



FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
INSTITUT ZA ENERGETIKU, PROCESNU TEHNIKU I ZAŠTITU OKOLINE
NOVI SAD

**MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA ENERGETSKOG POTENCIJALA
GEOTERMALNIH VODA U VOJVODINI**

NOVI SAD
JUN 2005. GODINA

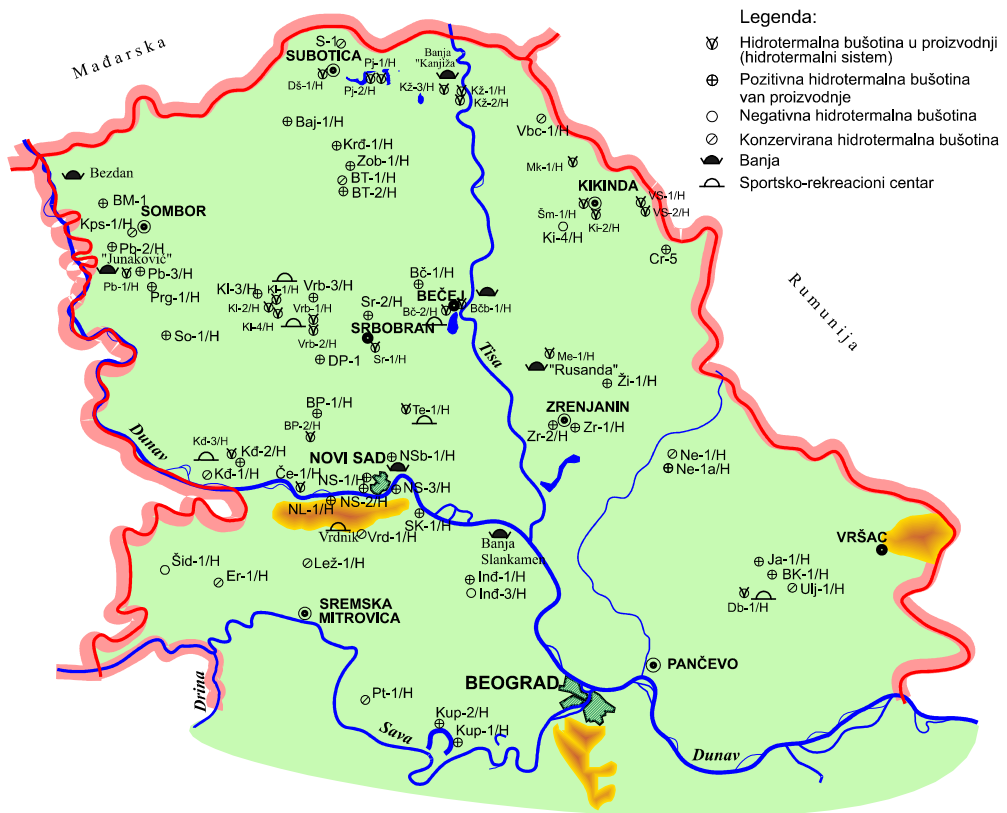
- Pripremio:* FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
INSTITUT ZA ENERGETIKU, PROCESNU TEHNIKU I ZAŠTITU OKOLINE
Trg Dositeja Obradovića 6
21000 NOVI SAD
- Autori:* Prof. dr Đorđe Bašić
Prof. dr Mića Marić
Prof. dr Gordan Dragutinović
Mr. Jovan Petrović, dipl. ing. maš.
- Konsultanti:* Prof. dr Dušan Gvozdenac, FTN, Novi Sad
Slobodan Vidović, dipl. ing., "NIS Naftagas", Novi Sad
Zorica Vukićević, dipl. ing., "NIS Naftagas", Novi Sad
- Naručilac:* POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA
ENERGETIKU I MINERALNE SIROVINE
Bulevar Mihajla Pupina 16
21000 Novi Sad

Uvod

Za mineralne i termomineralne vode u Panonskoj niziji se znalo od davnina. Zapisi ukazuju da su ih koristili još stari Rimljani i kasnije i Turci. Prva bušenja arterskih bunara, u novijoj istoriji, su započeta u Banatu. Još 1848. godine pominje se bušenje arterskih bunara u Pavlišu kod Vršca. Dubine prvih bunara su dostizale i do 400 m, a neki od njih su i danas u upotrebi: Bezdán, Temerin, Zmajevó, Bečej, Senta, Ada, jodna banja u Novom Sadu i dr.. Početkom 20-og veka dolazi do izvesnog zastoja u bušenju da bi se ono u periodu 1910.-1914. godine ponovo intenziviralo, a puni procvat doživelo između dva svetska rata. Tada je izbušeno oko 600 bura, najviše u Banatu 384, Bačkoj 153 i Sremu 54. Osnovna namena tih bunara je bilo snabdevanje pijaćom vodom mada su korišćeni i u banjske svrhe.

Geotermalni potencijal Vojvodine

Celovitija saznanja o geotermalnom potencijalu bušotina su sticana nakon 1949. godine. U periodu od (1969.-1996.) godine izbušene su 73 hidrotermalne bušotine ukupne dubine 62,678.60 m. Bušenje je finansirao i realizovao "Naftagas". Najintenzivnija istraživanja su obavljena 80-tih godina prošlog veka kada je izbušeno 45 bušotina ukupne dubine 34,840 m ili oko 56% svih bušotina.



Rasprostranjenost hidrotermalnih bušotina u Vojvodini

Teritorija Vojvodine, kao deo Panonskog bazena, pripada velikoj evropskoj geotermalnoj zoni koja ima povoljne uslove za istraživanje i korišćenje geotermalne energije. Za sada se istražuje i koristi hidrotermalna energija. To su tople vode prirodnih izvora i vode u stenskim masama do kojih se može doći bušotinama. U Vojvodini su uočena i sistematizovana četiri hidrogeološka sistema. Ispitani su i definisane su njihove osnovne karakteristike: litološki sastav, stratigrafska pripadnost, vrsta i kvalitet kolektorstena, temperaturni i hidrodinamički uslovi, fizička i hemijska svojstva termalnih i termomineralnih voda i pratećih slobodnih gasova.

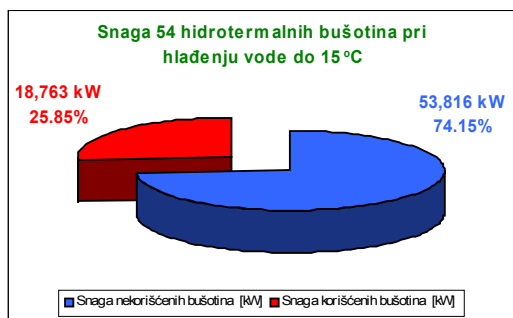
Generalno govoreći, u svim sistemima su akumulirane geotermalne vode pogodne za korišćenje. Međutim, njihova: temperatura, izdašnost, kolektorska svojstva, hemijski sastav, gasni faktor i druge karakteristike im daju različitu perspektivnost i određuju specifičnosti uslova za korišćenje. Zbog toga se svaka bušotina pojedinačno mora detaljno proučiti pri izboru načina i opreme za korišćenje.

Opšta slika značajnih i relevantnih karakteristika geotermalnih voda u Vojvodini.

Bušotine uglavnom rade samoizlivno, a najčešća vodoizdašnost je	(10-20) l/s
Izlazna temperatura je najčešće	(40-60) °C
Geotermijski gradijenti su	(4.5-7.5) °C/100 m
Skoro sve vode sadrže izvesne količine gasova	najčešće metan
Vode sadrže rastvorene minerale	(0.42-13.94) g/l
Sadržaj minerala u bušotinama bušenim na naftu i gas je	(0.40-40.18) g/l

Izbušeno:	73 hidrotermalne bušotine	Pozitivno:	65 bušotina
Najdublja:	2,520 m	Vrbica, Banat	82 °C sa dubine (1,749-1,854) m
Najplića:	305.5 m	Novi Sad	25 °C

Ukupna toplotna snaga hidrotermalnih bušotina, hlađenjem vode do 15 °C, prema podacima iz 1997. godine, kojima je obuhvaćeno 65 bušotina iznosila je 85,605 kW, a prema podacima "NIS Naftagas"-a iz 2005. godine za 54 hidrotermalne bušotine to je 72,579 kW. Samo 15 je aktivirano za proizvodnju toplotne energije.



Potencijal hidrotermalnih bušotina prema evidenciji NIS Naftagasa, maj 2005. godina

Korišćenje geotermalne energije

Najvažniji i po kapacitetu najveći korisnici energije hidrotermalnih bušotina su banje:

❖ "Junaković", Apatin

cca 150,000 m³/a

- ❖ "Kanjiža", Knajiža cca 110,000 m³/a

To su uglavnom celogodišnji korisnici koji termalnu vodu koriste i sezonski za zagrevanje objekata. Sledeći po zbačaju su grupa korisnika u Bečeju:

- ❖ OSC "Mladost",
- ❖ DZ "Predrag Hadnađev" i
- ❖ hotel "Bela lađa"

koji koriste ukupno cca 100,000 m³ termalnih voda godišnje, ali dominantno sezonski za zagrevanje objekata. U kategoriji sličnih korisnika su još bazeni u Temerinu, Vrbasu i na Paliću.

Grupa isključivo sezonskih korisnika energije hidrotermalnih voda je iz oblasti poljoprivredne proizvodnje. Najznačajniji su svinjogojске farme:

- ❖ DP "Kozara" iz Banatskog Velikog Sela,
- ❖ DP "Mokrin" iz Mokrina,
- ❖ "Jedinstvo" iz Kikinde, (pre par godina prestao da koristi)

i proizvodnja povrća u zatvorenom prostoru

- ❖ DP "Elan" iz Srbobrana (za zagrevanje plastenika, prestao da koristi).

Posebno su pogodni korisnici iz industrije: Sada su to DD "Kulski štofovi" i Fabrika kože "Eterna" iz Kule, jer je reč o celogodišnjem korišćenju za tehnološke potrebe. Kada je reč o konzumu koji je pogodan za korišćenje energije geotermalnih voda uvek su to potrošači toplote koji zahtevaju što nižu temperaturu i po mogućnosti kontinualno korišćenje. Zbog toga se geotermalna energija tradicionalno koristi: za bazno zagrevanje u radiatorima ili kompletno zagrevanje sa sistemom podnog odnosno vazdušnog grejanja, pripremu sanitarne tople vode i zagrevanje bazena ili ribnjaka. Postojeći konzum to potvrđuje, a po svemu sudeći ne očekuju se u dogledno vreme značajne promene. U sve navedene kombinacije se odlično uklapa primena toplotne pumpe, jer omogućava dodatno hlađenje geotermalne vode i celovitije korišćenje njenog energetskog potencijala. Za sagorevanje gasova izdvojenih iz geotermalne vode pogodan je gasni motor uz dodatno korišćenje prirodnog gasa. U svakom slučaju za zadovoljenje vršnih potreba neophodan je vršni kotao.

Aktuelne cene bušotina i energije

Aktuelne cene energije iz aktivnih geotermalnih bušotina u Vojvodini, na bazi cena vode, zavise od temperature vode na izlivu i kreću se u dijapazonu:

- (0.1-0.24) €/m³.

Na bazi poznatih cena postojećih bušotina ustanovljen je aktuelni dijapazon cena u zavisnosti od dubine bušotine i iznosi:

- (220,000,-500,000) € za dubine bušotina od (600-1,100) m.

Za potrebe uporednih analiza u studiji ustanovljene su i aktuelne srednje cene konkurentnih energija energiji geotermalnih voda u Vojvodini. To su:

- cena prirodnog gasa 2.0 c€/kWh,
- cena električne energije od 3.5 c€/kWh i
- cena toplotne energije iz toplana 4.4 c€/kWh.

Savremene tehnologije za korišćenje geotermalne energije

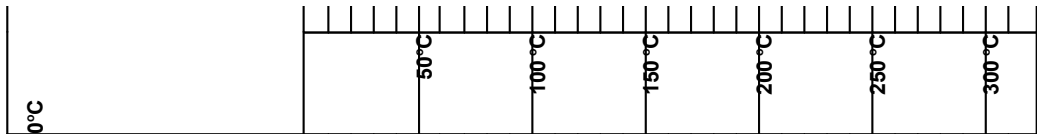
Razmatrane mogućnosti primene savremenih tehnologija u eksploataciji raspoloživih energetskih resursa naših geotermalnih voda (GTV) obuhvataju konvencionalna rešenja, iskustveno već proverena, ali i potencijalno moguća. Implementacija tehnologija razmatrana je u kontekstu rešavanja 4 globalna zadatka:

- spegnuta proizvodnja toplotne i električne energije,
- priprema energije za hlađenje objekata,
- priprema energije za zagrevanje objekata, i
- priprema sanitarne vode i vode za bazene.

Izbor je napravljen na bazi 3 kriterijuma:

- preporukama za korišćenje potencijala GTV (prema tzv. Lindal dijagramu),
- pregledu potencijala naših GTV, i
- pregledom i analizom potencijalnih korisnika (konzumenata) raspoloživih resursa.

Konvencionalna TEP	Proizvodnja mehaničke snage				
Dualna TEP					
Mlinovi za pulpu i hartiju					
Mašinski delovi					
Hemijska ekstrakcija					
Pranje vune					
Sušenje tkanina					
Reciklaža ulja					
Tretman betona i blokova					
Digestija muljeva					
Močenje i kvašenje rasutog					
Tehnologija bakra					
Ribnjaci					
Grejanje tla					
Tehnologija hrane					
Sušenje povrća i voća					
Staklenici					
Rasadnici					
Peletiranje stočne hrane					
Toplotne pumpe					
Topla potrošna voda					
Klimatizacija					
Zračeći paneli					
Radijatori					
Topljenje snega i leda					
Plivališta, bazeni					
Banjski tretmani, terapija					



Londal dijagram

Energetski potencijali naših GTV dominantno su - niskotemperaturni toplotni. Konvencionalna, ili dualna (prema Lindal kategorizaciji) termoenergetska postrojenja sa isključivo resursima naših GTV nisu investiciono prihvatljiva, niti su rentabilna sa stanovišta komercijalne proizvodnje mehaničke (odnosno električne) energije. Ovo je razlog da se potencijali GTV prihvate samo kao:

moгуća alternativa u eksploataciji drugih (konvencionalnih) resursa, odnosno kao njihov mogućí supstituent.

Strategija analize mogućnosti korišćenja potencijala GTV strukturirana je tako da se traže odgovori na pitanja u vezi:

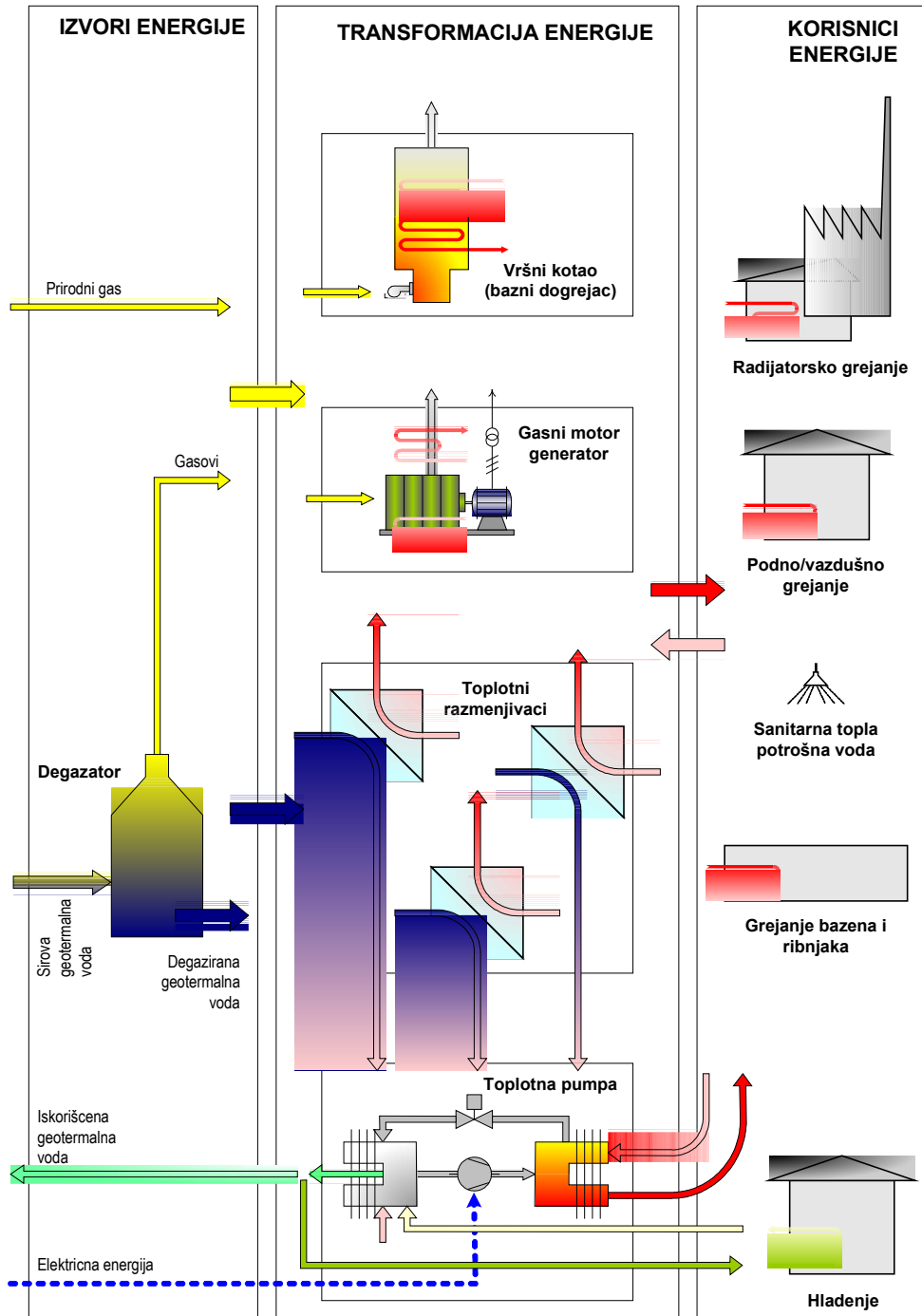
- *teorijske mogućnosti eksploatacije,*
- *praktične realizacije mogućih rešenja na nivou konvencionalnih tehnologija,*
- *posledica izbora konkretne, teorijske i praktične, mogućnosti na životno okruženje, i*
- *tehno-ekonomski aspekti celishodnosti konkretnog izbora, u smislu realizacije najvećeg profita u uslovima datih ograničenja.*

U vezi sa integriranjem potencijala GTV u postojenjima za spregnutu proizvodnu mehaničke (električne) i toplotne energije (SPETE), nameće se izbor gasnog motora SUS. Naime, pod uslovom da postoje potrošači toplotne energije relativno niskog nivoa, da se prihvatljivim rokom proste otplate (bez kamata) postrojenja može smatrati (6-8) godina, opravdana je instalacija gasnog motora SUS čak do max 5 MW mehaničke snage. Instalacija je rentabilna nakon otplate, a praktični razlozi u vezi nabavke, montaže, eksploatacije i održavanja opravdavaju ovakav izbor u odnosu na druge mogućnosti.

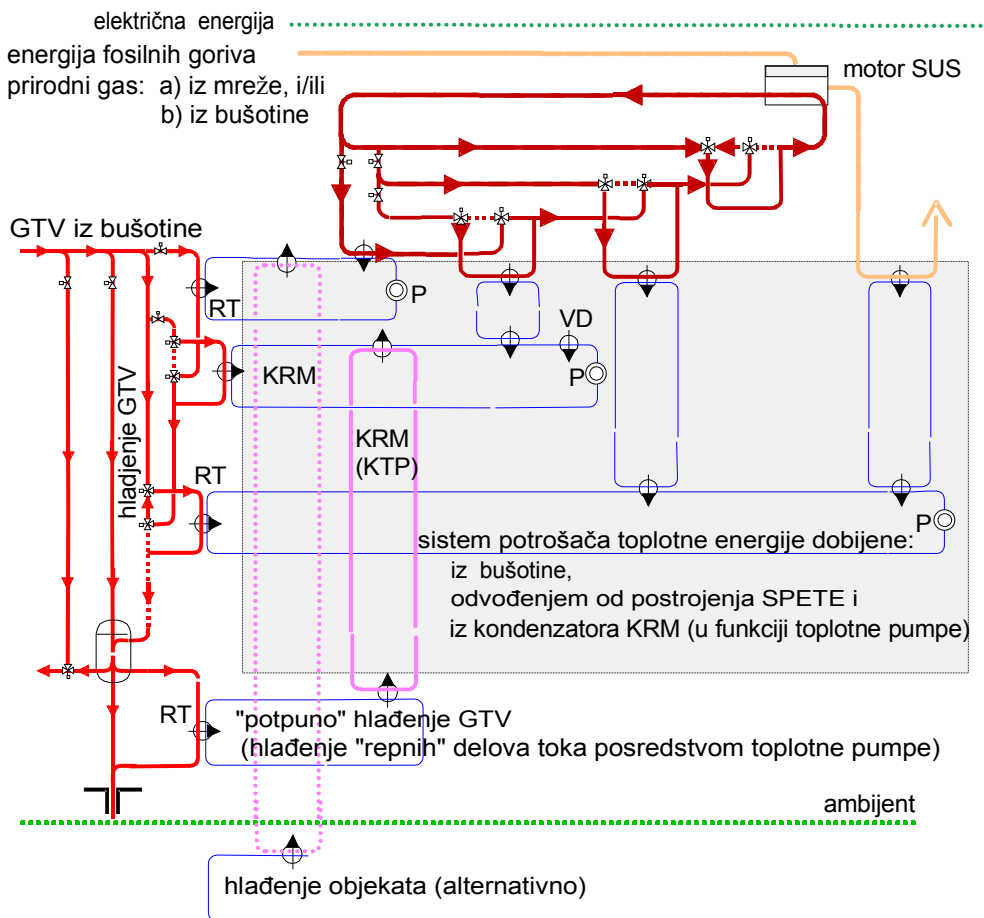
Uz napomenu da su razmatrani samo slučajevi hlađenja objekata iznad 0°C, ovde se ističu dva bitno različita rešenja hlađenja. Prvo, ako je korišćenje potencijala GTV imperativni zahtev, on se može prihvatljivo rešiti jedino primenom apsorpcionih rashladnih mašina (ARM). Drugo, ako se dopuštaju primene drugih resursa, tada je primena kompresionih rashladnih mašina (KRM) sa pogonom na električnu energiju iz komercijalne mreže rešenje superiorno u svakom pogledu u odnosu na druge mogućnosti: tada su, međutim, sasvim isključeni potencijali GTV u pripremi energije za hlađenje. Istovremeno, oba rešenja prihvatljivija su tim pre za slučaj - da postoje potrošači toplote iz kondenzatora rashladnih mašina.

U vezi pripreme energije za zagrevanje objekata korišćenjem resursa GTV, ovde su razmatrana klasična rešenja: potpuna eksploatacija toplotnog potencijala GTV na potrebnom, a mogućem, nivou posredstvom toplotnih razmenjivača, uz instalaciju "vršnih dogrejača" radi podmirivanja eventualnog manjka energije. Uobičajena rešenja su instalacije sa gasnim kotlovima kao vršnim dogrejačima, što je najjeftinije ali termodinamički najgore rešenje. Nasuprot tome, ovde se sugeriše da funkciju vršnih dogrejača treba da obavljaju hladnjaci postrojenja odgovarajućeg nivoa, npr.

postrojenja spregnute proizvodnje toplotne i mehaničke energije, zatim kondenzatori rashladnih mašina, ili kondenzatori toplotnih pumpi. Argument za ovakav stav nalazi se u mogućnosti prodaje "otpadne" toplote (u kontekstu grejanja - korišćenje te toplote za zagrevanje), što izuzetno poboljšava njihove tehnoeekonomske performanse. Razume se, konačno merilo prihvatljivosti svakog rešenja su tehnoekonomske pokazatelji, te se kao mogućnost ne mogu izbeći i termodinamički najgora rešenja – vršno dogrevanje spaljivanjem goriva - gasni kotlovi.



Šema sistema za pripremu, transformaciju i korišćenje energije termalnih voda



Šema integrisane eksploatacije potencijala GTV

RT - toplotni razmenivač, KRM (KTP) - kompresiona rashladna mašina (kompresiona toplotna pumpa), P - potrošač (korisnik) toplote, VD - vršni dogrejač

Iznete činjenice nedvosmisleno sugerišu instalaciju kombinovanih, ili višenamenskih postrojenja. Osim upravo naznačenih postoji, međutim još jedan razlog u prilog predloga kombinovanih šema. Naime, mora se imati u vidu da su potrebe za grejanjem donekle komplementarne sa potrebama za hlađenjem jednih te istih objekata: sezone grejanja i hlađenja kalendarski su različite. Stoga, i sa stanovišta potpunog iskorišćenja potencijala GTV, zavisno od stanja okruženja (ambijenta), jednom može biti sasvim prihvatljiva instalacija toplotne pumpe, a u drugačijim okolnostima sasvim suprotno - instalacija rashladne mašine.

Problematika korišćenja resursa naših GTV u svetlu pripreme sanitarne vode i vode za bazene obrađena je samo okvirno, a razlozi su sledeći. Prvo: kada u primenama GTV nije dopušteno mešanje, ili se hemijsko-tehnološka priprema GTV *a priori* isključuje, tada raspoloživa GTV jeste samo energetski (toplotni) resurs, i priprema sanitarne vode i vode za bazene svodi se na problem zagrevanja objekata. Drugo: zavisno od hemijskih svojstava GTV moguće je neposredno korišćenje (supstancijanih resursa), ali najčešće su nužne posebne pripreme GTV. Tehnologije

pripreme bitno su različite od slučaja do slučaja, toliko različite da skoro nema mogućnosti za analitičko praćenje karakterističnog "zajedničkog" svojstva. Iz tih razloga se ovde ne razmatra eksploatacija ovih "supstancijalnih" resursa GTV, tim pre što naše GTV nisu kategorisane sa aspekata ovakvih primena (bila bi nesumnjivo nužna posebna studija u cilju davanja smernica sa korišćenje supstancijalnih potencijala naših GTV).

Ekonomsko sagledavanje

Konkretna ekonomska analiza, koja uvažava najnovije smernice ekoloških zahteva (neophodnost bušenja i opremanja povratne bušotine), pokazuje da su bušotine iznad 40 °C i jakog izliva (oko 60 m³/h) rentabilne pod uslovom da je potrošač sposoban koristiti ceo potencijal bušotine preko 6,000 h/a. Pri tome se pod pojmom "ceo potencijal" podrazumeva eksploataciono hlađenje geotermalne vode do oko 15 °C, što se ostvaruje samo ugradnjom toplotne pumpe. Takvo obilato godišnje korišćenje bušotine može ostvariti samo potrošač koji će, osim sezone grejanja objekata, značajno zaći u prelazni period (proleće i jesen), ali i rad tokom noći u grejnoj sezoni. To znatno sužava izbor realnih potrošača, pa i primene geotermalnih voda u energetske svrhe.

Posebnu i nekakvu "poluekonomsku" analizu zahtevaju postojeće opremljene bušotine koje se ne koriste. U njih su davno već uložena relativno velika sredstva koja niko ne vraća (ekonomski gledano njihova geotermalna energija nema nikakvu vrednost). Da bi se pokrenula njihova eksploatacija potrebno je dodatno investiranje u izgradnju na tom mestu mogućeg potrošača toplotne energije. Kako je izbor tih potrošača sasvim mali, ne treba isključiti ni prodaju geotermalne vode po znatno nižim cenama (pa i besplatno), barem u periodu uhodavanja pogona i ovladavanja tržištem.

Zaključak

- ❖ Na teritoriji Vojvodine su u proteklom periodu dosta detaljno istražene hidrotermalne vode bušenjem na 75 mesta od kojih je 65 bilo aktivno. Takođe je dosta veliki broj 27 bušotina tehnički opremljen hidrotermalnim sistemima za eksploataciju, a samo 15 izvora se koristio ili i sada koristi. Tako ovaj region spada u istraženiije oblasti evropskog kontinenta, pa se o njegovim resursima može dovoljno sigurno zaključivati.
- ❖ Istraženi resursi su sa energetskeg stanovišta skromni, naročito u pogledu temperatura geotermalne vode na izlivu. Ima ih samo nekoliko sa preko 60 °C na dubinama oko 1,000 m, a svega 3 su između (70-82) °C. Nije verovatno da bi dalja istraživanja i skupa bušenja dala neki viši temperaturni potencijal. Prema tome, sav potencijal je ispod 90 °C, što je donja granica na opšteprihvaćenom Lindal-ovom dijagramu za primenu u proizvodnji mehaničke (električne) energije korišćenjem još uvek retkih binarnih postrojenja i znatno ispod 150 °C za primenu u klasičnim termoenergetskim postrojenjima. Drugim rečima, postoje samo teoretske mogućnosti (dosta detaljno nagoveštene u poglavlju 4 ove studije) za

transformaciju potencijala vojvođanskih geotermalnih voda u mehanički, odnosno električni vid energije.

- ❖ Za ovakve geotermalne vode ostaje jedino realna mogućnost korišćenja transformacijom u toplotnu energiju za zagrevanje i to na relativno niskom nivou temperature (kod velike većine ispod 60 °C). Ovo je druga i znatno komplikovanija strana medalje korišćenja geotermalne energije. Naime, već odavno neuspešno se traga za potrošačima niskotemperaturske toplote u nizu alternativnih oblasti snabdevanja energijom (solarni izvori, otpadna toplota industrijskih pogona). Unapred je jasno da će ova primena biti rentabilna kod nekolicine industrijskih potrošača koji bi radili 7,000 h/a punim kapacitetom i bili zadovoljni ovakvim temperaturnim nivoom. Njih je, na žalost, malo, čak vrlo malo.
- ❖ Najveći broj potrošača ovakve niskotemperaturne energije je u tehnologijama zagrevanja objekata, koje su kampanjskog (sezonskog) karaktera. One se, naravno, koriste samo u zimskom periodu i to sa standardnim prekidima noću, što obezbeđuje eksploataciju izgrađenog postrojenja do 3,200 h/a u tzv. baznoj snazi grejanja. Zbog malog broja vrlo hladnih zimskih dana bazna snaga niskotemperaturnog grejanja nije dovoljna, pa se mora instalirati dodatno vršno postrojenje značajno veće snage, koje će praktično stalno stajati i izazivati troškove održavanja.
- ❖ Na osnovu kazanog zaključujemo da je pre odluke o izgradnji neophodno temeljno ekonomski (i ekološki) proučiti razne varijante toplotnih šema svakog konkretnog slučaja. Pri tome treba najozbiljnije potražiti mogućnosti za produženje vremena (sezone) korišćenja zamišljene instalacije, što odlučujuće utiče na ekonomičnost funkcionisanja. U sadašnjem momentu sagledivi resursi za produženje sezone korišćenja ovakvih geotermalnih izvora su plivački bazeni, ribnjaci, staklenici i plastenici u poljoprivredi. Za ovakve objekte su potrebne ne male investicije, ali bi u eksploataciji imali relativno niske troškove energije. Kod njih je, međutim, osnovni problem dobra organizovanost i nalaženje sigurnog tržišta.
- ❖ Konačan zaključak je da na teritoriji Vojvodine postoje geotermalni potencijali respektabilni sa stanovišta malih i osrednjih potrošača. Nisu to energetski izvori od velikog pokrajinskog značaja, koji bi bitno uticali na snabdevanje energijom. To ne znači da Pokrajina ne treba da brine o njihovom uključivanju. Naprotiv, trebalo bi svaki izgledan projekat ove vrste pomoći sistemom niskih kamata, kao što se to čini u razvijenim zemljama za sve slučajeve korišćenja zvane "zelene energije".
- ❖ Ipak, za sada se ne predlažu nova bušenja, osim pojedinačnih zahteva potrošača koji su temeljno proučili svoj projekat. Više se treba okrenuti investicijama u potrošače toplote na lokaciji postojećih bušotina većeg energetskog potencijala, makar to išlo i sa snažno beneficiranom cenom geotermalne vode.