C$	-14,8
6.	t_{god}	$^{\circ}C$	+5,2
7.	Z	dan / god	181
8.	y	-	0,63
9.	e_t	-	0,90
10.	e_b	-	0,90
11.	$e = e_t \cdot e_b$	-	0,81
12.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	kWh / god	33.242
13.	$f_{TP,god}$	-	1
14.	$Q_{god,u} = f_{TP} \cdot Q_{god}$	kWh / god	33.242
15.	η_k	-	0,9
16.	H_u	kJ / m^3	33500
17.	$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot Q_{god,u}}{\eta_k \cdot H_u}$	m^3 / god	3.969
18.	C_g	$€/m^3$	0,45
19.	$U_{g,god,u} = C_g \cdot V_{g,god,u}$	$€/ god$	1.786
20.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	33.242
21.	e_{gr}	-	4
22.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	kWh / god	8.310
23.	n_{CP}	h / god	1600
24.	N_{CP}	kW	0,20
25.	$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP}$	kWh / god	320

26.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god}$	<i>kWh/god</i>	8.630
27.	C_e	<i>€/kWh</i>	0,05
28.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	<i>€/god</i>	431
29.	$U_{god} = U_{g,god,u} - T_{e,god}$	<i>€/god</i>	1.355
30.	$I_{ZS,M}$	<i>€</i>	11.050
31.	$I_{ZS,GR}$	<i>€</i>	10.500
32.	$I_{ZS} = I_{ZS,M} + I_{ZS,GR}$	<i>€</i>	21.550
33.	I_K	<i>€</i>	3.000
34.	$U_{e,god} = U_{god}$	<i>€</i>	1.365
35.	p_a	<i>% / god</i>	0,7
36.	p_o	<i>% / god</i>	0,3
37.	f_{sub}	<i>%</i>	0
38.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{ZS} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{ZS} - I_K)}$	<i>god</i>	15,7

I_K (€) – Umanjena investiciona ulaganja prema distributeru gasa: Energetska saglasnost, izrada gasnog priključka, overa projekta, tehnički pregled, kao i za izvođenje gasne kotlarnice.

Bivalentno-paralelni režim rada toplotne pumpe

Toplotna pumpa – gasna kotlarnica

$$f_{TP}=0,5$$

Sonde u zemlji

$$q_{ZS}=50W/m$$

Tabela 8.24. Investiciona ulaganja za sistem sa sondama u zemlji

Oprema	Broj komada (kom, m)	Cena po komadu (€/kom, €/m)	Ukupna cena (€)
Mašinski radovi			
1. Toplotna pumpa zemlja/voda kapacitet 25kW	1	5.000	5.000
2. U sonda DN 40 dužine 88m	4	440	1.760
3. Povezne cevi PE DN 40	100	2	200
4. Ostala oprema	-	-	150
Ukupno: $I_{ZS, M} = 7.110 \text{ €}$			
Građevinski radovi			
5. Bušotina Ø 150mm na dubini 88m	4	1.320	5.280
Ukupno: $I_{ZS, GR} = 5.280 \text{ €}$			

Tabela 8.25. Vreme povraćaja ulaganja za sistem sa sondom u zemlji ($f_{TP}=0,5$)

Redni broj	Veličina / Izraz	Jedinica	Vrednost
1.	A	m^2	950
2.	q	W / m^2	48
3.	$Q = q \cdot A \cdot 10^{-3}$	kW	45,6
4.	t_p	$^{\circ}C$	15
5.	t_{sp}	$^{\circ}C$	-14,8
6.	t_{god}	$^{\circ}C$	+5,2
7.	Z	dan / god	181
8.	y	-	0,63
9.	e_t	-	0,90
10.	e_b	-	0,90

11.	$e = e_t \cdot e_b$	-	0,81
12.	$Q_{god} = \frac{24 \cdot Q \cdot Z \cdot (t_p - t_{god})}{t_p - t_{sp}} \cdot y \cdot e$	kWh / god	33.242
13.	$f_{TP,god}$	-	0,76
14.	$Q_{god,u} = f_{TP} \cdot Q_{god}$	kWh / god	25.264
15.	η_k	-	0,9
16.	H_u	kJ / m ³	33500
17.	$V_{g,god,u} = \frac{3600 \cdot Q_{god,u}}{\eta_k \cdot H_u}$	m ³ / god	3.016
18.	C_g	€/m ³	0,45
19.	$U_{g,god,u} = C_g \cdot V_{g,god,u}$	€/ god	1.357
20.	$Q_{TP,god} = f_{TP,god} \cdot Q_{god}$	kWh / god	25.264
21.	e_{gr}	-	4
22.	$E_{TP,god} = \frac{Q_{TP,god}}{e_{gr}}$	kWh / god	6.316
23.	n_{CP}	h / god	1600
24.	N_{CP}	kW	0,20
25.	$E_{CP,god} = n_{CP} \cdot N_{CP}$	kWh / god	320
26.	$E_{god} = E_{TP,god} + E_{CP,god}$	kWh / god	6.636
27.	C_e	€/kWh	0,05
28.	$T_{e,god} = C_e \cdot E_{god}$	€/ god	332
29.	$U_{god} = U_{g,god,u} - T_{e,god}$	€/ god	1.025
30.	$I_{ZS,M}$	€	7.110
31.	$I_{ZS,GR}$	€	5.280
32.	$I_{ZS} = I_{ZS,M} + I_{ZS,GR}$	€	12.390
33.	I_K	€	2.000
34.	$U_{e,god} = U_{god}$	€	1.025
35.	p_a	% / god	0,7
36.	p_o	% / god	0,3

37.	f_{sub}	%	0
38.	$\tau = \frac{(1 - f_{sub}) \cdot I_{ZS} - I_K}{U_{e,god} - (p_a + p_o) \cdot (I_{ZS} - I_K)}$	god	11,3

I_K (€) – Umanjena investiciona ulaganja prema distributeru gasa: Energetska saglasnost, izrada gasnog priključka, overa projekta, tehnički pregled, kao i za izvođenje gasne kotlarnice

9. ANALIZA REZULTATA I ZAKLJUČAK

Energija je sastavni deo i svakodnevica čovekovog života, čiji se uticaj različito oseća u pojedinim delovima sveta. Savremeni svet teži sve većem ekonomskom rastu i povećanju životnog standarda, pri čemu se suočava sa problemom u sve manje raspoloživim energetske resursima, neophodnim za ostvarivanje tog cilja. Zbog toga su racionalna upotreba i štednja energije postale nezaobilazne teme u najvećem broju energetske politika u svetu. Globalna potražnja za energijom raste u uslovima visokih i nestabilnih cena te se u okviru energetske politike moraju uzeti u obzir sigurnost u snabdevanju energijom, konkurentnost i održivost.

U traženju rešenja za smanjenjem potrošnje energije sektor zgradarstva ima veliku ulogu, s obzirom na to da su zgrade jedan od najznačajnijih potrošača energije. Smanjenje potrošnje energije u zgradarstvu predstavlja veliki potencijal u energetske ekonomici te time daje značajan doprinos energetske bilansu jedne zemlje.

Najveći deo potrošnje energije u zgradama u Evropi odlazi na grejanje prostora, od 50-60%, sa dodatnih 10-25% za grejanje sanitarne vode.

Udeo zgradarstva u ukupnoj potrošnji finalne energije u Republici Srbiji u 2005. godini iznosio je 48%, od toga 65% u stambenom sektoru.

Smanjenje potrošnje primarne energije za potrebe grejanja u zgradama ostvaruje se:

- smanjenjem potreba za toplotnom energijom i
- upotrebom obnovljivih izvora energije.

Kada su u pitanju potrebe za toplotnom energijom za grejanje stambenih i javnih objekata, smanjenje ovih potreba postiže se unapređenjem energetske performansi objekata, tj. izgradnjom energetske efikasne zgrade.

Politika obnovljivih izvora energije novijeg je datuma i usvojena je okvirno 1997. godine. Od tada su institucije Evropske unije načinile važne korake u pravcu pozicioniranja Evrope ka efikasnim resursima kao primarnog cilja. Glavni elementi ove strategije podrazumevaju promovisanje proizvodnje obnovljive energije kao i njeno efikasno korišćenje. U tom smislu, poslednjih nekoliko godina postignut je veliki napredak.

Obnovljivi izvori energije ne samo da sada već izvesno predstavljaju pravu alternativu za smanjenje potrošnje primarne energije i održivi razvoj društva, već su i pravi izbor kada je reč o energetske uticaju na ekologiju, zaštitu životne sredine, smanjenje emisija ugljen-dioksida i globalno zagrevanje planete.

Zakonska regulativa

Evropska Unija

U najznačajnije dokumente koje je donela i usvojila Evropska unija ubrajaju se: Direktiva iz 2002. godine – Directive 2002/91/EC (EPBD – The Energy Performance of Buildings Directive), Direktiva iz 2010. godine – Directive 2010/10/EU (EPBD recast – The Energy Performance of Buildings Directive recast) i Direktiva o obnovljivoj energiji – Directive 2009/28/EC.

Primena Direktive iz 2002. godine o energetske karakteristika zgrada osigurava da standardi za ove objekte širom Evrope postave u prvi plan minimiziranje potrošnje energije, što doprinosi smanjenju potrošnje energije u zgradama u Evropi.

Primena Direktive iz 2010. godine nalaže da zemlje članice do 2012. godine prilagode svoje zakone i nacionalne propise zahtevima Direktive, uzimajući u obzir specifičnosti svoga podneblja. Direktivom je, takođe, predviđeno da zemlje članice do 2020. godine sve nove objekte svedu na približno nulte energetske objekte, s obzirom na usvojen koncept „nulte energetske zgrade – zero energy building (ZEB)” i „približno nulte energetske zgrade – nearly zero energy building (nZEB)”.

Cilj Direktive o obnovljivoj energiji 2009/28/EC jeste povećanje upotrebe obnovljive energije u Evropi. Ona obavezuje članice Evropske unije da upotrebom obnovljive energije u sektorima električne energije, grejanja i hlađenja, kao i u sektoru transporta obezbede da do 2020. godine obnovljiva energija čini bar 20% ukupne potrošnje energije u Evropskoj uniji.

Evropska unija je 2008. godine usvojila akcioni plan energetske efikasnosti do 2020. godine, nazvan „20-20-20”, što podrazumeva:

- smanjenje potrošnje energije za 20%,
- povećanje upotrebe obnovljivih izvora energije za 20%,
- smanjenje emisija ugljen-dioksida i ostalih gasova sa efektom staklene bašte za 20%.

Republika Srbija

Zakonom o planiranju i izgradnji od septembra 2009. godine u Republici Srbiji prvi put je definisano da unapređenje energetske efikasnosti jeste smanjenje potrošnje svih vrsta energije, ušteda energije i obezbeđenje održive gradnje primenom tehničkih mera, standarda i uslova planiranja, projektovanja, izgradnje i upotrebe objekata.

Prema Strategiji razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine za period od 2007. do 2012. godine definisane su aktivnosti i mere koje je potrebno realizovati do 2012. godine radi smanjenja potrošnje energije za grejanje.

Republika Srbija je 2011. godinu proglasila godinom energetske efikasnosti i iste godine usvojila je dva vrlo važna zakonska akta:

- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada i
- Pravilnik o uslovima, sadržini i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada,

kojima će se obezbediti izgradnja i korišćenje energetski efikasnih zgrada. Stupanjem na snagu primene ovih pravilnika od septembra 2012. godine, Srbija, a time i AP Vojvodina, više se neće nalaziti na niskom nivou energetske efikasnosti u zgradarstvu.

Pored toga, 2011. godine donet je i Zakon o energetici Republike Srbije u okviru koga je definisan Nacionalni akcioni plan, kojim se utvrđuju ciljevi za korišćenje obnovljivih izvora energije za period od najmanje 10 godina.

Tržište toplotnih pumpi

Svet

Toplotne pumpe se danas smatraju najproduktivnijim (najkorisnijim) uređajima za dobijanje toplotne energije, a njihova primena je počela pre 140 godina u zemlji porekla, Austrija. Najviše se koriste u razvijenim zemljama, s visokom svešću stanovništva, kao i državnim podsticajem za korišćenje obnovljivih izvora energije, gde se koriste za sisteme grejanja svih veličina, od onih malih za stanove, do velikih toplotnih sistema za čitava naselja.

Tržište toplotnih pumpi u svetu, u najvećoj meri, zasniva se na toplotnim pumpama proizvedenim u SAD, Kini i Japanu. Ove zemlje prednjače u razvoju,

proizvodnji, ugradnji i prodaji toplotnih pumpi. Poslednjih godina se to naročito odnosi na Kinu.

Procenjuje se da je u svetu 2010. godine bilo preko 130 miliona toplotnih pumpi, instaliranih i u pogonu, koje su opsluživale industriju, domaćinstva i trgovinu. Te godine je približno 15 miliona toplotnih pumpi prodato u Aziji, 2 miliona u Severnoj Americi i nekoliko stotina hiljada u Evropi i u drugim delovima sveta.

Prodaja geotermalnih toplotnih pumpi će doživeti znatan porast u sledećih nekoliko godina, pri čemu će godišnja isporuka u SAD da poraste sa nešto iznad 150.000 u 2011, na više od 326.000 uređaja do 2017. godine.

Klimatska situacija u Kini i drugim jugoistočnim azijskim zemljama, pored velike gustine gradskog stanovništva, pospešuje klimatizaciju. Prodaja je dostigla 18 miliona jedinica godišnje, od kojih su 60% reverzibilne toplotne pumpe. Brzi rast energetske potreba i snažan ekonomski razvoj, zahtevaju da zgrade i industrijski sistemi budu energetski efikasni. Tehnologije toplotnih pumpi bi trebalo da imaju veoma svetlu budućnost u ovim regionima, olakšavajući društveni i ekonomski napredak.

Očekuje se da će celokupno tržište toplotnih pumpi u Japanu porasti za oko 8,1%, od 17,2 milijarde evra u 2009. godini, do 18,7 milijardi evra do 2015. godine. Toplotne pumpe sa rekuperacijom viška toplote imale su udeo na tržištu od 8,4 miliona evra 2009. godine. Očekuje se da će ovaj udeo porasti na 29 miliona evra do 2015. godine, da bi do 2020. godine dostigao 60,7 miliona evra (porast od 622% od 2009. godine).

Broj prodatih toplotnih pumpi za grejanje u Švajcarskoj 2008. godine izosio je preko 20.000 jedinica, što odgovara porastu od preko 23% u odnosu na prethodnu godinu. Od tog broja preko 500 postrojenja ima veći kapacitet od 50kW. Sa kapacitetom od 50kW do 100kW povećanje je sa 213 na 350 jedinica, a sa kapacitetom od 100kW do 300kW sa 43 na 115. Ovakav razvoj pokazuje značaj i potencijal velikih toplotnih pumpi, što se vidi i u drugim zemljama.

EU

Evropsko udruženje za toplotne pumpe (EHPA) objavilo je ažuriranu verziju svog izveštaja za evropsko tržište toplotnih pumpi. Izveštaj pokazuje da se posle 2 godine izuzetno teške ekonomske situacije, pad na tržištu zaustavlja i očekuje se da je prodaja toplotnih pumpi u 2010. godini dostigla isti nivo kao u 2009. godini. Faktori koji su

negativno uticali na prodaju toplotnih pumpi tokom poslednjih nekoliko godina su sledeći:

- kriza u sektoru građevinarstva kao posledicu ima veliki pad u prodaji toplotnih pumpi u sektoru novih zgrada;
- smanjenje ili postepeno ukidanje finansijskih podsticaja u određenim zemljama.

Statistika EHPA koja obuhvata 9 zemalja (Austrija, Finska, Francuska, Nemačka, Italija, Norveška, Švedska, Švajcarska i Engleska) pokazuje da je u 2009. godini tržište doživelo pad od 9,9% odnosno na 526.263 komada u odnosu na 2008. godinu. Statistika šireg obima, koja obuhvata 17 zemalja, pokazuje da je 2009. godine prodato 592.322 toplotnih pumpi. Izveštaj za 2010. godinu predviđa da će prodaja u 2010. godini verovatno biti slična onoj u 2009. godini.

Na nekim ustaljenim tržištima, kao što je tržište u Švedskoj, zamena starih toplotnih pumpi predstavlja tržište u ekspanziji i Švedsko udruženje za toplotne pumpe (SVEP) procenjuje da ono čini 8% tržišta. Prodaja je u Švedskoj u 2009. godini pala za 9%, ali je industrija toplotnih pumpi učvrstila svoj položaj na tržištu grejanja, sa prodajom od preko 80% u sektoru porodičnih kuća.

Prema EHPA-u, u periodu od 2005. godine do 2009. godine, ukupno je prodato 2.129.929 toplotni pumpi u 9 zemalja EU. Ove toplotne pumpe godišnje daju doprinos od ukupno 25,96TWh obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u sektoru grejanja i uštedele su sličnu količinu finalne energije.

Na tržištu toplotnih pumpi u EU u najvećoj meri su zastupljene kompresione toplotne pumpe. One su najčešće u upotrebi, sa više od 90% svih instalisanih postrojenja, i trenutno imaju najveći značaj u rashladnoj i grejnoj tehnici.

Sredinom decembra 2008. godine Evropski parlament je usvojio direktivu EU o podržavanju upotrebe energije iz obnovljivih izvora. Konačan tekst po prvi put obuhvata aerotermalne i hidrotermalne izvore energije, čime se u okviru tehnologije obnovljive energije prihvataju toplotne pumpe sa vazduhom odnosno vodom kao izvorom energije, a ne samo toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom energije.

Budući da su se države članice EU saglasile da do 2020. godine ostvare cilj od 20% obnovljive energije u ukupnoj potrošnji energije u Evropskoj zajednici, to bi trebalo da podstakne tržište toplotnih pumpi koje se znatno povećalo poslednjih godina.

AP Vojvodina

Tržište toplotnih pumpi u AP Vojvodini, u najvećoj meri, zasniva se na toplotnim pumpama renomiranih proizvođača iz Evrope i sveta: Rehau (Nemačka), Bosch (Nemačka), Vaillant(Nemačka), Hoval (Švajcarska), Blue Box (Italija) i Daikin (Japan).

Od firmi iz AP Vojvodine, koje se bave proizvodnjom toplotnih pumpi, prisutne su firme Tehnomag -Teco iz Novog Sada i Tera Term iz Subotice.

Tržište toplotnih pumpi u AP Vojvodini zasniva se na kompresionim toplotnim pumpama.

Energetske performanse građevinskih objekata u AP Vojvodini

Kod primene toplotnih pumpi i upotrebe OIE za potrebe grejanja objekata, a sa stanovišta ekonomske opravdanosti, od suštinskog značaja su energetske performanse građevinskih objekata. U tom smislu najbitnije energetske performanse objekata su:

- specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta q (W/m^2),
- specifična godišnja potrošnja toplote grejanja objekta q_{god} (kWh/m^2god).

Pri upotrebi OIE, specifično projektno toplotno opterećenje grejanja je najvažnija energetska karakteristika objekta, od koje zavisi energetska ravnoteža između objekta i OIE, odnosno ocena o podobnosti objekta za korišćenje ovih oblika energije.

Na osnovu istraživanja, konstatuje se da je objekat podoban za primenu toplotnih pumpi i upotrebu OIE, ako specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta ne prelazi $50W/m^2$. Ovom vrednošću specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja $q(W/m^2)$, obezbeđeno je da se objekat može grejati niskotemperaturnom instalacijom (najpovoljnija podna), i da polazna voda od toplotne pumpe prema kućnoj instalaciji grejanja ne prelazi $40^{\circ}C$.

Postojeći objekti

Na osnovu iznetih podataka o specifičnim projektnim toplotnim opterećenjima grejanja $q(W/m^2)$, stambenih, javnih i poslovnih objekata u AP Vojvodini, konstatuje se da postojeći objekti u AP Vojvodini nisu podobni za primenu toplotne pumpe i upotrebu obnovljivih izvora energije.

Za primenu toplotne pumpe i upotrebu obnovljivih izvora energije za postojeće objekte, neophodno je prethodno izvesti energetske revitalizacije tih objekata. Mere energetske revitalizacije obuhvatile bi dodatnu toplotnu zaštitu objekata i zamenu spoljnjih prozora i vrata, sa termički kvalitetnijim i sa boljom zaptivenošću.

Propuštena je prilika, da se neki od postojećih objekata u AP Vojvodini, i koje je finansirala Pokrajina, greju pomoću toplotnih pumpi. To je npr. slučaj sa sportskom halom u Bačkom Petrovcu i sportskom salom u Bačkom Dobrom Polju. Za sale oba ova sportska objekta specifično projektno toplotno opterećenje grejanja iznosi manje od 50W/m^2 .

Novi objekti

Novi stambeni, javni i poslovni objekti u AP Vojvodini koji će biti građeni prema novim pravilnicima:

- Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada,
- Pravilnik o uslovima, sadržaju i načinu izdavanja sertifikata o energetskim svojstvima zgrada,

koji su usvojeni u Skupštini Republike Srbije i čija primena počinje od 30. septembra 2012. godine, imaće znatno niža specifična projektna toplotna opterećenja grejanja $q(\text{W/m}^2)$, nego li što je to slučaj sa postojećim objektima. Ovim je u AP Vojvodini odklonjena jedna velika barijera za primenu toplotnih pumpi i upotrebu obnovljivih izvora energije.

Prema navedenim pravilnicima, novi objekti moraju zadovoljiti najmanje energatski razred "C", koji u zavisnosti od namene objekta ima različite vrednosti specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja $q(\text{W/m}^2)$, gornje i donje granice razreda. Za klimatske uslove u AP Vojvodini, u okviru tih granica, za sve objekte (stambene, javne i poslovne) je i zahtevano specifično projektno toplotno opterećenje grejanja od 50W/m^2 . Ostaje samo dobra volja, ili od nekog obaveza, da projektno rešenje i izvedeno stanje objekta, zbog primene toplotnih pumpi i upotrebe obnovljivih izvora energije, ima vrednost specifičnog projektnog toplotnog opterećenja grejanja do 50W/m^2 . Ne zahteva se da ima 0W/m^2 ("nulti" objekat), ili približno 0W/m^2 ("približno nulti" objekat).

Potencijali obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini

Prirodni potencijal obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini je ogroman. Sunce svaki dan na teritoriju Pokrajine dozračuje energiju od 79TWh/dan.

Ova ogromna dnevna sunčeva energija, koja zagreva obnovljive izvore energije okoline (tlo, površinska/podzemna voda, spoljni vazduh), može se koristiti direktno (solarni kolektori), ili indirektno povratnim dobijanjem toplote iz obnovljivih izvora energije okoline.

Tehnički potencijal obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini, koji je deo prirodnog potencijala, zbog raspoložive tehnologije za transformaciju primarne obnovljive energije u druge korisne oblike energije (toplotna, električna), stepena iskorišćenja transformacije, i za isti prirodni potencijal, znatno je manji nego li u drugim razvijenim zemljama.

Ekonomski potencijal obnovljivih izvora energije je deo tehnikog potencijala, koji uzima u obzir ekonomske uslove za korišćenje tehničkog potencijala. Najvažniji uslovi od kojih zavise ekonomski potencijali OIE, a time i ekonomska opravdanost njihovog korišćenja su:

- pristupačnost OIE,
- raspoloživost OIE,
- temperaturni nivo OIE,
- stepen ekonomske razvijenosti zemlje (područja).

Generalno se može konstatovati da su ekonomski potencijali obnovljivih izvora energije u AP Vojvodini niski, i da su oni ograničavajući faktor masovnijoj primeni toplotnih pumpi i korišćenju obnovljivih izvora energije u Pokrajini.

Stepen ekonomske razvijenosti AP Vojvodine nije takav, da obezbedi veću kupovnu moć stanovništva za nabavku skupe opreme za dobijanje toplote iz obnovljivih izvora energije, niti da ima na raspolaganju državni podsticaj (subvencije, povoljne kredite) za ove svrhe.

Gledajući obnovljive izvore energije okoline pojedinačno, za istu pristupačnost i raspoloživost, najveći ekonomski potencijal ima podzemna voda, a zatim tlo.

Uticajni faktori za primenu TP

Primena toplotnih pumpi za dobijanje toplote iz OIE za potrebe grejanja objekata, zavisi od niza relevantnih faktora i njihove međusobne zavisnosti, a najvažniji su:

- specifično projektno toplotno opterećenje grejanja objekta,
- pristupačnost, raspoloživost i temperaturni nivo OIE,
- izbor sistema za dobijanje toplote od OIE,
- cene opreme i radova,
- cene primarne i finalne energije,
- vođenje politike prema upotrebi OIE.

Sistemi grejanja sa toplotnim pumpama

Lokalni sistemi grejanja sa toplotnim pumpama su reverzibilne toplotne pumpe vazduh/vazduh, obično proizvedene na Dalekom istoku. Najveći deo ovih toplotnih pumpi ima vrlo mali kapacitet (obično 2kW ili 3kW) i prodaje se i koristi za hlađenje u stanovima, malim kancelarijama i sličnim prostorima, a režim grejanja služi za grejanje u kratkim periodima u međusezoni.

Prodaja ove vrste toplotnih pumpi u AP Vojvodini je daleko najznačajnija na stambenom tržištu, a time je i primena lokalnih sistema grejanja sa toplotnim pumpama najviše našla primenu u stambenim zgradama.

U pojedinačnim slučajevima, reverzibilnim toplotnim pumpama vazduh/vazduh greju se objekti i do -15°C (-20°C) okoline, npr. objekti naplatnih rampi na autoputevima.

Sa stanovišta ove Studije, lokalni sistemi grejanja sa toplotnim pumpama nemaju značaja.

Centralni sistemi grejanja sa toplotnim pumpama danas su realnost i imaju naveći značaj u AP Vojvodini. Oni se primenuju za grejanje jedne zgrade, ili više zgrada koje su blizu jedna drugoj.

Daljinski sistemi grejanja sa toplotnim pumpama danas nisu realnost u AP Vojvodini. Za tako nešto, neophodan je takav stepen ekonomske razvijenosti Pokrajine, koji obezbeđuje da obnovljivi izvori energije na daljinu imaju povoljan ekonomski potencijal.

Režimi rada toplotnih pumpi

Po značaju u uštedi potrošnje primarne energije, konstatuje se da sistemi grejanja sa TP, sledećim redom učestvuju u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta:

- monovalentni režim rada TP,
- bivalentno-paralelni režim rada TP,
- bivalentno-alternativni režim rada TP.

Koji režim je ekonomski najpovoljniji zavisi od investicionih ulaganja u sistem sa TP, ostvarenih energetske uštede i investicionih ulaganja u dodatni (vršni) toplotni izvor. Za svaki konkretan slučaj potrebno je uraditi tehno-ekonomsku analizu.

Na osnovu sprovedenih proračuna i dobijenih rezultata za klimatske uslove AP Vojvodine, u najčešćem slučaju, najekonomičniji režim rada toplotnih pumpi je bivalentno-paralelni režim.

U bivalentno-paralelnom režimu rada toplotna pumpa treba da pokriva 50% projektno toplotno opterećenje grejanja:

$$f_{TP}=0,5 \quad (Q_{TP}=0,5 Q).$$

U navedenom režimu rada toplotna pumpa učestvuje sa 75% u pokrivanju godišnjeg toplotnog opterećenja grejanja objekta:

$$f_{TP, god}=0,75 \quad (Q_{TP, god}=0,75 Q_{god}).$$

Kod sistema grejanja sa toplotnim pumpama, gde je za pokrivanje toplotnog opterećenja grejanja objekta uključen i klasični kotao, sa stanovišta ekonomičnosti sistema, od suštinskog je značaja izbor vršnog toplotnog izvora (klasični toplotni izvor).

Na osnovu prikazanih rezultata u Studiji, idealni vršni toplotni izvori u sistemu grejanja sa toplotnim pumpama su klasična kotlarnica objekta, blokovska kotlarnica i toplotna podstanica daljinskog grejanja. Ovu pogodnost je lakše realizovati, ako ovi toplotni izvori, pored potrebne toplote za grejanje, objektima isporučuju toplotnu energiju i za potrebe pripreme tople potrošne vode i ventilacije objekta.

Vrlo bitan dalji podsticaj primeni toplotnih pumpi i upotrebi obnovljivih izvora energije, je razmatranje mogućnosti, da se navedeni klasični toplotni izvori mogu

koristiti kao vršni toplotni izvori u sistemima grejanja sa toplotnim pumpama. U tom smislu, na nivou lokalnih samouprava i distributera toplotne energije za grejanje, neophodno je definisati odgovarajuće formalno-pravne odnose.

Temperaturni režim sistema sa toplotnim pumpama

Za postizanje optimalnog nivoa energetske efikasnosti i odgovarajućeg stepena ekonomske opravdanosti izvođenja sistema sa toplotnim pumpama, neophodno je usvojiti sledeće:

- primarnu instalaciju grejanja sa temperaturom vode u razvodu prema unutrašnjoj instalaciji grejanja do 40°C,
- niskotemperaturnu unutrašnju instalaciju grejanja (podna najpovoljnija) sa temperaturama vode u razvodu i povratu 40/30, 40/35, 35/30°C, pri čemu su niže temperature vode u razvodu za objekte sa manjim specifičnim projektnim toplotnim opterećenjem grejanja q (W/m²).

Državni podsticaj

Državni podsticaj je jedna od najznačajnijih mera za primenu toplotnih pumpi i korišćenje obnovljivih izvora energije za potrebe grejanja objekata, a samim tim i za poboljšanje njihove energetske efikasnosti.

Državni podsticaj sastoji se u davanju subvencija i povoljnih kredita za nabavku opreme za sisteme sa toplotnim pumpama. Ovo je pre svega značajno za države sa manjim stepenom ekonomske razvijenosti, kod kojih je kupovna moć stanovništva za nabavku skupe opreme znatno manja nego u razvijenim zemljama sveta.

Pored toga, državni podsticaj u AP Vojvodini treba da obuhvati i finasijku podršku razvoju i proizvodnji toplotnih pumpi. Ovim bi se u Pokrajini smanjila zavisnost od uvoza skupih toplotnih pumpi iz razvijenih zemalja sveta, i istovremeno stvorili uslovi za otvaranje novih radnih mesta.

Vlade, lokalne samouprave i ono koji štede energiju i žele da ubrazaju razvoj tržišta toplotnih pumpi, moraju obezbediti obrazovne programe i inicijative za rešavanje ovog problema i uklanjanje dugogodišnjih barijera.

Investiciona ulaganja i ekonomska opravdanost

Nakon sprovedenih proračuna za sisteme grejanja sa toplotnim pumpama, konstatuje se sledeće:

- ekonomski najpovoljniji sistem je sa podzemnom vodom, kada je ima u dovoljnim količinama, na nižim dubinama (manja potrošnja elektro energije za pogon potopnih pumpi) i kada je kvaliteta koji ne zahteva značajniju mehaničku i hemijsku pripremu,

- kod upotrebe zemlje za dobijanje toplote, sistem sa sondama u zemlji, i pored većih ulaganja, treba koristiti za objekte sa većim toplotnim opterećenjima, a sistem sa registrima u zemlji, zbog velikih prostornih zahteva, za objekte sa manjim toplotnim opterećenjima,

- za trenutne tržišne uslove u AP Vojvodini, vreme povraćaja investicionih ulaganja, bez podsticaja Pokrajine (subvencije, povoljni krediti), je iznad prihvatljive granice, koja se smatra da je od 5 do 7 godina.

Potpunu ekonomsku opravdanost primene sistema grejanja sa toplotnim pumpama u AP Vojvodini treba očekivati u bliskoj budućnosti, a iz sledećih razloga:

- rast cena primarne energije,
- sadašnji trend izvođenja sistema sa obnovljivim izvorima energije,
- pad cene opreme — novi modeli, veća serijska proizvodnja, novi proizvođači, konkurencija, veća ponuda, drugi uslovi nabavke,
- državni podsticaj — subvencije i povoljniji krediti za nabavku opreme,
- zaštita životne sredine, globalno zagrevanje.

LITERATURA

- [1] Allard, F., Seppänen, O., *Aktivnosti u Evropi na unapređenju energetske efikasnosti zgrada*, Zbornik radova, str. 427-441, 39. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2008.
- [2] Anđelković, A., Bjelaković, R., Njerž, A., *Tehno-ekonomska analiza primene toplotne pumpe (primer hotela Vinski dvor u Hajdukovu)*, Zbornik radova, str. 159-167, 40. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2009.
- [3] *** *ASHRAE Handbook HVAC Applications*, ASHRAE Inc., 2007. Chapter 32.
- [4] Bajc, T., Todorović, M., *Energetske potrebe pasivne kuće sa Trombeovim zidom u klimatskom području Beograda*, Zbornik radova, str. 487-496, 40. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2009.
- [5] Benli, H., Durmus, A., *Evaluation of ground-source heat pump combined latent heat storage system performance in greenhouse heating*, Energy and Buildings, February 2008., Vol. 41, No.2, pp. 220-228.
- [6] Bernard, R., *Eloges des vertus du soleil Le Sauvage*, Januar 1975.
- [7] *** *Biblioteka 2010, BOSCH – Grejna tehnika*, Beograd, 2010.
- [8] Bogner, M. i Miladinović, M., *Površinsko grejanje i hlađenje*, ETA, Beograd, 2009.
- [9] *** *CAD biblioteka 2010, BOSCH – Grejna tehnika*, Beograd, 2010.
- [10] Casale, C., *Toplotne pumpe – aletka spremna da uštedi energiju i smanji emisije*, Zbornik radova, pp. 119-133, 40. Kongres o klimatizaciji, grejanju i hlađenju, Beograd, 2009.
- [11] Čenejac, A., *Analiza mogućnosti nekonvencionalnih sistema grejanja za poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata*, Magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [12] Čenejac, A., *Određivanje minimalne toplotne zaštite građevinskih objekata prilikom upotrebe obnovljivih izvora energije*, CD-Zbornik radova u studentskom programu, str. 1-6, 41. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2010.
- [13] Čenejac, A., Bjelaković, R., Anđelković, A., *Use of underground water energy for improvement of energy efficiency in civil buldings*, Proceedings, pp. 358-367, Internacional conference, Timisoara-Romania, 2011.
- [14] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., Bjelaković, R., *Poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata upotrebom zemlje kao obnovljivog izvora*, Građevinski materijali i konstrukcije, 1/2011, str. 28-40, Beograd, 2011.

- [15] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., *Poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata upotrebom zemlje kao obnovljivog izvora – sistem sa sondom u zemlji*, Zbornik radova, str. 497-502, Sedmo naučno-stručno savetovanje – Ocena stanja, održavanje i sanacija građevinskih objekata i naselja, Zlatibor, 2011.
- [16] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., *Mere za poboljšanje energetske efikasnosti građevinskih objekata*, Zbornik radova, str. 175-188, Konferencija – Savremena građevinska praksa, Andrevlje, 2011.
- [17] Čenejac, A., Radonjanin, V., Malešev, M., Šumarac, D., Bjelaković, R., *Analysis of possibility of using renewable energy sources for heating industrial halls*, CD- Proceedings, pp. 1-8, IEEP'11, Kopaonik, 2011.
- [18] Čenejac, A., Bjelaković, R., Anđelković, A., Đaković, D., *Covering of heating load of object by using ground heat as a renewable energy source*, Thermal Science, Vol. 16, Suppl. 1, pp. S225-S235.
- [19] *** *Directive 2002/91/EC (EPBD – Energy performance of buildings directive)*, Brussels, 2003, www.eur-lex.europa.eu.
- [20] *** *Direktive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (EPBD) recast*.
- [21] *** *Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*, Brussels, December, 2008.
- [22] Dolmans, D., *A Change is going to come - A New mandate: nearly zero energy buildings*, REHVA, 6/2011, pp. 34-37.
- [23] Đajić, N., *Obnovljivi izvori energije za održivi razvoj sveta*, Zbornik radova, str. 11-22, 35. Međunarodni kongres o klimatizaciji, grejanju i hlađenju, Beograd, 2004.
- [24] *** *Energetski bilans 2008*, Ministarstvo za infrastrukturu i energetiku, <http://www.mem.gov.rs/navigacija.php?IDSP=50>.
- [25] *** www.ehpa.org
- [26] Fox, U., *Betriebskosten - und Wirtschaftlichkeitsberechnungen fur Anlagen der technischen Gebaudeausrustung*, VDI -Verlag GmbH, Dusseldorf, 1980.
- [27] Gehlin, S., *Heat pumps - a key to sustainability*, REHVA, 4/2011, pp. 4
- [28] Groff, G., *Kratka istorija toplotnih pumpi-ko ih koristi i zašto*, KGH, 3/2010, str. 59-64.
- [29] Gvozdenac, D., Nakomčić-Smaragdakis, B., Gvozdenac-Urošević, B., *Obnovljivi izvori energije*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [30] Harvey, D., *A Handbook on Low – Energy Buildings and District – Energy Systems*,

- Bath Press, London, 2006.
- [31] Jagermar, L., Schmidt, M., Allard, F., Heiselberg, P., Kurtinski, J., *Towards nZEB - some examples of national requirements and roadmaps*, REHVA, 3/2011, pp. 14-17.
- [32] Kabele, K., *Heating and nearly zero energy buildings*, REHVA, 6/2011, pp. 5
- [33] Kurtinski, J., *REHVA Annual Conference in Tallinn*, REHVA, 4/2011, pp. 46-50
- [34] Kurtinski, J., *Nerly zero buildings nZEB*, REHVA, 3/2011, pp. 4
- [35] Kurtinski, J., Allard, F., Braham, D., et al., *How to define nearly zero energy buildings nZEB*, REHVA, 3/2011, pp. 6-12.
- [36] Kurtinski, J., *How to calculate cost optimal nZEB energy performance*, REHVA, 5/2011, pp. 36-41
- [37] Labudović, B., Barbir, F., Domac, J., i drugi, *Obnovljivi izvori energije*, Energetika marketing, Zagreb, 2002.
- [38] Lazić, S., Antonić, N., *Međuzavisnost infrastrukturnih sistema i uticaja ovih sistema na druge gradske funkcije na području Mišeluka u Novom Sadu, Elaborat: Sistem snabdevanja toplotnom energijom*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1982.
- [39] Lilić, D., *Energetska efikasnost u javnim zgradama*, Agencija za energetska efikasnost Republike Srbije, Beograd, 2007.
- [40] Lundqvist, P., *Napredak tehnologije toplotnih pumpi I razvoj tržišta u Švedskoj*, Zbornik radova sa 39. Međunarodnog kongresa o klimatizaciji, grejanju i hlađenju, str. 83-97, Beograd, 2008.
- [41] Marković, D., Čeperković, B., Vlajčić, A., Resl, S., *Bela knjiga elektroprivrede Srbije*, JP „Elektroprivreda Srbije”, Beograd, 2011.
- [42] Nielsen, L., *Heating and cooling challenge in nZEB*, REHVA, 3/2011, pp. 41-46
- [43] Novak, T., *Heat pumps - a renewable energy technology*, REHVA, 4/2011, pp. 10-12
- [44] Oettinger, G., *Energy Strategy for Europe 2010-2020*, REHVA, 6/2010, pp. 7-8.
- [45] Petrović, J., Gvozdenac, D., Đaković, D., *Analiza termodinamičkih I hidrauličkih uslova rada sistema daljinskog grejanja sa TE-TO Novi Sad kao baznim izvorom u grejnoj sezoni 2009/2010. godine i dugoročno predviđanje potrebe za toplotnom energijom grada Novog Sada*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2010.
- [46] *** *Površinsko grejanje / hlađenje*, REHAU, Beograd, 2009.
- [47] *** *Pravilnik o energetska efikasnosti zgrada*, Službeni glasnik RS, br. 61/11
- [48] *** *Pravilnik o uslovima, sadržinu i načinu izdavanja sertifikata o energetska svojstvima zgrada*, Službeni glasnik RS, br. 61/11
- [49] *** *Priročnik za podno grejje*, Totra, Ljubljana, 1979.

- [50] Recknagel, Sprenger, *Priručnik za grejanje i klimatizaciju*, Građevinska knjiga, Beograd, 1982.
- [51] Recknagel, Sprenger, Shramek i Čeperkovic, *Grejanje i klimatizacija*, Interklima – Grafika, Vrnjačka Banja, 2004.
- [52] *** www.rehau.rs
- [53] Stepanov, Lj., Petrović, J., Bjelaković, R., i dr., *Snabdevanje Novog Sada toplotnom energijom*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1984.
- [54] *** *Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015.godine*, Službeni glasnik RS, br. 44/05.
- [55] Šamšalović, S., *Toplotna pumpa*, SMEITS, Beograd, 2009. .
- [56] Taylor, M., *The role heat pumps*, REHVA, 4/2011, pp. 13-15.
- [57] *Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada*, SRPS U.J5.600, 1998.
- [58] Todorović, B., *Towards zero energy buildings: New and retrofitted existing buildings-examples around the world*, Internacional conference, pp. 594-606, Timisoara, 2011.
- [59] Todorović, B., *Projektovanje postrojenja za centralno grejanje*, Mašinski fakultet, Beograd, 2009.
- [60] Vanden Borre, A., *Definition of heat pumps and their use of renewable energy sources*, REHVA, 4/2011, pp. 38-39.
- [61] Wahlström, A., *Is it possible to achieve zero energy demand while rebuilding multiple dwelling buildings*, REHVA, 4/2011, pp. 5-9.
- [62] Werner, G., *Low energy building design with sustainable energy end use*, Proceedings of the First Workshop, pp. 2.117, Sustainability of Constructions, Integrated Approach of Life-time Structural Engineering, Lisbon, 2007.
- [63] Yilmaz, Z., *Energy efficiency and renewable energy for building*, Zbornik radova, str. 458-471, 39. Međunarodni kongres o grejanju, hlađenju i klimatizaciji, Beograd, 2008.
- [64] *** *Zakon o energetici Republike Srbije*, Službeni glasnik RS, br. 57/2011 i 80/2011.
- [65] *** *Zakon o planiranju i izgradnji*, Službeni glasnik RS br. 72/09, 81/09 - ispravka, 64/10 – US i 24/11

PRILOZI

Prilog 1. Saglasnost firme Rehau

Prilog 1.

Saglasnost firme Rehau

Građevinarstvo
Automotivi
Industrija



REHAU d.o.o., · Batajnički drum 283 E, P.F. 4 · 11080 Zemun - Beograd

- PER E-MEJL -

Ime	Vladan Đurđević
Tel.	0113770-328
Fax	0113770-311
E-mejl	vladan.djurdjevic@rehau.com
Naš znak	vdj
Datum	17.05.2012.

PREDMET: Izjava o saglasnosti za korišćenjem REHAU postera i materijala u promotivne i edukativne svrhe

Poštovani gospodine Bjelakoviću,

Potvrđujem Vam da je firma REHAU saglasna sa tim da koristite REHAU postere i materijale koji se odnose na rešenja za korišćenje obnovljivih izvora energije i unutrašnjih instalacija grejanja i hlađenja u promotivne i edukativne svrhe.

REHAU d.o.o. Beograd

Vladan Đurđević dipl. maš. Ing.



REHAU d.o.o. Beograd · Batajnički drum 283 E · P. Fah 4 · 11080 Zemun - Beograd · Republika Srbija · Tel.: 011-3770 301 · Fax: 011-3770 319 · www.rehau.co.yu
Agencija za privredne registre · broj: BD.40695/2005 · Raiffeisen banka a.d. Beograd · broj računa: 265-1100310000099-43 · PIB SR100048932 · jednočlano društvo sa upisanim i uplaćenim kapitalom od 1.000.000,00 EUR