

TOPLOTNE PUMPE – ALATKA SPREMNA DA UŠTEDI ENERGIJU I SMANJI EMISIJE

HEAT PUMPS – A READY TOOL TO SAVE ENERGY AND REDUCE EMISSIONS

CARMINE CASALE,
AICARR, Italija

Toplotne pumpe predstavljaju postojanu tehnologiju u razvoju i brzo rastuće tržište. One danas predstavljaju važan ključ za rešavanje naših problema vezanih za energiju i životnu sredinu. Nakon kratkog pregleda vrste toplotnih pumpi i njihove primene, autor izlaže aktuelno stanje na tržištu. Na kraju razrađuje teoriju o prednostima njihove upotrebe za „godišnju ugodnost“, koja obuhvata rad toplotne pumpe tokom cele godine, i u zimskoj i u letnjoj sezoni. Ta vrsta korišćenja doneće ogromne uštede u potrošnji primarne energije i smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, koja se na našoj planeti mogu sve manje odgađati.

Heat Pumps are a steady growing technology and a fast growing market. Today they represent one important key for solving our problems of energy and environment. The author, after a brief examination of HP types and applications, presents the status of the current market. Finally he elaborates on a theory about the advantages of their use for „annual comfort“ which involves HP operation during the whole year, cold and hot season. This type of utilization will bring dramatic savings in our primary energy consumption and reduction of greenhouse emissions, which is becoming more and more not deferrable for our Planet.

Ključne reči: toplotna pumpa; tehnologija; ušteda energije; emisije gasova sa efektom staklene bašte

Key words: heat pump; technology; energy savings; greenhouse emissions

Uvod

Teški problemi tište današnji svet, a naročito zemlje koje nemaju dovoljno raspoložive energije za svoj razvoj. Prvi problem je nedostatak tradicionalnih izvora energije, uglavnom nafte ili drugih fosilnih goriva za proizvodnju potrebne elektroenergije. Otuda i snažan vapaj za alternativnim izvorima.

Drugi problem je spasavanje planete – fraza koja može zvučati kao preterivanje, ali je ona sasvim blizu stvarnosti. Naša životna sredina je smanjena na izvan-

redno siromašine i opasne uslove za samu planetu i za njene stanovnike (ljude, životinje, biljke). Proces postaje nepovratan, osim ako se ne preduzmu stroge zaštitne mere. Čovek, koji je glavni akter štete, treba da preduzme zaštitne mere koje se više ne mogu odlagati.

Toplotna pumpa, iako za svoj rad zahteva elektroenergiju, može biti odličan sistem za smanjenje potrošnje električne energije, a otuda i emisija gasova sa efektom staklene bašte. Osim toga, ona može da koristi prirodne izvore za podmirenje najvećeg dela energetske potrebe.

Vrste toplotnih pumpi i primena

Kako toplotne pumpe rade i način na koji one proizvode energiju visoke entalpije, upotrebom izvora niske entalpije – dobro su poznati.

Koriste se dva niskotemperaturna izvora: okolni vazduh (ili bilo koja druga vrsta već korišćenog vazdušnog strujanja) i voda na Zemlji u različitim oblicima, čak i u obliku otpadne vode.

Terminološko određenje vrsta toplotnih pumpi obuhvata dva izraza: prvi ukazuje na niskoentalpijski izvor energije, a drugi na fluid na koji se ta energija prenosi.

U osnovi, postoje četiri vrste toplotnih pumpi: vazduh–vazduh, vazduh–voda, voda–voda i voda–vazduh.

Vazduh–vazduh, u kome niskoentalpijski spoljni vazduh snabdeva energijom isparivač sistema, koji, za uzvrat, proizvodi visokoentalpijsku energiju direktno prenesenu na unutrašnji vazduh preko razmenjivača toplote.

Vazduh–voda, u kojoj je proizvedena visokoentalpijska energija poslata ka dobošastom kondenzatoru i korišćena za grejanje unutrašnjeg kruga vode koja se koristi za indirektno grejanje unutrašnjeg vazduha.

Voda–vazduh, u kojoj se niskoentalpijska energija uzeta iz vode različitim sistemima i proizvodeći visokoentalpijsku energiju, prenosi na kondenzator toplotne pumpe, da bi grejala unutrašnji vazduh.

Voda–voda, u kojoj je proizvedena visokoentalpijska energija poslata ka dobošastom kondenzatoru, korišćenom za grejanje unutrašnjeg kruga vode koja se koristi za indirektno grejanje vazduha u prostoru.

Svaka vrsta vode raspoložive u prirodi, kao što su podzemna voda, jezerska, rečna ili morska, koristi se za navedenu razmenu. Mogu se koristiti i sve vrste otpadne vode.

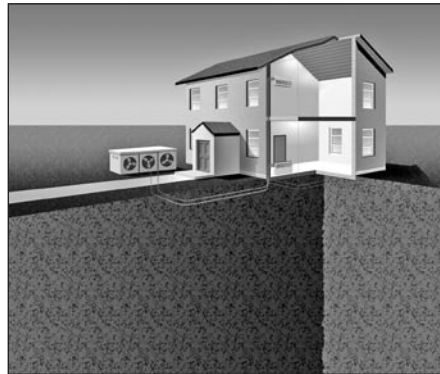
Osnovna svrha toplotne pumpe je da proizvede „toplotu“ za grejanje prostora sa vrlo malom potrošnjom primarne energije.

Reverzibilne toplotne pumpe, međutim, mogu takođe da proizvode hlađenje za klimatizaciju prostora u toplim periodima. Reverzibilnost se može postići specijalnim četvorokrakim ventilom u rashladnom ciklusu u cilju zamene funkcija isparivača i kondenzatora. Reverzibilnost se, kod hidrauličkih krugova, takođe može postići mehanički; u ovom poslednjem slučaju, odsustvo reverzibilnog ventila omogućuje ostvarenje bolje efikasnosti.

Toplotne pumpe vazduh–vazduh i vazduh–voda

Toplotne pumpe vazduh–vazduh u najvećem broju konfiguracija jesu split sistemi, u kojima cevna zmija spoljašnjeg razmenjivača toplote uzima niskoentalpijsku energiju iz spoljnog vazduha. Unutrašnji razmenjivač toplote je sme-

šten direktno u grejani prostor, ili može opsluživati kanale za difuziju vazduha u različite prostore. I spoljna sekcija može biti kanalska, nudeći u tom slučaju prednost instalisanja u tehničkoj prostoriji. Zajedno sa split sistemima različitog toplotnog kapaciteta, do 10–15 kW, za upotrebu u domaćinstvima i mnogo većom za komercijalnu upotrebu, „roof-top“ jedinice pripadaju ovoj kategoriji, sa toplotnim kapacitetom do 200 kW i više. „Roof-top“ jedinice su kompaktni sklopovi za spoljašnju instalaciju; zagrejani vazduh se distribuira u grejani prostor kanalima. I split sistemi i „roof-top“ sistemi obično su u reverzibilnoj verziji.



Toplotne pumpe vazduh–voda su kompaktni vazduhom hlađeni čileri, obično reverzibilnog tipa. U stanju su da greju vodu koja se distribuira u unutrašnji prostor pomoću hidrauličkih sistema – uređena voda će opsluživati priključne uređaje koji će grejati vazduh u prostoru. Toplotne pumpe vazduh–vazduh mogu takođe proizvoditi toplu sanitarnu vodu. Naročita primena ove vrste toplotne pumpe je grejanje prostora pomoću zračećih panela, koji zahtevaju nižu temperaturu, pa otuda pružaju veću efikasnost. Topla voda može da se šalje i klima-komorama za potpuniji tretman vazduha pomoću filtracije, regulacije vlažnosti itd.

Glavne prednosti toplotnih pumpi sa vodom kao izvorom su u tome što nema ulaganja u ostvarenje iskorišćenja niskoentalpijskih izvora. One se mogu instalirati bilo gde, bez potrebe za skupim prostorom.

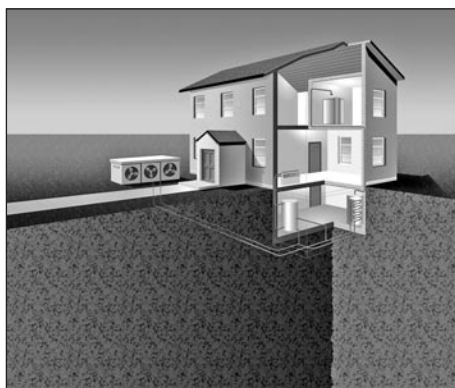
Vrste opisanih toplotnih pumpi nalaze veću primenu u područjima sa umerenom klimom, zahvaljujući njihovoj blagoj zimskoj temperaturi, iako savremena unapređena tehnologija dopušta korišćenje spoljašnjeg vazduha čak i sa temperaturom sredine do -15°C .

Očigledno efikasnost toplotnih pumpi opada sa spoljašnjom temperaturom i pri temperaturi od -15°C je redukovana oko 60%. U mediteranskoj oblasti a takođe i u Francuskoj, Beneluxu, Holandiji, Danskoj i čak mnogim oblastima u južnoj Nemačkoj i na Balkanu, visoka relativna vlažnost prouzrokuje veliku akumulaciju leda na spoljašnjoj jedinici zimi sa povećanim zahtevima za otapanjem. To može dovesti do smanjenja ukupne efikasnosti, pa zbog toga projektanti toplotnih pumpi posvećuju veliku pažnju kontroli perioda otapanja kako u pogledu njihove dužine, tako i u pogledu učestanosti.

Toplotna pumpa voda–vazduh i voda–voda

Za ove vrste toplotnih pumpi unutrašnji sistem distribucije vode ili vazduha potpuno je isti kao ranije opisani.

U pogledu korišćenja niskoentalpijskih izvora, naići ćemo na različite slučajeve. Ako koristimo površinsku ili podzemnu vodu, jednostavan razmenjivač toplote voda–rashladni fluid bio bi pogodan za ovu primenu sa velikim prednostima u pogledu efikasnosti razmene toplote u odnosu na razmenjivač toplote vazduh–rashlad-



ni fluid. Međutim, to je prilično teško jer te vode uvek sadrže organske zagađivače i naslage, pa zato sekundarni razmenjivač toplote postaje neophodan (on bi trebalo da bude skup, pločastog tipa, za višekratnu upotrebu). Sekundarni razmenjivač toplote će izgubiti sve prednosti u efikasnosti koje nudi direktna upotreba vode.

Dalja nepovoljnost upotrebe podzemne vode je cena čitavog postrojenja čiji je glavni deo bušotina (nametnuta zakonom), neophodna za odbacivanje korišćene vode u akvifer.

S druge strane, kada se površinska voda izbacila u reku ili kanale, njena temperatura ne može preći 3°C iznad prvobitne temperature.

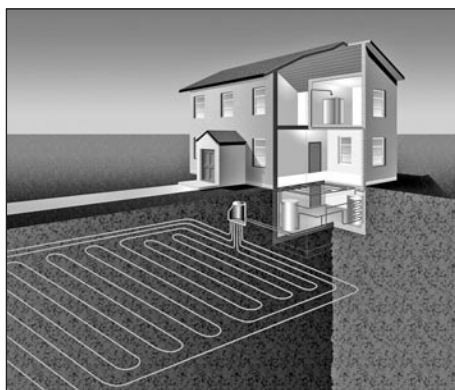
pozitivna strana upotrebe podzemne vode je nepromenjenost temperature vode i u slučaju primene pumpe voda–voda, koeficijent grejanja (COP) od 4,5 lako je dostižan, sa vrednostima i do 6 kada se koriste klima-komore.

U ovu kategoriju spada i vrsta toplotnih pumpi sa zemljom kao izvorom toplote danas nazvana „geotermalna toplotna pumpa“. Zahvaljujući njihovoj intenzivnoj difuziji, geotermalne pumpe se u nekim zemljama tretiraju posebno.

„Geotermalne“ toplotne pumpe zemlja–voda

„Geotermalne“, ili toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom toplote? Postoji izvesna konfuzija u današnjoj terminologiji. Prvobitan naziv ove vrste toplotnih pumpi, koji su uveli ljudi sa engleskog govornog područja, bio je tačan – „toplotne pumpe čiji je izvor toplote zemlja“, da bi se sugerisalo da je energija razmenjena radi grejanja odnosno hlađenja isparivača toplotne pumpe za proces, uzeta iz zemlje, tla. *Zemlja* i *tlo* se razlikuju od *zemlje* čiji je koren „geo“.

Važno je pomenuti da su terminologiju odredili ljudi koji govore engleski. Kada je tehnologija dospela u Evropu, gde se ona snažno razvila, izraz „zemlja kao izvor“ zamenjen je rečju „geotermalno“, pretencioznim i prilično netačnim izrazom koji vodi u konfuziju kod najvećeg broja ljudi koji nisu direktno uključeni u našu industriju. Geotermička energija, unutrašnja toplota, proizvedena je u zemlji, u njenim dubljim slojevima i nije akumulirana (zemlja je niskotemperaturni rezervoar, prvobitno ugrejan sunčevom energijom) u površinskom sloju, u tlu. Tu razliku dobro uočavaju oni koji su upoznati sa ogromnom eksploatacijom emisija pare, ili termalnim vodama, korišćenim za grejanje ili proizvodnju energije.



Da bi konfuzija bila veća, mi sada doprinosimo kasnom oživljavanju ter-

mina „zemlja kao izvor“ uprkos tome što su sadašnja tehnička literatura u oblasti KGH, kao i ljudi sa engleskog govornog područja, prihvatili definiciju „geotermalnog“. Kada su „eksperti“ shvatili sve veću konfuziju, izraz „geotermalno“ je umekšan sa „niskoentalpijsko geotermalno“. Ljudima je teško da prihvate svoje greške.

Velika prednost podzemnih slojeva je prilično konstantna temperatura, nasuprot uobičajenoj upotrebi vazduha. Međutim, važno je da energija (toplota) preuzeta zimi bude vraćena tokom leta.

Taj proces zahteva pažljiv proračun toplote oduzete od Zemlje i odbačene u zemlju (u zavisnosti od dužine grejnih perioda), inače nastaje spora ali sigurna degradacija sposobnosti tla da se ponaša pravilno u procesu. To je detalj koji mnogi projektanti previdaju. U stvari, zabeležno je nekoliko slučajeva degradacije zemlje nakon nekoliko godina rada. Priroda zemlje je važan faktor za predviđanje takvog neželjenog događaja.

Pasivne zgrade u mnogim delovima sveta ne moraju zahtevati hlađenje. Međutim, toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom toplote proizvode hlađenje i uvek se preporučuje da takav režim bude stvarno korišćen.

Najprostiji sistem toplotne pumpe čiji je izvor toplota zemlje je cevna zmija ukopana u zemlju u kojoj tečnost, obično rasolina, cirkuliše i prenosi energiju do toplotne pumpe koja je u stanju da je pretvori u visokoentalpijsku energiju. To se zove sistem sa zatvorenim krugom.

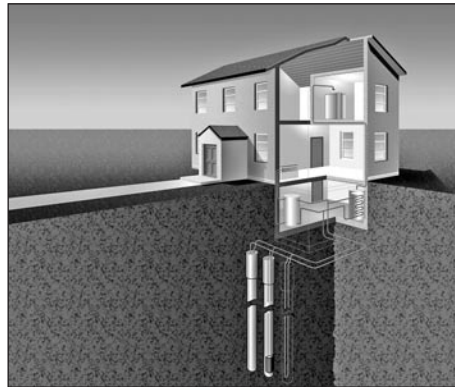
Zatvoreni krug može biti horizontalni podzemni, ili bušotinskog tipa.

Za horizontalni podzemni krug poželjne su plastične cevi, zbog njihovog dugog veka trajanja (toplotno-konduktivni polietilen ili polibutilen). Krug od cevi prečnika 25–30 mm je ukopan na dubinu od oko 1 m, obično na udaljenosti od 1 m između dva kruga kola; ukupna dužina kola zavisi od kapaciteta koji sistem zahteva. Preporučuje se da deo tla korišćen za ovu svrhu bude što više izložen suncu, tako da bi akumulirao najveću količinu toplote u vreme osunčanosti (zemlja nije dobar provodnik toplote).

Sistem sa zatvorenim cirkulacionim krugom u bušotini koristi plastične sonde U-oblika, smeštene vertikalno u zemlju, do maksimalne dubine od 20 do 100 metara u bušotinama čiji je prečnik obično 150 mm. Svaki U-krug obezbeđuje strujanje do kolektora koji donosi rasolinu u toplotnu pumpu. Udaljenost bušotina ne treba da bude manja od 7 m do 8 m jedna od druge. Broj sondi se izračunava prema kapacitetu sistema.

Za oba sistema vrsta tla utiče na efikasnost. Poželjan je vlažan teren, dok pesak treba izbegavati.

Rad na bušenju tla u oba slučaja nije zanemarljiva komponenta u ukupnim troškovima. Ona može biti čak i najvažnija stavka. Osim toga, dovoljan prostor nije uvek na raspolaganju, posebno u gradu. Uopšteno, toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom toplote pogodnije je instalirati izvan grada. U svakom slučaju, kada se izračuna-



va odnos troškova i dobiti radi upoređenja sa standardnim načinom grejanja, toplotne pumpe čiji je izvor zemlja mogu biti nedostižne, ako su troškovi električne energije vrlo niski. Razmatranje međutim ne uzima u obzir značajno smanjenje emisija koje u stvari i dovodi do konačnih odluka.

Generalno, koeficijent grejanja – COP – takođe varira u zavisnosti od unutrašnjih uslova (zahtevanih ili radnih); bilo kako, cilj su visoke vrednosti COP koje obezbeđuju ekonomičan rad toplotne pumpe. Takođe, letnji koeficijenti energetske efikasnosti (EER) trebalo bi da budu veći od tradicionalnih; to je mnogo teže ostvariti.

Kao konačni zaključak, mora se napomenuti da toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom toplote apsorbuju približno 40% manje energije od tradicionalnih toplotnih pumpi vazduh–voda i od 50% do 70% manje primarne energije od tradicionalnih sistema (bojlera) na tečni naftni gas (LPG) ili dizel gorivo.

Napomene o primeni tehnologije toplotne pumpe

Uopšteno govoreći za 100% neophodne energije za grejanje, toplotne pumpe zahtevaju 20–25% električne energije, a ostatak se uzima iz niskoentalpijskih energetskih izvora. Ako razmišljamo o faktoru transformacije za električnu energiju blizu 2 (2,07 je evropski prosek), primarna energija koju potroše električne toplotne pumpe iznosi 50% od ukupne, nasuprot približno 100% koliko potroše kotlovi. Stvarno, faktor transformacije primarne energije je do 1,25 za stare tradicionalne kotlove i 0,98 za naprednije kondenzacijske vrste.

Toplotne pumpe su zato ekoloski održive, jer smanjuju na polovinu potrebe za primarnom energijom, za razliku od tradicionalnih grejnih sistema i otuda smanjuju u istom odnosu emisije gasova sa efektom staklene bašte.

U suštini, toplotne pumpe doprinose smanjenju potreba za energijom iz fosilnih goriva, na šta treba da se oslonimo bar u ovom vremenu.

Međutim, COP i EER izuzetno su važni u nastojanju da se toplotne pumpe učine ekonomičnim i efikasnim u pogledu potrošnje. Projektanti i proizvođači stambenih tipova (najviše u Japanu i Aziji) i komercijalnih tipova (Evropa i generalno u SAD), čine velike napore u investiranju i istraživanju, da bi poboljšali ove faktore što je više moguće.

Pored svih propisa koji utiču na projektovanje i primenu toplotnih pumpi, kao što su direktive EPBD, RES i EuP, standard Ecode-sign i drugi, u mnogim zemljama nameće zakonodavac restriktivne granice efikasnosti toplotnih pumpi da bi podstakao njihovu primenu. Podstrek je praktično neophodan u konkurenciji sa manje efikasnim kotlovima koji su daleko jeftiniji.

Da bi se videlo koliko daleko zakonodavac ide, tabela 1 daje granice nametnute u Italiji, da bi bile dostojne podsticajima za primenu toplotnih pumpi.

Najveće troškove sa kojima se projektanti susreću odnose se na EER sa dvostrukog gledišta.

Do sada su karakteristike čilera za hlađenje vode i klimatizacione opreme za direktno hlađenje (uglavnom „roof-top“-ova) bile optimizovane za režim hlađenja čak i kada je uređaj bio toplotna pumpa. EER je bio glavna briga. Sada, sa proširenom upotrebom toplotnih pumpi i njihovom mogućom upotrebom u reverznom ciklusu, koji zakonodavac nastoji da ograniči zbog straha od povećanja potrošnje električne energije u toploj sezoni, projektant reverzibilne toplotne pumpe mora da brine ne samo

o COP-u, već mora da u isto vreme optimizuje EER. Te dve stvari nije lako ostvariti istovremeno.

Tabela 1. Donje granice COP i EER za toplotne pumpe dostojne podsticaja. Italijanski DM 7/4/2008

Vrsta TP	Grejni režim			Režim hlađenja		
	t spolja	t unutra	COP	t spolja	t unutra	EER
	ulaz, °C	ulaz, °C		ulaz, °C	ulaz, °C	
vazduh–vazduh	db 7, wb 6	db 20, wb 15	3,9	db 35, wb 24	db 27, wb 19	3,4
vazduh–voda	db 7, wb 6	db 30, wb 35	4,1	db 35, wb 24	db 23, wb 218	3,8
rasolina–vazduh	0	db 20, wb 15	4,3	db 30, wb 35	db 27, wb 19	4,4
rasolina–voda	0	db 30, wb 35	4,3	db 30, wb 35	db 23, wb 18	4,4
voda–vazduh	15 od 12	db 20, wb 15	4,7	30 od 35	db 27, wb 19	4,4
voda–voda	0	30 od 35	5,1	30 od 35	23 od 18	5,1

I aspekt rashladnog fluida dobio je veliku pažnju. Nakon grupe HCFC-a (najviše korišćen fluid bio je HCFC22), uvođenje novog rashladnog fluida nije bilo jednostavna niti jasna odluka. Najveći broj proizvođača prešao je na HFC407C, zeotropnu mešavinu R32, R125 i R134a, koja je napravila mnogo ozbiljnih problema. Jedan od važnih je u promeni odnosa komponentata u mešavini za vreme pogona. Taj problem je rešen usvajanjem HFC410A, azeotropne mešavine (R32 + R125) koja radi kao jedan element. Kontinuirana istraživanja dovela su do mogućnosti korišćenja amonijaka (NH₃) i ugljen-dioksida (CO₂). Ovaj drugi, međutim, zahteva vrlo visok radni pritisak, približno 10 MPa i ima kritičnu tačku na 30°C koja prisiljava na realizaciju transkiritičnog ciklusa.

Drugi istraživači su na svom putu, uključujući studije o novim serijama rashladnih fluida kategorije HFCO, koji izgledaju posebno pogodni za automobilsku klimatizaciju.

Da zaključimo. Sledeća prednost toplotnih pumpi za razliku od kotlova jeste činjenica da su toplotne pumpe na raspolaganju za kapacitete od 2 kWh do bilo koga drugog kapaciteta, teoretski do beskonačnog. Kod nekih evropskih proizvođača najmanji kotao za jedan stan ima kapacitet od 22 kW; njegova efikasnost kada radi na 5 kW je zato minimalna.

Toplotne pumpe koštaju relativno više, međutim sadašnje i buduće direktive zahtevaju sve veću efikasnost kotla – koja će onda biti cena novog tipa kotla?

Potrošnja primarne energije za grejanje je daleko veća od one za hlađenje, pa je zato ušteda toplotnih pumpi u grejanju veoma, veoma važna.

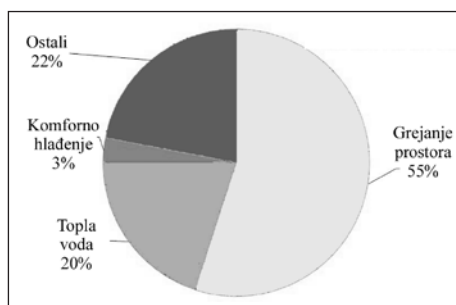
Toplotne pumpe nude mogućnosti posedovanja „pojedinačnog sistema“ – nema više kotla i klimatizera. Troškovi instalacije i održavanja novih zgrada su smanjeni.

Toplotne pumpe ne sagorevaju gas lokalno, sa odgovarajućim lokalnim emisijama gasova sa efektom staklene bašte u gradovima; one traže električnu energiju koja se proizvodi u udaljenim elektranama, gde efikasni sistemi za smanjenje emisije i regulaciju dima mogu biti povoljno instalirani i pogonjeni.

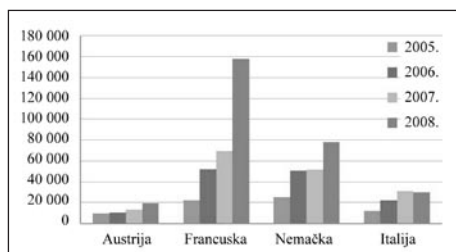
Perspektiva toplotnih pumpi u Evropi

Stanje rasprostiranja toplotnih pumpi u Evropi varira od zemlje do zemlje na upadljiv način, u zavisnosti od specifičnosti klime, ali uglavnom od učinjenih napora i podrške javnosti.

Ove napomene odnose se na toplotne pumpe obično reverzibilnog tipa, korišćene za grejanje u celoj grejnoj sezoni. Ispitivanje ne obuhvata toplotne pumpe vazduh–vazduh, koje su, bar po kvantitetu, najraširenije, posebno u području Mediterana, ali obično nisu korišćene za grejanje. U stvari, najveći deo toplotnih pumpi vazduh–vazduh ima vrlo mali kapacitet (obično oko 2 kW ili 3 kW) 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 hladnim periodima u međusezoni, ili kao dopuna centralnom grejanju zimi. Iz toga razloga one nisu interesantne za ovu studiju. Međutim, u nekim područjima (Skandinaviji) one su obično korišćene za celogodišnji ciklus: zimi i leti, mada potrebe za hlađenjem u tim zemljama nisu značajnije. Prodaja ove vrste je daleko najznačajnija na stambenom tržištu.



Grafikon 1. Krajnja potrošnja energije u zgradama. Izvor: 2009 HP Summit



Grafikon 2. Ukupna prodaja toplotnih pumpi (toplotne pumpe vazduh–vazduh nisu uključene). Izvor: EHPA

Potrošnja energije u Evropi deli se na 41% u zgradama, 31% u transportu i 28% u industriji. Najveći deo potrošnje energije u zgradama odlazi na grejanje prostora, od 50% do 60%, sa dodatnih 10–25% za grejanje sanitarne vode (u domaćinstvima i kancelarijama). Za komforno hlađenje troši se samo 3% energije (videti 3. grafikon). Smanjenje za 20% potrošnje za grejanje prostora i sanitarne vode, kako nalaže Direktiva EPBD, znači smanjiti za više od 18%–20% potrošnju energije za grejanje. Industrija toplotnih pumpi može dostići mnogo viših ciljeva, o čemu je bilo reči u ovom radu.

Grafikon 2 pokazuje tendenciju u prodaji u 4 zemlje – najvećih potrošača toplotnih pumpi u Evropskoj uniji. Podaci ne obuhvataju prodaju toplotnih pumpi vazduh–vazduh, koje se ne mogu smatrati vrlo značajnim za naše svrhe u sadašnje vreme. Prodaja u Francuskoj u 2008. bila je rekordna, sa izuzetnim povećanjem od približno dva i po puta, u odnosu na 2007. kao i

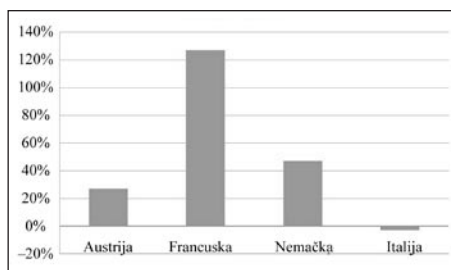
u Nemačkoj, gde je prodaja porasla za preko 50%. Situacija u Italiji je u stagnaciji; postoje razlozi za to, uključujući politički stav i raspoloživost energijom. Akcije Grupe italijanskih proizvođača toplotnih pumpi će, nadajtno se, promeniti predrasude u budućnosti (videti takođe grafikon 3).

Da bi se potvrdilo šta je prethodno rečeno o važnosti toplotnih pumpi vazduh-vazduh, grafikon 4 pokazuje udeo različitih primena toplotnih pumpi. Očekuje se da će se vrsta sa otpadnim vazduhom, kao izvorom toplote, najbrže razvijati. Međutim, najvažniji razvoj će doživeti sektor toplotnih pumpi sa zemljom kao izvorom u kome su problemi troškova rešeni ili bar oloženi. Toplotna pumpa čiji je izvor toplota zemlje ima najvećeg saveznika u glavnoj vrsti gradnje u sektoru – stambene zgrade, koje su u vlasništvu stanaara, ili velike zgrade, obično ne prihvataju takvu vrstu primene.

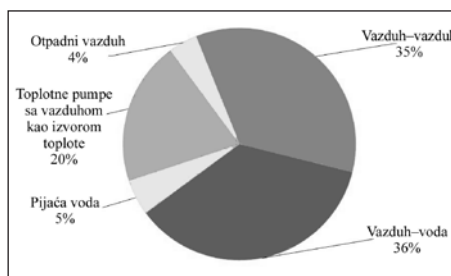
Vrlo interesantan je i grafikon 5 koji pokazuje kako su se načini primene menjali tokom poslednje 4 godine. Treba reći da je izvor „vazduh“ sve češći svuda. To je važno jer je vazduh, bez obzira na neka ograničenja zbog njegove promenljive temperature, potpuno besplatan (ne zahteva skupa i velika iskopavanja, kao toplotne pumpe sa zemljom kao izvorom toplote, ili specijalne razmenjivače toplote i ponekad bušotine nemoguće za odbacivanje), uvek na raspolaganju i ne zahteva naročite sisteme sa vodom. Isti grafikon pokazuje smanjivanje broja svih toplotnih pumpi čiji je izvor voda. Ne treba naglašavati da je vazduh kao izvor teško koristiti u područjima sa veoma hladnom klimom. Međutim, savremena tehnologija toplotnih pumpi i progres čiji smo svedoci, znatno umanjuju probleme povezane sa odmrzavanjem itd.

Grafikon 6 može biti manje interesantan jer prodaja u odnosu na broj stanovnika nije pokazatelj za male zemlje.

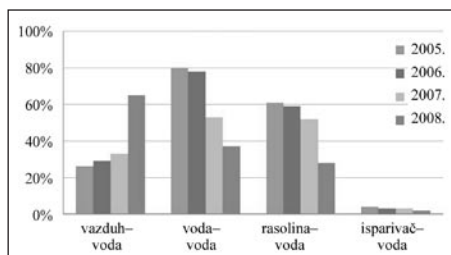
U zaključku, opšta tendencija je pozitivna. Industrija toplotnih pumpi će svakako biti u stanju da prevaziđe neke „ćorsokake“. Ova vrsta primene biće glavni faktor u pokušaju rešava-



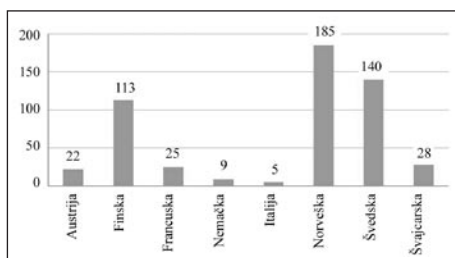
Grafikon 3. Porast tržišta toplotnih pumpi u 2008. u odnosu na 2007. (toplotne pumpe vazduh-vazduh nisu uključene). Izvor: EHPA



Grafikon 4. Udeo toplotnih pumpi prema vrsti u Evropi, 2008. Izvor: EHPA



Grafikon 5. Promena udela toplotne pumpe na tržištu – samo u segmentu grejanja. Izvor: EHPA



Grafikon 6. Prodaja toplotnih pumpi u 2008. godini na 10.000 stanovnika (toplotne pumpe vazduh–vazduh nisu obuhvaćene; izvor: EHPA)

nja naših problema energetske i zaštite životne sredine.

Vrste energije i njihove merne jedinice

Primarna energija

To je energija koja postoji u prirodi i dobija se iz prirodnih izvora kao što su nafta, ugljenik, prirodni gas, drvo ili biomasa, nuklearna goriva, vodopadi, vetar, geotermalna i sunčeva energija.

Tabela 2. Referentna godina, generalno

Referentna godina – 2005.						
Stanovi grejani neprekidno 19 000 000	Broj stanova	Ukupna potrošnja primarne energije	Jedinična potrošnja primarne energije	Efikasnost sistema	Potreba za jediničnom sekundarnom energijom odnosno opterećenjem	Ukupna potreba za opterećenjem
		TOE	TOE		TOE	TOE
Kotlovima	18 145 000	21 490 000	1,18	0,67	0,79	14 334 555
Integrisanim toplotnim pumpama*	1 500 000	55 500	0,03	3/2,17**	0,04	50 431
UKUPNO GREJANJE		21 545 600				14 384 981
TP korišćene samo za hlađenje	5 500 000	575 391	0,10	2,6/2,17**	0,12	678 363
UKUPNO HLAĐENJE		575 391				678 363
Ukupna potrošnja za grejanje + hlađenje		22 120 891				15 063 344

* Toplotne pumpe su korišćene u specijalnim prilikama da bi namirile grejne potrebe.

** Toplotne pumpe nisu korišćene u grejnom režimu, već samo u režimu hlađenja leti.

Zbog izuzetno široke upotrebe nafte, jedinica koja se koristi za merenje primarne energije je TOE – ekvivalent toni nafte: 1 TOE odgovara energiji proizvedenoj iz 1 tone nafte, i bez ulaženja u detaljan proračun, po definiciji IEA/OCSE jednak je 11.628 kWh. Tako je 1 kWh primarne energije = $0,086 \cdot 10^{-3}$ TOE.

Sekundarna ili upotrebljiva energija

To je električna energija na raspolaganju preko glavnog priključka u elektranama, ili, bolje reći, postrojenja za proizvodnju električne energije. Ona obuhvata mnogo i ponekad različite faktore kao što su efikasnost pretvaranja primarne energije u

centralnom postrojenju, gubitak u prenosu elektroenergije, pretvaranje i distribucija. U Evropi, odnos između primarne i upotrebljive energije određen je i iznosi 2,09. Međutim, taj odnos neznatno varira u raznim zemljama; u Italiji je 2,17. Zbog toga svaki kWh koji apsorbuje naša električna oprema na glavnom priključku jednak je 2,09 kWh proizvedena u elektropostrojenju. Dakle, 1 kWh koji apsorbuje naša oprema jednak je $1 \cdot 2,17 \text{ kW}$ proizvedenog u elektrani = $1 \cdot 0,086 \cdot 10^{-3} \text{ TOE}$.

Ove napomene mnogi stručnjaci mogu smatrati suvišnim. Ali će one biti korisne u razmatranju u ovom radu.

Tabela 3. 2020. – generalno – pri BAU uslovima

Scenario 2020, uslovi BAU			
Vrsta grejanih apartmana	Apartmani	Jedinični zahtevi za opterećenjem	Potreba za ukupnim opterećenjem
		TOE	TOE
Fond stanova 2005.	18 145 000	0,79 (tradicionalni kotlovi)	14 334 550
Novi stanovi	3 750 000	0,55 (**kotlovi)	2 073 750
Sa integrisanim toplotnim pumpama	1 500 000	0,03	50 431
Ukupno stanova	21 895 000		
Potreba za ukupnim opterećenjem			16 458 731

Godišnji pogon

Razne direktive, i one na nivou Evrope, i one lokalne, podstiču na najveće moguće smanjenje potreba za energijom, a onda i emisija gasova sa efektom staklene bašte. Na našem polju, KGH, grejni sistemi su najveći potrošači, pa zato najveća pažnja treba da bude poklonjena njima. U isto vreme, ne možemo a da ne obratimo pažnju na opštu potrebu za letnjom ugodnošću za koju se pokazalo da utiče na čovekovu produktivnost.

Međutim, odvojeni sistemi za grejanje i hlađenje prostora postaju neodrživi i briga koja nastaje iz potrebe za nastajanjem dva potrošača je stvarna i ne može se negirati.

Dobro znamo da pumpe nude vrlo interesantne mogućnosti za smanjenje potrošnje energije za grejanje. Ono što intrigira jeste mogućnost da toplotne pumpe budu korišćene za potpunu klimatizaciju tokom cele godine i da ta vrsta pogona vodi ka ekstenzivnom smanjenju ukupne godišnje potrošnje.

Scenarija buduće uštede energije. Slučaj Italije

Italijanska Grupa proizvođača toplotnih pumpi, u saradnji sa autorom ovoga rada, obavila je jedno značajno proučavanje. Verujemo da je ta studija, ili, bolje, rezonovanje o njoj, primenljiva svuda i da predstavlja nepobitnu kalkulaciju koja pokazuje koliko integralni sistemi grejanja i hlađenja, ostvareni toplotnim pumpama, mogu drastično smanjiti potrošnju energije i emisije.

Tabela 4. Razvoj u uslovima BAU u 2020.

Uslovi BAU u 2020.					
GREJANJE					
Stanovi neprekidno grejani 21 895 000	Broj stanova	Jedinični zahtevi za sekundarnom energijom/ opterećenjem	Ukupna potreba za opterećenjem	Jedinična potrošnja primarne energije	Ukupna potrošnja primarne energije
		TOE	TOE	TOE	TOE
Kotlovima	21 453 047				
Postojeći	17 778 047	0,79	14 105 481	0,95	16 889 145
Novi (***)kotlovi)	3 675 000	0,55	2 021 250	0,65	2 388 750
Ukupno grejanje kotlovima			16 126 731		19 277 895
Toplotnim pumpama	442 953				
Zamenjujući kotlove	266 823	0,79	210 000	0,75	200 484
Obnovljeni	103 797	0,79	82 000	0,46	47 451
Novi	72 333	0,55	40 000	0,32	22 907
Ukupno stanova	21 895 000				
Ukupno grejanje toplotnim pumpama			332 000		270 742
UKUPNO GREJANJE			16 458 731	0,12	19 548 637
HLAĐENJE					
Stanovi sa klim. kao 2005.	5 500 000				
Novi stanovi	5 500 000				
Zamene		0,12	1 774 572		1 172 148
Modifikacije		0,12	12 600		10 256
Novi		0,08	6 300		5 256
Ukupno hlađenje			1 793 472		1 187 998
UKUPNO GREJANJE I HLAĐENJE					20 736 634

Sledeće napomene mogu se primeniti na bilo koju vrstu toplotnih pumpi (vazduh, voda, tlo), razvijenih imajući u vidu ciljeve koje je postavila Evropska direktiva 20/20/20, tj. 20% smanjenja potrošnje energije, 20% manje emisija gasova sa efektom staklene bašte do 2020, sa dodatkom od 5% upotrebe obnovljivih izvora. Studija pokriva različite klimatske zone, ali dati primer se odnosi samo na područje sa hladnom klimom. Pošto je glavno grejno opterećenje u severnoj Italiji, ono može biti primenljivo na kontinentalne klimatske uslove.

Tabela 5. 2020. – generalno, u uslovima BAT

SCENARIO 2020. – USLOVI BAT			
Ukupno stanova neprekidno grejanih 21 895 000	Stanova	Jedinična potreba za opterećenjem	Ukupna potreba za opterećenjem
		TOE	TOE
Fond stanova 2005.	18 145 000	0,79	14 334 550
Novi stanovi	3 750 000	0,55 (**kotlovi)	2 073 750
Sa integrisanim toplotnim pumpama	1 500 000	0,03	50 431
Ukupno stanova	21 895 000		
Ukupne potrebe za opterećenjem			16 458 731

Sektor domaćinstva je prvi koji treba uzeti u obzir – tercijarne zgrade bile su takođe proučavane, ali nisu ovde uključene, da bi ovo izlaganje bilo kraće.

Prvo je određena referentna godina. Zbog različitih prošlih sezona – suviše hladnih ili suviše toplih – izabrana je 2005. godina. Pored toga, za tu godinu postoje tačni podaci u ENEA, Nacionalnoj agenciji za energiju i životnu sredinu. Iz nacionalne statistike uzeta je grupa stanova – onih koji, po definiciji, imaju najmanje tri prostoriye u zgradama sa najmanje dva stana, ili (uglavnom) stambenim zgradama.

Oprema korišćena u zemlji u 2005. bila je elaborirana na bazi statistike CoAer i Assotermica, dveju asocijacija proizvođača opreme za KGH i kotlova. Zato je 2005. „referentna godina“.

Ukupna potrošnja je bila namirivana u TOE primarne energije. Polazeći od tih podataka i znajući broj obuhvaćenih stanova i koeficijente pretvaranja za sekundarnu i upotrebljivu energiju, a to je u Italiji 2,17, može se ustanoviti godišnja jedinična potrošnja po stanu. Pošto je studija uzela u obzir stvarnu ukupnu potrošnju (ENSA), možemo pretpostaviti da je potreba za energijom u toj godini potpuno zadovoljena, pa tako pretpostavljamo da je sekundarna energija jednaka zahtevanom opterećenju grejanog prostora. Tabela 2 je očiglednija – ona će biti korišćena kao referentna tačka za razvoj budućih scenarija.

To znači da ako se želelo zadovoljiti potrebu za grejanjem (potreba u pogledu opterećenja) od ukupno 14 384 981 TOE, trebalo je potrošiti primarne energije 21 490 000 TOE. U ovoj tački su izložena dva buduća scenarija za 2020. Prvi je označen kao BAU – Business As Usual – *posao kao i obično*; drugi je projekcija ostvarena primenom *najbolje raspoložive tehnologije* – engl. BAT – Best Available Technology.

Razvoj u uslovima BAU

U 2020, očekuje se da će povećanje broja stanova iznositi 20%, pa će otuda 2020. broj stanova koji se kontinuirano greju dostići 21 895 000, za koje će sekundarna energija ili zahtevi za opterećenjima biti izračunati prema tabeli 3.

Za razvoj BAU, postojeći odnosi zgrade i sistema ostaju kao što su bili u referentnoj godini. Dodatnih kumulativnih (15 godina) 19,08% nove gradnje (novih zgrada) bilo je predviđeno.

Tabela 6. Razvoj do 2020. u uslovima BAT

Uslovi BAT 2020.					
GREJANJE					
Neprekidno grejani stanovi 21 895 000	Broj stanova	Jedinični zahtevi za sekundarnom energijom/opterećenjem	Ukupna potreba za opterećenjem	Jedinična potrošnja primarne energije	Ukupna potrošnja primarne energije
		TOE	TOE	TOE	TOE
Kotlovima	14 678 000				
Stari sistemi	3 603 000	0,79	2 864 370	0,90	3 242 700
Postojeći	9 200 000	0,79	7 268 000	0,80	7 360 000
Novi	1 875 000	0,55*	1 050 000	0,57	1 068 750
Lokalno grejanje kotlovima			11 164 370		11 671 450
Toplotnim pumpama	7 263 910				
Zamena kotlova	2 763 910	0,79	210 000	0,75	200 484
Obnovljeni	2 625 000	0,79	82 000	0,46	47 451
Novi	1 875 000	0,55*	40 000	0,32	22 907
Ukupno stanova	21 895 000				
Ukupno grejano toplotnim pumpama			2 294 114		3 195 739
UKUPNO GREJANJE			16 458 731	0,12	14 867 189
Stanovi sa klimatiz. kao 2005.	5 500 000				
Novi stanovi	11 000 000				
Zamena	11 008 000	0,12	1 320 960		719 130
Modifikacija	2 625 000	0,12	315 000		239 983
Novi	3 750 008	0,08	157 500		119 577
UKUPNO HLAĐENJE			1 793 462		1 087 690
UKUPNO GREJANJE I HLAĐENJE					15 945 879
Uštede BAU u odnosu na BAT sa godišnjom klimatizacijom					23%

Broj godišnjih intervencija na grejnim sistemima po predviđanjima je konstantan, što znači kao što je danas.

Za nove zgrade je predviđeno uvođenje visoke klase kotlova (sa tri zvezdice), kako zahtevaju sadašnji obavezujući propisi. Ostali zadržavaju stare tradicionalne tipove kotlova.

Tendencija instaliranja toplotnih pumpi ostala je praktično konstantna, što znači da je grejanje pomoću toplotne pumpe integrisana vrsta grejanja, kako je već opisano.

Razvoj u uslovima BAT

Zahtevi u pogledu opterećenja nasuprot uslovima BAU, konstantni su, pošto se ne predviđa naročito poboljšanje načina građenja. U stvari, do poboljšanja će doći i situacija će biti bolja.

Za razvoj u uslovima BAT predviđanja su sledeća:

– Intervencije na postojećim zgradama – zamena 70% tradicionalnih kotlova sa kotlovima visoke klase (3 zvezdice) i 30% sa toplotnim pumpama. To je veoma konzervativan trend, pošto bi bilo vrlo lako ostvariti ogromno smanjenje potrošnje energije (do 50%) pretpostavljajući da će svi kotlovi biti zamenjeni toplotnim pumpama.

– Instalacije u novim zgradama – 50% kotlova (25% sa tri zvezdice i 25% kondenzacionog tipa) i 50% toplotnih pumpi. Ove promene imaju odraza ne samo na efikasnost opreme, da bi se dostigli zahtevi za opterećenjem, već i na koeficijent korišćen za prelazak sa zahteva za energetske opterećenjem na potrošnu primarne energije.

Grejanje kotlovima smanjuje se sa 19 277 895 primarne energije, na 11 671 450, jer je približno 30% od ukupno razmatranih stanova prešlo na toplotne pumpe. Grejanje toplotnim pumpama je očigledno prešlo sa 270 742 primarne energije na 3 195 739. Međutim, ukupna potrošnja primarne energije za grejanje opala je sa 19 548 637 na 14 867 189 TOE, smanjena za približno 24%.

Ukupno hlađenje, sada učinjeno dostupnim svim razmatranim stanovima (oni koji još uvek koriste kotlove imaju deo toplotnih pumpi u sastavu grejanja; ostali su nove instalacije) ostaje praktično isto, bez obzira na znatno povećanje ugodnosti.

Svi detalji su razmotreni, primarna energija uštedena u uslovima BAT nasuprot uslovima BAU, približno iznosi 23%. I ovo poboljšanje ne uzima u obzir nijedno važnije unapređenje u vrsti građevinske konstrukcije.

U svakom slučaju, pažnja je posvećena činjenici da svi podaci koji se nalaze u prethodnim tabelama, mada su dati kao konkretni brojevi podaci u svrhu proračuna, treba da budu razmatrani hipotetički, budući da predstavljaju opšti pogled na situaciju.

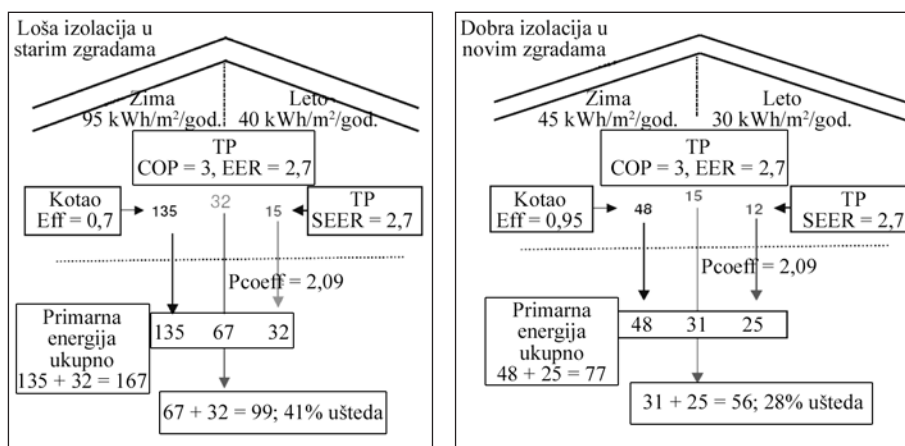
Praktičan savet za smanjenje potrošnje energije

Ovde su dve šeme koje pokazuju na jasan način pogodnost upotrebe toplotnih pumpi za stvaranje godišnje pune ugodnosti. Drugim rečima, kako jedna toplotna pumpa doprinosi uštedi energije i smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bššte, čak i pri korišćenju za hlađenje leti, koje je u mnogim slučajevima prepreka koju političari i oni koji brinu o životnoj sredini postavljaju da bi obeshrabrili upotrebu toplotnih pumpi.

Studija se odnosi na male kuće od približno 100–200 m² i predstavlja slučajeve starih postojećih zgrada, nasuprot savremenim, visoke klase (klasa A?) gradnje.

U staroj zgradi u radu su dva odvojena sistema: stari tradicionalni kotao još uvek u upotrebi u preko 90% zgrada, i jedna toplotna pumpa praktično u režimu hla-

đenja, samo leti. Koeficijent snage za primarnu energiju u elektranama u Evropi prosečno je 2,09.



Proračun pokazuje da se 42% energije uštedi zamenom starih kotlova toplotnom pumpom koja radi cele godine. Isti proračun je izvršen za novu zgradu visoke kategorije; u ovom slučaju ušteda energije iznosi 28%. Pogonske koristi zavise od troškova za električnu energiju, zatim za svu opremu i njeno instaliranje (što je za nove zgrade manje važno), bez izostavljanja velikih prednosti koje ima samo jedan sistem (regulacija, snabdevanje energijom, održavanje). U mnogim slučajevima, period povraćaja uloženog kapitala je manji od 5 godina.

Zaključci

Nema sumnje da je tehnologija toplotnih pumpi jedna od najboljih na raspolaganju, u stanju da ostvari smanjenje potrošnje energije i emisija gasova sa efektom staklene bašte.

Izvesne teškoće u njenoj primeni dolaze od visokih troškova njene tehnologije i električne energije. Međutim, obe teškoće se mogu prevazići.

Sledeća teškoća dolazi iz straha od povećanja ukupnih potreba za elektroenergijom za njeno korišćenje leti. Jednostavan proračun međutim pokazuje suprotno; upotreba toplotne pumpe koja produžava ugodnost na celu godinu održivi je sistem, pošto smanjuje potrebe za primarnom energijom.

kgg