

Nenad Miloradović, spec.dipl.inž.  
Petar Vasiljević, dipl.maš.inž.  
Mr Milan Petrović, dipl.maš.inž.  
Marija Milenić, dipl.inž.geol.  
JKP „Beogradske elektrane“  
Savski Nasip 11, 11.070 Novi Beograd  
[n.miloradovic@beoelektrane.co.yu](mailto:n.miloradovic@beoelektrane.co.yu)  
[nesoni@yubc.net](mailto:nesoni@yubc.net)

## **Gradske toplane – podrška održivom razvoju grada**

Oko 40% potrošnje energenata otpada na zagrevanje zgrada. U ovom trenutku toplane u Beogradu koriste isključivo fosilna goriva, dok obnovljivi izvori energije (OIE) još uvek nisu zastupljeni. Potencijal korišćenja OIE kod nas je izuzetno veliki, jer se u sklopu daljinskog grejanja može koristiti solarna energija, geotermalna energija, spaljivanje biomase i smeća, otpadna toplota iz industrijskih procesa i energija dobijena iz kanalizacije.

U toku su prvi koraci za korišćenje OIE u JKP „Beogradske elektrane“:

- Toplana „Cerak“ koja, osim za grejanje, isporučuje i potrošnu toplu vodu na Čukarici i Rakovici predstavlja najatraktivnije mesto za postavljanje prve solarne toplane u Srbiji. Ona bi radila u sklopu postojeće toplane. Prve procene veličine budućeg solarnog postrojenja idu na kapacitet od 5 MW i 20.000 m<sup>2</sup> solarnih kolektora.
- U krugu toplane na Konjarniku, pri kraju je pilot projekat korišćenja hidrogeotermalne energije za potrebe grejanja/hlađenja prostora od više stotina kvadratnih metara. Upotreboom toplotne pumpe i niskotemperaturnog načina grejanja (preko zidnih panela) obezbedjeno je preko 50 kW toplotne energije, dovoljne za grejanje zgrade od 750 m<sup>2</sup>.
- Na prostoru banje Ljig, u okviru istoimenog hotela u vlasništvu Beogradskih elektrana, realizuje se projekat supstitucije energenta za grejanje – uglja, putem korišćenja hidrogeotermalne energije termalnih podzemnih voda temperature 25°C. Grejna površina hotela je 1.700 m<sup>2</sup>, a sračunate potrebe u energiji iznose oko 200 kW.
- JKP “Beogradske elektrane” su za grejanje stambenog naselja Reva II u Kotežu predvidele izgradnju dva kotla na biomasu (sojina i pšenična slama), sa toplotnim kapacitetom od po 5 MW. U blizini naselja Krnjača nalaze se veliki kompleksi obradivih površina “Poljoprivrednog kombinata Beograd” (PKB-a), koje garantuju dovoljne količine slame za sagorevanje.

Iskustva koja će se steći izgradnjom ovih postrojenja mogu da doprinesu boljem razumevanju značaja gradskih toplana u održivom razvoju grada.

**Ključne reči:** daljinsko grejanje, solarna energija, geotermalna energija, biomasa

## **1. UVOD**

Oko 40% potrošnje energenata otpada na zagrevanje zgrada (vidi literaturu [1]). Pored individualnog načina zagrevanja zgrada, u Srbiji je u 55 gradova razvijen sistem daljinskog grejanja. Beograd čini najveći deo tog toplotnog konzuma, a odgovornost za kvalitet daljinskog grejanja u našem glavnom gradu nose JKP „Beogradske elektrane“. U ovom trenutku toplane u Beogradu koriste isključivo fosilna goriva, dok obnovljivi izvori energije (OIE) još uvek nisu zastupljeni. Potencijal korišćenja OIE kod nas je izuzetno veliki, jer se u sklopu daljinskog grejanja može koristiti solarna energija, geotermalna energija, spaljivanje biomase i smeća, otpadna toplota iz industrijskih procesa i energija dobijena iz kanalizacije. Primena OIE u sklopu postojećih ili novih toplana znatno doprinosi održivom razvoju: zavisnost od fosilnih goriva se smanjuje, dobija se ušteda emisije CO<sub>2</sub>, a usled toplifikacije dolazi do gašenja kotlarnica i boljeg kvaliteta vazduha u gradu (daljinsko grejanje je znatno povoljnije od individualnog ako se ima u vidu zaštita životne sredine).

U toku su prvi koraci za korišćenje OIE u JKP „Beogradske elektrane“:

- primena solarne energije u okviru postojeće toplane Cerak,
- korišćenje hidrogeotermalne energije uz upotrebu toplotne pumpe u krugu toplane Konjarnik,
- korišćenje hidrogeotermalne energije uz upotrebu toplotne pumpe u sklopu hotela Ljig,
- izgradnja kotlova na biomasu u naselju Kotež.

## **2. PRIMENA SOLARNE ENERGIJE U TOPLANI CERAK**

### **2.1. OPŠTI PODACI O TOPLANI CERAK**

Toplana “Cerak“ funkcioniše od 1985. godine u sklopu JKP “Beogradske elektrane“. Toplotna energija se isporučuje za grejanje tokom grejne sezone (od oktobra do aprila), a za potrošnu toplu vodu isporučuje se ograničenom broju potrošača tokom cele godine.

Kao osnovno gorivo koristi se prirodni gas, a moguće je i prebacivanje pogona na rad sa mazutom.

Postojeće stanje karakteriše ukupna instalisana snaga od oko 245 MW u kotlovima. Instalisana snaga toplotnog konzuma je 230 MW, od čega se 16,3 MW odnosi na potrošnu toplu vodu. Potrošna topla voda se iz 69 podstanica isporučuje u oko 7.000 stanova.

Potrošači se toplotnom energijom snabdevaju putem dva magistralna toplovoda, a preko toplotnih podstanica sa razmenjivačima topote. Projektovani temperaturni režim toplovoda je 150°C/75°C za spoljnu projektну temperaturu. Temperaturni režim “kliza“ u zavisnosti od spoljne temperature, dok podstanice imaju konstantni protok. Potrošna topla voda isporučuje se samo putem magistrale M1, prečnika DN 700. Ukupna zapremina vode u obe magistrale iznosi oko 4.700 m<sup>3</sup>. Ukoliko se posmatra samo deo toplovoda koji isporučuje PTV tokom leta, ova zapremina iznosi oko 2.200 m<sup>3</sup>. Toplana se nalazi na periferiji Beograda, na placu čija ukupna površina iznosi oko 8 ha.

U sklopu VII javnog poziva NPEE, zajedno su konkursali Laboratorija za termotehniku Instituta za nuklearne nauke “Vinča” i JKP “Beogradske elektrane“ sa projektom broj 273024 – “Istraživanje i razvoj supstitucije fosilnih goriva sunčevom energijom u proizvodnji sanitарне tople vode u JKP Beogradske elektrane na TO Cerak“. Rukovodilac projekta je dr Vukman Bakić iz Instituta za nuklearne nauke “Vinča”. Realizacija ovog trogodišnjeg istraživačkog projekta otpočela je u julu 2006. godine.

### **2.2. PREDNOSTI CENTRALIZOVANE PRIMENE SOLARNE ENERGIJE U SISTEMIMA ZA ISPORUKU POTROŠNE TOPLE VODE**

Prednosti centralizovane isporuke potrošne tople vode uz korišćenje sunčeve energije jesu sledeće:

- Zbog faktora istovremenosti potrošnje smanjuje se ukupni kapacitet konzuma (to znači da je moguće ostvariti željene parametre ukoliko se smanji snaga toplotnog izvora);

- Radne temperature u sistemima daljinskog grejanja atraktivne su za primenu termalnih solarnih kolektora;
- Velike solarne toplane su 5 puta jeftinije po  $m^2$  solarnih kolektora od instalacija na krovovima zgrada, a efikasnost je u tom slučaju za 20% veća [3];
- Efikasniji su centralizovani monitoring i održavanje [3];
- Kod visokih zgrada nema dovoljno prostora na krovovima za instalaciju solarnih kolektora, te je njihova instalacija u toplani povoljna [11];
- Kod većine zgrada krovovi su orijentisani slučajno, a ne prema jugu, gde su najveći dobici sunčevog zračenja [11];
- Neregulisano je vlasništvo nad krovovima u većini velikih stambenih zgrada;
- Moguća je izgradnja velikog solarnog postrojenja u kratkom vremenskom roku, čija primena bi bila jednostavna [3];
- Postojeće toplane već imaju izgrađenu distributivnu mrežu i kotlove za dogrevanje vode, pa se time smanjuju investicioni troškovi postrojenja za centralizovano snabdevanje potrošnom toplom vodom. Moguća instalacija izvodi se samo uz poboljšanja na toploplotnom izvoru;
- Postojeća toplovodna mreža dimenzionisana je za zimski režim, pa voda u toplovodima može poslužiti kao ogroman rezervoar koji bi nivelisao potrošnju (na primer, toplana "Cerak" ima zapreminu vode u toplovodima od oko  $2.200 m^3$  u letnjem režimu rada);
- Niža cena akumulatora toplove [3].

Osim toga, opšte prednosti primene sunčeve energije važe i u ovom slučaju. Navodimo te prednosti ove vrste energije:

- Besplatna i dostupna;
- Ekološki čista (nema sagorevanja, pa ne dolazi do emisije štetnih gasova, kao što su  $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $NO_x$  i slično);
- Pripada obnovljivim izvorima energije (OIE), pa ne može doći do iscrpljivanja resursa (za razliku od uglja, nafte i gasa);
- Doprinosi održivom razvoju (pod održivim razvojem se podrazumeva razvoj društva koji je stabilan tokom dugog niza generacija, tj. energetski resursi se koriste u onoj meri koju obezbeđuje obnavljanje prirode) [2] ;
- U kombinaciji sa klasičnim izvorima energije, povećava energetsku efikasnost postrojenja.

### **2.3. OPIS BUDUĆEG SOLARNOG POSTROJENJA**

U okviru saradnje sa Laboratorijom za termotehniku Instituta "Vinča" razmatraju se mogućnosti primene ravnih pločastih, kao i vakuumskih solarnih kolektora. Predviđa se ugradnja 5.000 do 10.000  $m^2$  solarnih kolektora. Pošto svaki solarni sistem prati akumulator toplove, analiziraju se varijante sa akumulatorom toplove i bez njega, pošto se prepostavlja da znatna količina vode u toplovodu može zapravo da posluži kao akumulator toplove. Tečnost koja će cirkulisati kroz kolektore biće verovatno propilen-glikol, a zbog sprečavanja zamrzavanja. Cirkulacioni krug solarnih kolektora biće povezan na povratni vod magistrale, preko pločastog izmenjivača toplove. Pločasti izmenjivač toplove je neophodan zbog razlike u pritiscima i vrsti tečnosti dva cirkulaciona kruga.

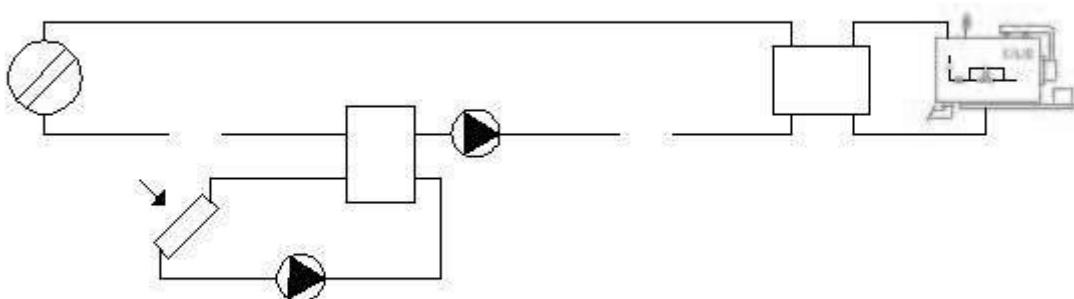
Predviđa se izgradnja malog pratećeg objekta, u kojem bi bili smešteni pločasti izmenjivač toplove, cirkulacione pumpe, ekspanzioni sud, kao i prateća automatika i merna oprema. Raspolored opreme na zemljištu TO "Cerak" (mesta predviđena za solarne kolektore, prateći objekat i akumulator toplove) ušao je u proceduru za izradu Detaljnog urbanističkog plana grada Beograda.

U sklopu projekta za potrebe budućeg solarnog postrojenja proširena je saradnja između JKP "Beogradske elektrane" i Republičkog hidro-meteorološkog zavoda Srbije, i to putem dostavljanja meteoroloških podataka o globalnom i difuznom sunčevom zračenju, kao i o spoljnim temperaturama tokom cele godine - na satnom nivou.

Za potrebe dinamičke simulacije Institut Vinča je nabavila Softwear T-SOL i TRNSYS u cilju praćenja potrošnje goriva i parametara rada na osnovu raspoloživog sunčevog zračenja i načinjen je izveštaj Ministarstvu nauke posle prve godine projekta. Takođe JKP BE je pokrenula proceduru kod Zavoda za Urbanizam radi blagovremenog dobijanja potrebnih urbanističkih dozvola neophodnih za

izradu Idejnih i Glavnih projekata, pošto su u gradskom budžetu predvidjena sredstva za početak realizacije projekta. Ostvaren je i kontakt sa menadžmentom toplane Marstal u Danskoj (najvećoj solarnoj toplani na svetu) koji je zaineresovan da savetima pomogne realizaciju postrojenja na Ceraku. JKP BE je pokrenula tender za nabavku kalorimetara i regulacione opreme u 17 podstanica sa PTV, čime se mogu pratiti i memorisati podaci o topotnoj inerciji toplovoda (koja je bitna za dimenzionisanje solarnog postrojenja, dok u prvoj etapi izgradnje solarnog postrojenja neće biti akumulatora toplove). Smatra se da se velika termo-akumulaciona svojstva samog toplovoda može iskoristiti za delimično skladištenje topotne energije.

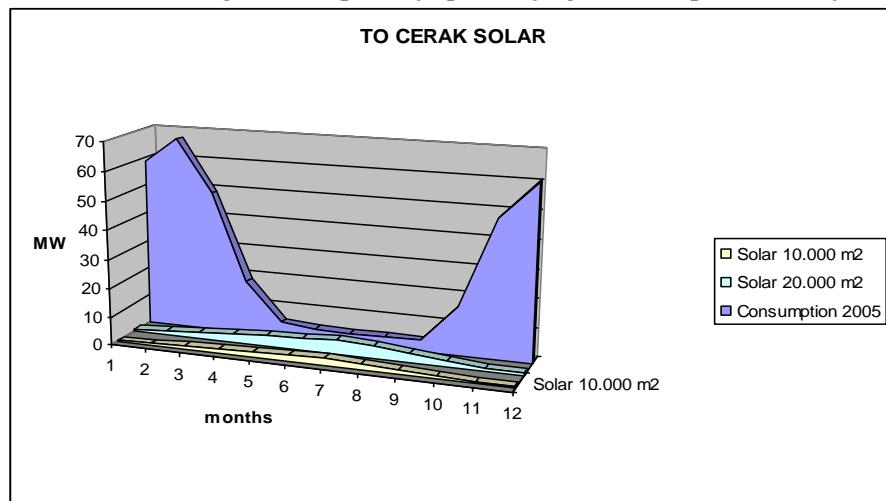
Instalacija solarnih kolektora moguća je u etapama. U prvoj etapi bilo bi postavljeno 200-300 m<sup>2</sup> kolektora. Praćenjem njihovog rada dobili bi podaci potrebni za konačnu fazu.



Sl. 1. – Principijelno povezivanje solarnih kolektora na toplovod bez rezervoara za toplu vodu

#### 2.4. DOBIJENI REZULTATI

Dinamička simulacija, koja je rađena u Institutu Vinča, za letnji period od maja do septembra odnosi se na površinu pod solarnim kolektorima od 10.000 m<sup>2</sup>. Udeo solarne energije se kreće u rasponu od 17% do 25% mesečno [12]. Takođe, urađena je i procena uštede energeta za vrednost površine od 20.000 m<sup>2</sup>. Referentna godina za praćenje potrošnje goriva u toplani Cerak je 2005.



Graf. 1. – Procenjeni udeo solarne energije u potrošnji goriva za toplanu Cerak po mesecima u zavisnosti od površine pod solarnim kolektorima

### **3. KORIŠĆENJE HIDROGEOTERMALNE ENERGIJE U KRUGU TOPLANE KONJARNIK**

Hidrogeološko-hidrogeotermalna istraživanja na području toplane na Konjarniku počela su u oktobru 2006. godine, i trajala su do oktobra 2007. godine. Tokom ovog perioda izvršen je veliki broj različitih istraživanja koja su zbog obima samo nabrojana u ovom radu.

Novourađeni istražno-eksploatacionali bunar IEBK-1/07 nalazi se u okviru toplane na Konjarniku u Pljevaljskoj ulici bb. Istraživanja su generalno bila podeljena na terenska, laboratorijska i kabinetska. Metodološki posmatrano, izvedena istraživanja na ovoj lokaciji bila su podeljena u 2 faze i podrazumevala su izvošenje sledećih metodskih postupaka [11]:

#### **Faza 1. Obezbeđenje resursa**

- Prikupljanje i odabir postojećih literaturnih podataka i informacija o geološkoj građi i postojećim bunarima u okolini Toplane,
- Regionalno geološka istraživanja,
- Geofizička ispitivanja,
- Istražno bušenje istražne bušotine IBK-1/06,
- Geofizički karotaž,
- Proširenje istražne bušotine i bušenje istražno-eksploatacionog bunara IEBK-1/07
- Ugradnja bunarske konstrukcije u bunar IEBK-1/07,
- Ispiranje bunarske konstrukcije,
- Ugradnja filterskog zasipa,
- Ugradnja glinenog tamopona,
- Razrada bunara IEBK-1/07 metodom aerlifta,
- Razrada bunara IEBK-1/07 hemijskom metodom pomoću NaCl,
- Testiranje bunara IEBK-1/07, i
- Ispitivanje kvalitativnih karakteristika vode iz bunara IEBK-1/07

Izvedeni test crpenja je pokazao da se iz istražno-eksploatacionog bunara IEBK-1/07 može dobiti količina vode od oko 100 m<sup>3</sup>/dan. Praćenjem temperaturnog režima tokom crpenja utvrđena je temperatura vode od oko 19°C. Kvalitativna svojstva vode su utvrđena na osnovu hemijske analize izvršene u laboratoriji za hidrohemiju na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu. Prema dobijenim rezultatima vode iz ovog bunara su hidrokarbonatno-natrijumske, sa mineralizacijom od 830 mg/l.

#### **Faza 2. Korišćenje dobijenog resursa**

Na osnovu preliminarno utvrđenih količina (1 l/s), temperature (19-20 °C) i hemijskog sastava jasno je da se radi veoma zanimljivoj i atraktivnoj pojavi na teritoriji Beograda.

Prvobitni zahtev Investitora bio je korišćenje ovih voda u tehničke, proizvodne i protivpožerne svrhe. Ovaj zahtev u najvećem je ostvariv i to po sledećim aspektima korišćenja:

- sa aspekta snabdevanja vodom u tehničke svrhe – u potpunosti
- sa aspekta snabdevanja vodom u proizvodne svrhe – delimično
- sa aspekta snabdevanja vodom u protivpožarne svrhe – u potpunosti

Međutim, kako preliminarni podaci ukazuju na daleko veći značaj ovih podzemnih voda predloženo je razmatranje dodatnih aspekata korišćenja i to [11]:

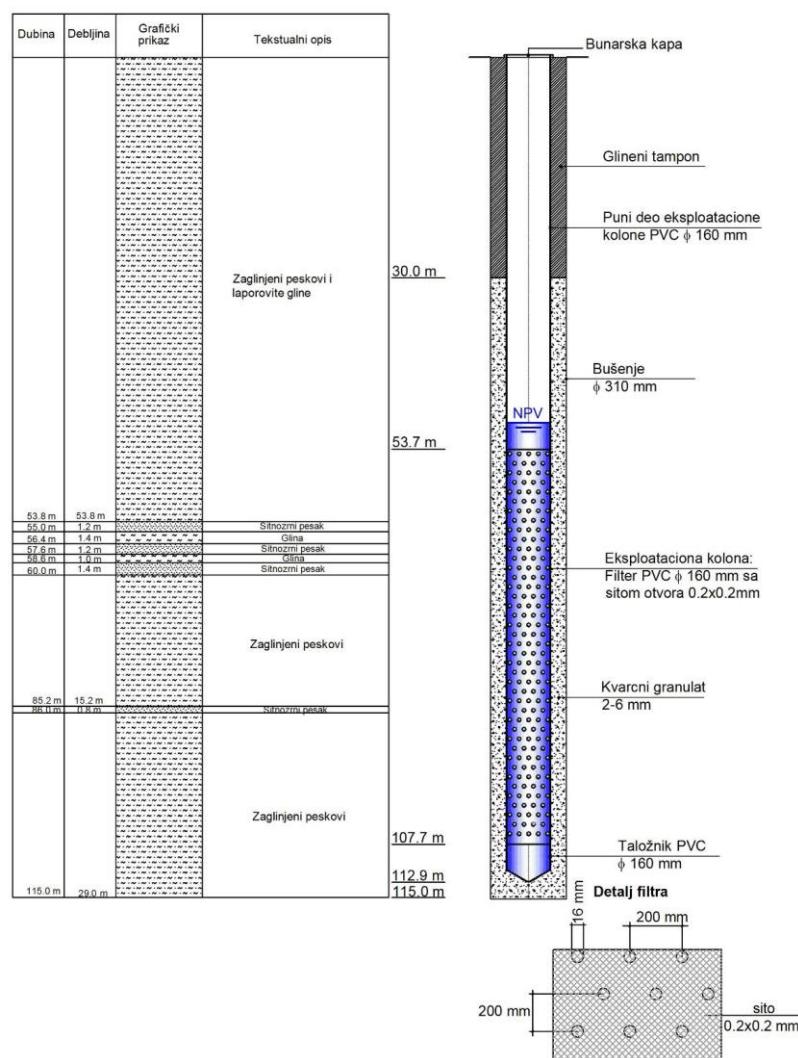
- u neposrednoj blizini istražno-eksploatacionog bunara IEBK-1/07 formiranje tzv. „show room“-a za korišćenje hidrogeotermalne energije niske entalpije, gde će budući posetioci moći da se na licu mesta upoznaju sa kompletним načinom korišćenja podzemnih voda kao obnovljivog energetskog resursa.

- predloženi objekat treba da pokaže mogućnosti grejanja/hlađenja prostora u niskotemperaturnom režimu grejanja upotreboom toplotne pumpe.
- s obzirom da su se daljim istraživanjima potvrdili početni rezultati u smislu količina i temperature nominalna raspoloživa energija ovih voda je preko 50 kW, što je omogućilo grejanje objekta od više stotina kvadratnih metara.

-niskotemperaturni sistem grejanja podrazumeva upotrebu zidnih panela koji bi takođe bili instalirani u „show room“-u.

- pored ovog aspekta, takođe treba ispitati i mogućnosti korišćenja ovih voda u balneološke, wellness i spa potrebe

Na slici 1 prikazan je litološki profil i tehničko-konstruktivne karakteristike bunara na toplani Konjarnik.



Sl. 1 Litološki profil i tehničko-konstruktivne karakteristike bunara na toplani Konjarnik.

#### 4. KORIŠĆENJE HIDROGEOTERMALNE ENERGIJE U HOTELU LJIG

Banja Ljig spada u red banja koje imaju izuzetan potencijal za dalji razvoj. Banja je osma banja u Srbiji koja je dobila licencu za rad prema novom i veoma rigoroznom zakonu o banjama. Banja ima i izuzetne medicinske indikacije po čemu je poznata i van naše zemlje. Osnovni lekoviti faktor Banje Ljig predstavlja termomineralna voda, pronađena 1985. godine. Od tada su vršena kontinuirana ispitivanja njenih svojstava koja su potvrdila lekoviti sastav, a tokom primene dokazani su i njeni terapeutski efekti.

Pored balneoterapeutske svojstava termomineralne vode se odlikuju i visokim hidrogeotermalnim i energetskim potencijalom. Ova činjenica je posebno afirmisana izradom Prethodne studije opravdanosti korišćenja ovih voda u toplifikacione svrhe za potrebe grejanje hotela „Ljig“ (Rudarsko-geološki fakultet, Milenić i dr., jul-septembar 2006) [12]. Na osnovu rezultata dobijenih izradom pomenute Studije, izrađen je Projekat detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe višenamenskog korišćenja podzemnih voda u hotelu Ljig u Ljigu[13].

Osnovni cilj Predhodne studije opravdanosti višenamenskog korišćenja geotermalnih voda za potrebe Hotela „Ljig“ bio je, pre svega, da pokaže opravdanost prelaska sa grejanja putem uglja na grejanje putem geotermalne vode iz postojeće bušotine geotermalne vode.

Dotrajalost postojećeg sistema, velika emisija štetnih gasova u atmosferu u centru banje, prelazak na obnovljiv energetski izvor i ekomska isplativost bili su glavni motivi za realizaciju ovako postavljenog cilja.

Hidrogeološka istraživanja ovog dela terena započeta su 60-tih godina prošlog veka. Vremenom obim istraživanja je prerastao u kompleksna i sistematska izučavanja terena sa aspekta iznalaženja geotermalne energije, uslova i mogućnosti korišćenja podzemnih voda za vodosnabdevanje i definisanja zona sanitарне zaštite. U blizini hotela Ljig postoji nekoliko bušotina sa subtermalnom i termalnom vodom dubine od 900 do 1300m. Njihova temperatura varira od 18-24 °C, sa izdašnošću 4-6 l/s.

Hotel Ljig u Ljigu vlasništvo je JKP Beogradske elektrane. Sagrađen je pre tridesetak godina i predstavlja centar Banje Ljig. Pored hotela postoje prateći sadržaji u smislu balneološko-terapeutskih (kade, bazeni, medicinski centar i dr.) i sportsko-rekreacionih sadržaja (olimpijski bazen, sportski tereni i dr.). Objekat hotela ima 1700 m<sup>2</sup> grejne površine od toga oko 1350 m<sup>2</sup> u glavnom objektu i oko 350 m<sup>2</sup> u pratećim objektima (kupatila, kade i sl.).

Do sada se hotel grejao koristeći ugalj kao emergent. Prema podacima iz nadležnih službi hotela i direkcije JKP Beogradske elektrane, za grejanje je trošeno preko 200 tona uglja godišnje (oko 220 t sušenog lignita po sezoni).

Korišćenjem proračuna neophodne količine energije, sračunate su potrebe za grejanje hotela od oko 200 kw. Shodno tome dimenzionisana je i toplotna pumpa i čitav sistem grejanja.

Dostupne količine energije koje se mogu dobiti iz hidrogeotermalnih sistema niske entalpije zavise od specifične toplotne vode, temperature podzemnih voda odnosno temperaturne redukcije koja se može ostvariti u toplotnoj pumpi i izdašnosti objekta. U vidu jednačine ovaj odnos se može predstaviti kroz sledeći proračun:

$$E = C_p \times Q \times \Delta T$$

gde je:

E - nominalna raspoloživa količina energije (kW)

C<sub>p</sub> - specifična toplotne vode (konstanta, 4.2 KJ/kg/°C)

Q - izdašnost objekta (kg/s, isto što i l/s)

ΔT - temperaturna redukcija koja se može ostvariti u toplotnoj pumpi (do 5°C)

Prema trenutnim podacima za bunar IB-2, trenutna raspoloživa nominalna količina energije je preko 250 kW, što prema orijentacionoj relaciji da 1kW može da zatrepoje oko  $8 \text{ m}^2$  daje izuzetan potencijal za grejanje oko  $2.000 \text{ m}^2$  prostora.

Celokupan prelazak sa jednog na drugi sistem grejanja predviđen je u dve faze: u prvoj će se izvesti zamena postojeće kotlarnice na ugalj novom podstanicom sa geotermalnom toplotnom pumpom snage 200 kW i odgovarajućom instalacijom, dok se u drugoj fazi očekuje zamena radijatorskog sistema sekundarne mreže grejanja zidnim panelima. Kompletna rekonstrukcija sistema grejanja predviđena je tokom 2008. godine.

Da bi se ustanovila ekomska opravdanost hidrogeotermalnih toplotnih sistema neophodno je uporediti ga sa konvencionalnim sistemima za grejanje i to u smislu početnih investicija, troškova održavanja i dugotrajnosti sistema.

*Početna investicija.* Iskustva iz EU u poslednje 3-4 godine ukazuju da se početna ulaganja u hidrogeotermalne sisteme kreću u opsegu od 850 EUR po KWh za grejanje do oko 1.000 EUR po KWh za kombinovane sisteme za grejanje i hlađenje (Milenic & Allen, 2003)

Početne cene ulaganja u konvencionalne sisteme jako variraju, ali su generalno jeftinije od hidrogeotermalnih sistema, i to 2 puta u sistemima za grejanje odnosno 30% do 50% za kombinovane sisteme za grejanje i hlađenje.

*Cena održavanja.* Za razliku od početne investicije, cene održavanja su jeftinije u hidrogeotermalnim sistemima, i to oko 50% za kombinovane sisteme za grejanje i hlađenje.

*Dugotrajnost i isplativost sistema.* Imajući u vidu analizirane cene fosilnih energenata na svetskom tržištu (2 do 4 EUR centa po KWh), vreme otplate ulaganja u hidrogeotermalni sistem se procenjuje na period od 4 do 10 godina (Milenic & Allen, 2003).

## 5. IZGRADNJA KOTLOVA NA BIOMASU U KOTEŽU

JKP "Beogradske elektrane" su za grejanje stambenog naselja Reva II u Kotežu, predvidele izgradnju dva kotla sa toplotnim kapacitetom od po 5 MW na biomasu (sojinu i pšeničnu slamu). Za početak se predviđa da će biti priključeno oko  $60.000 \text{ m}^2$  stambenog prostora i oko  $10.000 \text{ m}^2$  poslovnog prostora. U blizini naselja Krnjača se nalaze veliki kompleksi obradivih površina "Poljoprivrednog Kombinata Beograd"- PKB koje garantuju dovoljne količine slame za sagorevanje. Temperaturni režim rada postrojenja je sa primarne strane  $t_p=130/100 \text{ }^\circ\text{C}$ , dok je sa sekundarne  $t_p=120/65 \text{ }^\circ\text{C}$ . Donja toplotna moć sojine slame iznosi  $12.000 \text{ kJ/kg}$ . Potrošnja slame iznosi oko  $2.000 \text{ kg/h}$  po kotlu, a to je od 6 do 10 bala slame na sat. Temperatura dimnih gasova je  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Stepen iskorišćenja u kotlu na biomasu je 80%. Radni pritisak je 6 bar. Kao rezervno gorivo za podršku u kotlovima je predviđen mazut, koji se pre svega koristi za start kotlova. Za potrebe skladištenja slame je predviđeno pokriveno skladište dimenzija  $72 \times 20 \text{ m}$  sa kranskom stazom, čime se obezbeđuje skladišna rezerva za sedmodnevni rad vrelvodnih kotlova sa punim kapacitetom ( $2 \times 5 \text{ MW}$ ). Toplana Kotež će predstavljati za JKP "Beogradske elektrane" primer opitnog postrojenja za sticanje praktičnih iskustava za izgradnju novih većih toplana na obnovljive izvore energije.

Korišćenje sojine slame je veoma ekonomski povoljno u Srbiji, jer slama ima donju toplotnu moć od oko  $12 \text{ MJ/kg}$  i može se porebiti sa alternativom kada se koristi mazut kao osnovno gorivo, koji ima donju toplotnu moć od  $41,8 \text{ MJ/kg}$ . Cena sojine slame je oko 2 din/kg, imamo cenu primarnog goriva od približno 2,1 evra/GJ. U slučaju mazuta čija je cena 22,75 din/kg, imamo cenu primarne energije od 6,8 evra/GJ. Prirodni gas nije raspoloživ u naselju Kotež, pa je veoma opravdana upotreba biomase.

Osim energetskih koristi, dobijaju se i efekti smanjenja emisija gasova staklene baštne, pošto se emisije ugljen dioksida iz obnovljivih izvora vraćaju ponovo u biljnu masu (u novi zasad), te se smatra

da se njihovom upotrebo ne emituju gasovi staklene bašte. Izgradnja kotlova na biomasu u Kotežu je u okviru UNDP-a i projekata CDM (mehanizam čistog razvoja) markirana za trgovinu emisijama gasova sa efektom staklene bašte.

## 6. ZAKLJUČAK

Primena OIE u okviru gradskih toplana znatno doprinosi održivom razvoju gradova. Kompanije koje isporučuju toplotnu energiju mogu fosilna goriva da koriste samo za vršna opterećenja. Primer za to je švedski grad Geteborg, gde se fosilna goriva za grejanje koriste samo do 7% od ukupne potrošnje [16]. Prvi koraci koji se čine u okviru Beogradskih elektrana idu u tom pravcu. Iskorišćavanje lokalnih resursa povoljno utiče na nacionalnu ekonomiju i zaštitu čovekove okoline. Primena solarne energije na Ceraku, geotermalne energije na Konjarniku i u Ljigu, kao i spaljivanje biomase u Kotežu predstavljaju nove mogućnosti u poslovanju Beogradskih elektrana koje su veliki potrošač fosilnih goriva.

Iskustva koja će se steći izgradnjom ovih postrojenja mogu da doprinesu boljem razumevanju značaja gradskih toplana u održivom razvoju grada. Na primer: primena solarne energije u toplanama je povoljna u prigradskim područjima gde je jeftinije gradsko zemljište i gde ima dovoljno neiskorišćenog prostora. Takođe, primena biomase je povoljna ukoliko se ima pristup organizovanom sakupljanju i skladištenju energenta. Ovi primeri su od vrlo korisni urbanistima koji u okviru grada predviđaju mesta za buduće toplane.

Energetski sistem toplana vezan je za potrošače, te je od izuzetnog značaja usklađivanje sa energetskom efikasnošću građevinskih objekata. Najveći doprinos održivom razvoju daće smanjenje potrošnje energenata, koje je dobijeno kombinacijom uštede ostvarene u građevinskim objektima i primenom OIE u toplanama. Zgrade i toplane treba posmatrati kao deo jedinstvenog sistema koji troši energiju. Zbog toga gradske toplane daju podršku održivom razvoju grada.

## 7. LITERATURA

- [1] [www.plea-arch.org/Conferences-held.htm](http://www.plea-arch.org/Conferences-held.htm)
- [2] Jasmina M. Radosavljević, Tomislav M. Pavlović, Miroslav R. Lambić: „Solarna energetika i održivi razvoj“, *Gradjevinska knjiga, Beograd, 2004*, p. .
- [3] Hans Grydehøj, Flemming Ulbjerg: „District heating – a precondition for efficient use of solar heating“, *DBDH 2/2005, Danish Board of District Heating, 2005*, p. 22-23.
- [4] Jesper With: „Solar energy hand in hand with district heating“, *DBDH 1/2005, Danish Board of District Heating, 2005*, p. 26-27.
- [5] [http://main.hvac.chalmers.se/cshp/Kungalv\\_eng.htm](http://main.hvac.chalmers.se/cshp/Kungalv_eng.htm)
- [6] <http://www.opet.dk/baltic/cases/Case-9-dk.pdf>
- [7] [http://www.arcon.dk/frames/frame\\_uk.html](http://www.arcon.dk/frames/frame_uk.html)
- [8] [http://www.euroheat.org/documents/RenewablesBrochure\(web\).pdf](http://www.euroheat.org/documents/RenewablesBrochure(web).pdf)
- [9] <http://www.solarmarstal.dk/filarkiv/billeder/251200511209.pdf>
- [10] [http://www.solarge.org/index.php?id=745&no\\_cache=1](http://www.solarge.org/index.php?id=745&no_cache=1)
- [11] Milenić, D.: „Elaborat o izvedenim hidrogeološkim istraživanjima u krugu Toplane na Konjarniku (Beograd)“, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Beograd, 2007
- [12] Milenić, D., Ševarlić, M.: Prethodna studija opravdanosti višenamenskog korišćenja podzemnih voda za potrebe hotela „Ljig“ i Ljigu, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Beograd, 2006
- [13] Milenić, D.: Projekat detaljnih hidrogeoloških istraživanja za potrebe višenamenskog korišćenja podzemnih voda u hotelu Ljig u Ljigu, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Departman za hidrogeologiju, Beograd, 2006
- [14] Nenad Miloradović: „Razmatranje mogućnosti korišćenja sunčeve energije na primeru TO Cerak“, *CD sa radovima, 12. Simpozijum termičara SCG, Sokobanja, 2005*.
- [15] V. Turanjanin, V. Bakić, N. Miloradović, M. Pezo, M. Petrović i Ž. Stevanović: “Korišćenje sunčeve energije za proizvodnju tople vode u toplanama“, *CD sa radovima, 13. Simpozijum termičara Srbije, Sokobanja, 2007*.

[16] Serbian/Swedish dialogue on district heating and energy efficiency, *15.-16. November, 2006, Hotel Hyatt Regency, Belgrade.*

[17] Studija opravdanosti izgradnje vrelovodnog postrojenja 2x5 MW na sojinu i pšeničnu slamu u toplani "Kotež" Beograd, dokumentacija br.19/06 od "Tehnobiro inženjeringa", Beograd, 2006.