Izveštaj o geotermalnoj raspoloživosti lokacija u Srbiji sa aspekta iskorišćenja geotermalnih otpadno-ispusnih voda (u energetske svrhe)

#ЕУ ЗА ТЕБЕ

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

ЕУ за Зелену агенду у Србији

UNDP

Priredio: Ivan Đokić

Ovaj izveštaj je urađen uz finansijsku podršku Vlade Švajcarske u okviru projekta „EU za Zelenu agendu u Srbiji“. Ovaj projekat, uz tehničku i finansijsku podršku Evropske unije i u partnerstvu sa Ministarstvom zaštite životne sredine, sprovodi Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP), u saradnji sa Švedskom i Evropskom investicionom bankom, uz dodatna finansijska sredstva koja su obezbedile vlade Švedske, Švajcarske i Srbije. Sadržaj ove publikacije, kao i rezultati prikazani u njoj, isključiva su odgovornost autora, i ne odražavaju nužno stavove EU, Vlade Švajcarske, niti UNDP-a.

Sadržaj

Izvršni rezime sa ključnim nalazima i preporukama 5

1. Uvod 6

Svrha i ciljevi Izveštaja 8

Opis metodologije 9

2. Osnovne informacije o geotermalnoj potencijalnosti 9

3. Geotermalne otpadne vode 11

3.1. Karakteristike dostupnih izvora 12

3.2. Potencijal za korišćenje energije u Srbiji 13

3.3. Studije slučaja uspešne implementacije – primer dobre prakse u Srbiji 27

3.4. Tehnologije za ekstrakciju energije 29

4. Regulatorni i politički okvir 35

4.1. Direktive EU u oblasti obnovljivih izvora energije 35

4.2. Prikaz stanja u Srbiji 37

4.3. Politički okvir za korišćenje obnovljivih izvora energije 39

5. Finansiranje 39

6. Izazovi i prepreke 42

PREPORUKE 49

Preporuke za veće korišćenje geotermalne energije 49

Preporuke za realizaciju sistema korišćenja geotermalnih resursa i geotermalnih otpadnih voda 49

Preporuke za unapređenja sistema izveštavanja i razmene informacija 50

7. Zaključak sa preporukama 52

Reference 54

Spisak slika:

Slika 1. Prostorni raspored lokacija hidrotermalnih bušotina u Vojvodini 16
Slika 2. Karta temperaturnog polja Srbije na dubini od 1000 m 25
Slika 3. Gustina toplotnog toka Srbije u mW/m^2 26
Slika 4 Prikaz instalacija toplotnih pumpi u Soko Banji 28
Slika 5. Šema sistema za pripremu, transformaciju i korišćenje energije termalnih voda 31

Spisak tabela:

Tabela 1. Termalne vode regiona Vojvodine 14
Tabela 2. Termalne vode regiona Beograda 15
Tabela 3. Termalne vode regiona Šumadije i Zapadne Srbije 16
Tabela 4. Termalne vode regiona Južne i Istočne Srbije 18
Tabela 5. Termalne vode regiona Kosova i Metohije 20
Tabela 6. Toplotne karakteristike termalnih voda u Srbiji po regionima 21

Izvršni rezime sa ključnim nalazima i preporukama

Srbija ima veliki potencijal, a izuzetno malu primenu korišćenja geotermalnih resursa (u odnosu na potencijal), posebno u delu eksploatacije ***geotermalnih otpadnih voda***.

Procenjena snaga svih u radu obrađenih geotermalnih pojava i objekata (bušotina) u Srbiji je oko 370 MW, od čega se trenutno koristi samo oko 80 MW.

S obzirom da je Evropa postavila veoma visoke ciljeve u pogledu primene obnovljivih izvora energije uz obavezu smanjenja emisije štetnih gasova, geotermalna energija je najpogodnija za ostvarenje tih ciljeva i zbog toga je jedina od svih obnovljivih izvora energije u nekoliko evropskih zemalja ušla u zakonodavnu obavezu korišćenja za zagrevanje novoizgrađenih objekata. Pridruživanjem Evropskoj uniji i nas očekuju obaveze u pogledu masovnijeg korišćenja obnovljivih izvora energije i smanjenja emisije štetnih gasova, kako zbog zahteva u pogledu energetske efikasnosti i sprovođenja „zelene“' politike, tako i zbog ekonomske isplativosti realizacije ovakvih projekata.

Jedan od modela finansiranja ovakvih projekata mogao bi biti i javni poziv koji će fokus staviti na spremnost lokalnih samouprava, privrednih subjakata i drugih zainteresovanih lica i organizacija da svoje kapacitete i opredeljenje usmere na korišćenju ovog obnovljivog resursa za različite namene.

U procesu sprovođenja javnog poziva, odnosno realizacije projekata u praksi očekuju se zadovoljenje tehničkog (tehnološkog), ekonomskog i pravnog okvira svih učesnika u procesu. I bez obzira na sve moguće prepreke, značaj realizacije ovakvih projekata biće velik što zbog uštede energije, posrednog dobrog uticaja na klimatske promene, pozitivnih efekata na budžete lokalnih samouprava, ali i zbog pozitivnih edukativnih efekata na pravilno obrazovanje i širenje znanja o nepravedno zapostavljenoj grani obnovljivih izvora: geotermiji.

1. Uvod

Pod geotermalnom energijom podrazumeva se toplota akumulirana u suvim stenama i fluidima Zemljine kore a kao posledica neprekidnog zračenja toplote iz unutrašnjosti Zemlje ka površini. Geotermalna, odnosno toplotna energija, može biti akumulirana u fluidima (vodi i gasovima) i onda se definiše kao *hidrogeotermalna energija* i u čvrstim stenama i onda se naziva *petrogeotermalna energija*. Hidrogeotermalna energija je akumulirana u podzemnim termalnim vodama čija je temperatura veća od 10°C, a njena eksploatacija se obavlja iz izvora ili bušotina dok je petrogeotermalna energija sadržana u suvim stenama koje ne sadrže slobodnu podzemnu vodu.

Geotermalna energija (*podrazumeva petrogeotermalne i hidrogeotermalne energetske izvore*) kojima Republika Srbija obiluje u značajnoj meri (obuhvaćeni su *Strategijom razvoja energetike Republike Srbije do 2015. sa projekcijama do 2030. godine*) a jedan od prioriteta ove Strategije jeste veće korišćenje obnovljivih geotermalnih resursa sa ciljem da se smanji potrošnja uvoznih energenata i ostvari dodatna potrošnja domaće električne i toplotne energije sa manjim uticajem na životnu sredinu.

Resursi koji se ovde razmatraju odnose se pre svega na hidrogeotermalnu energiju, odnosno na toplotu stena koju podzemne vode primaju na određenoj dubini i iznose na površinu terena kao i litogeotermalni-petrogeotermalni resursi, koji se odnose na mogućnost eksploatacije toplotne energije iz stena.

Prateći različite preporuke kako globalnih inicijativa kroz ratifikaciju međunarodnih konvencija, kao i kroz zakonodavni okvir EU, kome Srbija teži uz različite političke smernice i inicijative, Srbija u mnogim zvaničnim dokumentima izražava pravac i potrebu kreiranja sopstvene politike u pravcu što masovnijeg korišćenja energije iz obnovljivih izvora, tako i nedvosmislenoj potrebi da maksimalno štedi energiju poštujući principe energetske efikasnosti. Izrađene su brojne strategije, analize stanja u različitim oblastima, pa čak i vodiči za privredu i druge potencijalne korisnike različitih vidova obnovljive energije.

Geotermaloj energiji (kao delu ukupnih obnovljivih izvora) nije pruženo, moramo reći, dovoljno prostora u odnosu na potencijalnost Srbije, a stanovništvu Srbije se tokom dugog perioda prezentovalo da se pod pojmom geotermalna energija podrazumevaju izvori u kojima je temperatura vode veća od 40°C. Međutim, pod geotermalnom energijom podrazumeva se energija koja može da se preuzme iz vode, zemljišta i stena čija temperatura prelazi 10°C.

U Hidrogeološkom rečniku *(Dragišić i Polomčić, 2009)* pod hidrogeotermalnim resursima podrazumevaju se termalne vode, odnosno podzemne vode sa temperaturom većom od srednje godišnje temperature datog mesta *(najčešće iznad 15°C za umereni klimatski pojas).*

Potencijal geotermalne energije određene oblasti može se prikazati gustinom geotermalnog toplotnog toka (*količina geotermalne toplote koja u svakoj sekundi kroz površinu od 1 m² iz unutrašnjosti Zemlje dolazi do njene površine*) pa su tako prosečne vrednosti u Evropi oko 70-80 mW/m² dok su u Srbiji ove vrednosti znatno veće i idu do 90 mW/m² a na području AP Vojvodine i do 100 mW/m² *(Milivojević et al, 1992; Martinović and Milivojević, 2010)*

Konkretno, analizirano područje u Srbiji izgrađeno je mahom od čvrstih stenskih masa i zbog tako povoljnih geoloških, hidrogeoloških i geotermalnih karakteristika nalazi se preko 300 izvora termalnih voda sa temperaturom većom od 15°C i maksimalnom od 111°C (*baza podataka Geološkog instituta Srbije i Rudarsko geološkog fakulteta, BGD*). Tačnije, u Vojvodini postoji preko 75 geotermalnih izvora (bušotine) ukupne izdašnosti od preko 600 l/s i toplotne snage od preko 110 MW dok se u delu Srbije južno od Save i Dunava nalazi još oko 170 pojava i objekata (bušotina) sa procenjenom snagom od 260 MW (što ukupnom potencijalu daje snagu od preko 370 MW).

Ovi podaci kao i dalji podaci kroz Izveštaj ukazuju na veliki prirodni energetski potencijal za eksploataciju geotermalne energije u našoj zemlji, koji je trenutno veoma malo iskorišćen i može se reći nepravedno zapostavljen u odnosu na druge oblike obnovljivih izvora energije (npr. solarna i energija vetra). Stalno prisutan problem Srbije je što se energetskim sektorom upravlja na način da se teži iskopavanju što više tona uglja i proizvede energija koja opterećuje životnu sredinu i zdravlje ljudi, a da se pritom malo vodi računa o energetskoj tranziciji i približivanju evropskim postavljenim ciljevima u oblasti obnovljivih izvora energije. Tako i pojam niskotemperaturne energije ne postoji u sadašnjoj Strategiji energetike Srbije a geotermalna energija u klasičnom smislu (topli izvori i bušotine) pominju se samo u smislu deklarativnog zalaganja za razvoj potencijala Srbije u tom sektoru, ali bez konkretnih mera i rešenja na terenu.

U našim uslovima, preko 50% proizvedene električne energije troši se u zgradama za stanovanje (prvenstveno za zagrevanje prostora i sanitarne tople vode) za šta se efikasno može koristiti geotermalna energija. U tom slučaju, veći deo naših proizvodnih električnih kapaciteta može se usmeriti ka izvozu električne energije na treća tržišta.

Namera i želja autora je da se kroz ovaj Izveštaj ukaže da su geotermalna energija i podzemni obnovljivi resursi svuda prisutni i dostupni, da postoje tehničko-tehnološke mogućnosti da se oni veoma efikasno koriste i da država može da ostvari, implementiranjem predloženih mera kroz ovaj Izveštaj, višestruke koristi ako bi se ozbiljnije uključila kroz npr:

- Informisanjem stanovništva sa posebnim akcentom na veliku isplativost primene niskotemperaturnih i visokotemperaturnih toplotnih pumpi
- Stimulativnim merama pospešiti korišćenje toplotnih pumpi što bi dovelo do smanjenja udela električne energije za grejanje stanova-prostora, čime bi se omogućio i profitabilni izvoz električne energije na treća tržišta

- Smanjila bi se potrošnja fosilnih goriva, emisija štetnih gasova i došlo bi do poboljšanja ostalih ekoloških efekata
- Došlo bi do povećanja naučnog i tehnološkog znanja o korišćenju toplotnih pumpi
- Republika Srbija bi ravnopravno i spremno ušla u evropske integracije na polju povećanja ukupne energetske efikasnosti

Iz tih razloga neophodno je da i Srbija što brže pristupi valorizaciji svojih geotermalnih potencijala na ovom polju, čime bi se postigli višestruki efekti, i to:

- sa minimalnim investicijama postigli bi se maksimumi instalirane snage u vrlo kratkom roku
- investicije bi sprovodili građani i privredni subjekti, a ne država
- postiže se maksimalna energetska efikasnost, jer se ulaže-koristi samo 25% električne energije, a dobije se 100% toplotne energije
- ne postoji zagađenje niti emisija štetnih gasova i
- povećava se naučno i tehnološko znanje, kao i ukupna zaposlenost

Svrha i ciljevi Izveštaja

Izveštaj o geotermalnoj potencijalnosti i raspoloživosti lokacija u Srbiji sa aspekta iskorišćenja ***ispusnih-otpadnih geotermalnih voda*** (u energetske svrhe) izrađen je kao deo aktivnosti u okviru Projekta „EU za Zelenu agendu u Srbiji“, uz tehničku i finansijsku podršku Evropske unije i u partnerstvu sa Ministarstvom zaštite životne sredine, sprovodi Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP), u saradnji sa Švedskom i Evropskom investicionom bankom, uz dodatna finansijska sredstva koja su obezbedile vlade Švedske, Švajcarske i Srbije.

Cilj izrade ovog Izveštaja je da omogući uvid u stanje, raspoloživost i mogućnost iskorišćenja geotermalnih resursa na teritoriji Republike Srbije, sa posebnim akcentom na *geotermalne otpadne vode* koje nastaju kao produkt primarnog iskorišćenja toplih voda a nakon toga njihovom evakuacijom – upuštanjem u recipijent. Kako je česta praksa da subjekti – korisnici (privatni i javni sektor) za ispuštanje geotermalnih otpadnih voda koje generišu određenu energiju koriste sopstvene sisteme za odvođenje iskorišćenih termalnih voda iz svojih objekata, gotovo je nemoguće specifično analizirati samo postupanje privrednih subjekata sa takvim vodama bez kompletnog uvida u stanje funkcionisanja sistema za zahvatanje i iskorišćenje termalnih voda pa tek onda i odvođenje geotermalnih otpadnih voda iz objekata u recipijent.

Opis metodologije

Stanje u sektoru korišćenja geotermalne energije u Srbiji (kao jednog važnog dela obnovljivih izvora energije) nije jednostavno sagledati sa hidrogeološkog aspekta, između ostalog i zbog odsustva novih egzaktnih podataka u ovoj oblasti a za sveobuhvatnu analizu potreban je timski rad kolega multidisciplinarnog sadržaja (geologa-hidrogeologa, termotehničara, hemičara, mašinaca, hidrograđevinaca, ekologa i dr. struka). U analizama i studijama (i njihovim prikazima) koje su do sada rađene fokus je u više navrata stavljan na potencijal i spiskove pojava i objekata sa karakteristikama tih lokacija (temperature izvorišta, kapacitete, moguća snaga tog izvorišta, dubina bušotine) ali podaci o specifičnoj nadgradnji svakog pojedinačnog sistema i mogućnost njegovog uključivanja u sistem proizvođač-konzum je vrlo mali da ne kažemo zanemarljiv, možda na 15 lokacija u Vojvodini – a najčešće izostaju. ***Otpadne geotermalne vode*** su veliki izazov, posebno za dodatnu analizu mogućnosti grejanja-hlađenja javnih objekata koje se rešavaju na nivou jedinica lokalne samouprave. Metodologijom izrade Izveštaja ja dat naglasak na prikupljanju stručnog saznanja sa svih lokacija u Republici Srbiji i kroz analizu propisa i dostupnih podataka u posedu javne uprave i privatnog sektora. Konkretno za potrebe ovog Izveštaja izvršena je kratka analiza i sinteza raspoloživih, javno dostupnih podataka o geotermalnim vodama na bazi zvanično dostupnih informacija.

Dat je pravni i institucionalni okvir u kome se rešavaju pitanja geotermalnih voda i analizirano trenutno stanje otpadnih geotermalnih voda uz identifikaciju zainteresovanih strana (donosioci odluka, javni sistemi, jedinice lokalne samouprave i određeni privredni subjekti) sa kojima je moguće napraviti saradnju. Kroz terenski rad prikupljeni su podaci o funkcionisanju različitih geotermalnih sistema u Srbiji kroz praksu a dobijeni rezultati sa pokazali su određene nedostatke sistema u geotermiji u Srbiji. Na taj način prikaz stanja u ovoj oblasti nadograđen je prikazom iskustava iz pozitivne prakse (kroz mali broj izvedenih lokacija), sagledane iz različitih uglova, odnosno različitih pozicija relevantnih aktera u sistemu korišćenja geotermalnog resursa. Izvršena analiza predstavlja dobru osnovu za otvaranje dijaloga različitih zainteresovanih strana i osnovu za definisanje mera koje je potrebno preduzeti kako bi se stanje u sektoru korišćenja geotermalnog resursa u Republici Srbiji moglo unaprediti i podići na znatno viši nivo od sadašnjeg.

2. Osnovne informacije o geotermalnoj potencijalnosti

Pod geotermalnom energijom podrazumeva se toplota akumulirana u suvim stenama i fluidima Zemljine kore a kao posledica neprekidnog zračenja toplote iz unutrašnjosti Zemlje ka površini. Geotermalna, odnosno toplotna energija, prema tome, može biti akumulirana u fluidima (vodi i gasovima) i onda se definiše kao *hidrogeotermalna energija* i u čvrstim stenama i onda se naziva *petrogeotermalna energija*. Hidrogeotermalna energija uspešno se

koristi već više decenija za različite svrhe, dok se u poslednjih dvadesetak godina intenziviralo korišćenje petrogeotermalne energije iz plitkih tzv. geosondi za zagrevanje i hlađenje objekata.

Hidrogeotermalna energija je jedan od oblika obnovljivih izvora energije i može da se koristi direktno, a može da se koristi i za proizvodnju toplotne energije kao i za proizvodnju električne energije.

Geotermalna energija se u Srbiji koristi simbolično i to oko 80 MW, iako ona po geotermalnom potencijalu spada u bogatije države. Najveći broj izvedenih objekata se koristi u balneologiji, za punjenje otvorenih i zatvorenih bazena, wellnes i spa centara, eventualno za grejanje banjskih objekata i manjeg broja staklenika, dok preostali deo geotermalnih voda i energije slobodno otiče u prirodni recipijent bez organizovanog i ekonomski opravdanog korišćenja.

Uopšte uzev, postoji veliki broj prednosti u korišćenju geotermalne energije, a navešćemo samo neke:

- Korišćenje geotermalne energije uzrokuje zanemarljiv uticaj na životnu sredinu i ne doprinosi efektu staklene bašte;
- U pitanju je ogromni energetski ‘’sopstveni’’ potencijal (obezbeđuje neograničeno napajanje energijom) a eliminisana je i potreba za drugim gorivom iz uvoza;
- Mogućnost višenamenskog korišćenja resursa (utiče na ekonomsku opravdanost eksploatacije), tj. ubrzava povraćaj uloženih sredstava;
- Nema lokacijskog ograničenja za korišćenje, s obzirom na sastav stena i mogućnost pristupa i eksploatacije.

Međutim, osim prednosti postoje i određeni nedostaci korišćenja geotermalne energije i to:

- Izvor toplotne energije može biti poremećen usled neodgovarajućeg načina eksploatacije – nadeksploatacija;
- Prisustvo gasova i minerala predstavljaju poteškoću prilikom eksploatacije;
- Potrebne visoke početne investicije (početak korišćenja i razvoj) i visoki troškovi održavanja (izazvani korozijom, naslagama minerala i dr.);
- Nema mnogo mesta gde je moguće graditi geotermalna postrojenja (uslovljenost položajem, dubinom, temperaturom, procentom vode u određenom geotermalnom rezervoaru) za proizvodnju npr. električne energije.

Takođe, valja pomenuti i da je veliki broj izvedenih objekata – bunara zatvoren – privremeno konzerviran ili termalna voda pak slobodno ističe bez jasnog i definisanog konzuma. Situacija u ovoj oblasti se pogoršala tokom 90-tih, uslovljenih sankcijama i situacijom u zemlji i okruženju. Došlo je do smanjenja obima budžetskih sredstava za realizaciju programa geoloških istraživanja od interesa za Republiku Srbiju i kao da je nestalo interesovanja u bilo kakav vid daljeg investiranja u razvoj geotermalnih resursa. Takođe, smanjenje platežne moći korisnika energije, nerešenih vlasničkih odnosa nakon procesa privatizacije došlo je do napuštanja i postojećih projekata, a prelazilo se nazad na upotrebu električne energije i fosilnih goriva (nafta, mazut, gas i dr).

Situacija se, međutim poboljšava poslednjih nekoliko godina, kako zbog svetskih trendova tako i implementcijom i donošenjem odgovarajućih akata usaglašenih sa aktima Evropske unije kada je u pitanju stav Republike Srbije. Republika Srbija je definisala Strategiju razvoja energetskog sektora tako da se do 2020. godine u Srbiji ostvari ukupno učešće korišćenja obnovljivih izvora energije u ukupnom procentu od 27% svih vidova energije, odnosno da se približi tom procentu u korišćenju biomase, hidroenergije, solarne i geotermalne energije. U tom cilju su i donešeni odgovarajući Zakoni i podzakonska akta koji bliže određuju predmetnu problematiku.

3. Geotermalne otpadne vode

Pojam ***geotermalne otpadne vode*** može se definisati kao deo obnovljivog resursa koji je prošao primarnu liniju iskorišćavanja (zagrevanje prostora - hotelskih, industrijskih, stambenih i drugih objekata, za pripremu tople potrošne vode za navedene korisnike, u poljoprivredi za zagrevanje staklenika i plastenika, u stočarstvu i živinarstvu za zagrevanje farmi i pripremu sanitarne tople vode, u ribarstvu za zagrevanje ribnjaka, u nekim fabrikama za niskotemperaturske tehnološke potrebe za koje se koristi topla voda i sanitarne potrebe i u banjama i sportsko-rekreacionim centrima za balneološke svrhe, zagrevanje bazena i pripremu sanitarne tople vode.) pa je nakon tog odbačen-evakuisan u prvi slobodan recipijent, a koji sa sobom i dalje nosi primenljivu količinu slobodne energije i koja se može dalje efikasno koristiti.

Njih imamo na svakoj lokaciji, kako prirodnog isticanja (putem izvora geotermalne vode) tako i na bušotinama koje su u funkciji i koje se nakon korišćenja mogu dodatno energetski analizirati da li postoji mogućnost daljeg korišćenja preostalog potencijala i u kom obimu taj ''odbačeni'' resurs sa sobom nosi ka recipijentu.

3.1. Karakteristike dostupnih izvora

U daljem delu Izveštaja, osnovna intencija i cilj je veće korišćenje geotermalne energije i otpadnih geotermalnih voda na području Srbije, a sve možemo podeliti kroz tri oblasti:

- **Efikasnije korišćenje postojećih geotermalnih izvora i bušotina**

Prilikom korišćenja geotermalnih voda u banjama, lečilištima i sportsko-rekreativnim centrima energija iz vode se samo delimično koristi, dok je temperatura otpadne-iskorišćene vode na dovoljno visokom nivou da se može dalje efikasno koristiti. Zato predlažemo analizu dalje upotrebe putem angažovanja toplotnih pumpi (visokotemperaturnih ili niskotemperaturnih) kojima je moguće iskoristiti svu raspoloživu energiju sve do temperaturnog nivoa od 10°C. To znači da se na **SVIM** mestima može iskoristiti dva do tri puta veći kapacitet geotermalnog izvora nego što se sada koristi.

- **Aktiviranje konzerviranih bušotina – trenutno neaktivnih**

Povećanjem cena fosilnih goriva i električne energije mnoge konzervirane bušotine po Srbiji će postati atraktivne i pokazaće se potreba za njihovim aktiviranjem i upotrebom za razne konzume. Najveći broj ovakvih privremeno konzerviranih i neaktivnih bušotina (a pozitivnih kako po temperaturi tako i po kapacitetu) je u vlasništvu NIS Gasprom Njeft kompanije kojoj to trenutno nije „core business“ i sve te bušotine su na marginama poslovanja pomenute kompanije. To se što hitnije treba promeniti, tačnije potrebno je institucionalnim mehanizmima izvršiti pritisak na NIS Gasprom Njeft Novi Sad da se otvori linija moguće prodaje – ustupanje tih bušotina na Javnom pozivu pod realnim i komercijalnim uslovima jer će se sigurno pojaviti kupci (privatna lica, kompanije, opštine i dr. subjekti) koji će racionalizacijom korišćenja iskoristiti maksimum postojećeg kapaciteta.

- **Intenziviranje upotrebe geotermalnih toplotnih pumpi**

Država svojim podsticajnim merama mora i treba da stane na čelo projekta za masovno korišćenje geotermalne energije u Srbiji upotrebom različitih vrsta toplotnih pumpi („zemlja-voda“, „vazduh-voda“ ili „voda-voda“) za zagrevanje i hlađenje zgrada-prostora, grejanje tople vode i dr, jer računica pokazuje da je dobit i za državu i za korisnike velika. Ideja se može brzo realizovati finansijskim učešćem budućih korisnika i to bez bilo kakvih dugotrajnih priprema naravno uz ostvarivanje institucionalnog okvira. Potrebno je

pokrenuti kampanju, a podsticajne mere Republike Srbije će služiti prvenstveno za skretanje pažnje na ozbiljnost i značaj korišćenja ovog obnovljiog resursa u Srbiji.

3.2. Potencijal za korišćenje energije u Srbiji

U sledećem delu Izveštaja biće prikazan ukupan broj do sada poznatih hidrogeotermalnih lokacija (aktivnih i konzerviranih) u Srbiji, njihove karakteristike, potencijal i raspoloživa snaga, iz čega se jasno može videti ogroman potencijal koji je veoma malo uključen u ukupan energetski bilans RS. Ispitivanjem bušotina prikupljeni su podaci o: hidrodinamičkim, hidrohemijskim i termalnim karakteristikama geotermanlnih voda i podaci važni za ocenu kvaliteta voda i rezervi.

Kroz naredne tabele je data klasifikacija geotermalnih bušotina po temperaturi na izlivu kao i klasifikacija geotermalnih bušotina po energetskom potencijalu, a svi podaci su prikupljeni iz publikovane literature, fondova resornog Ministarstva, Geološkog zavoda Srbije (Geozavoda, Geoinstituta i Geološkog instituta Srbije), Rudarsko-geološkog fakulteta, opština i privatnih korisnika.

Potencijalnost sa aspekta geotermalnih resursa u Izveštaju prikazana je po regionima: Vojvodina, Beograd, Šumadija i Zapadna Srbija, Južna i Istočna Srbija i Kosovo* i Metohija.

Prikazano je i obrađeno ukupno 244 lokaliteta na kojima postoji najmanje jedna pojava, a dosta često se na njima nalazi više izvora i bunara, različitih temperatura termalnih voda. Termalne vode su klasifikovane po vrednosti temperature, a po standardnoj klasifikaciji, na: subtermalne 15 – 35^{o}C, termalne 35 – 42^{o}C, visokotermalne 42 - 100^{o}C i pregrejane vode > 100^{o}C. Budući da se danas u RS termalne vode u najvećoj meri koriste u balneološke i rekreativne svrhe, ova klasifikacija omogućava da se, u tom pogledu, sagleda i balneološka potencijalnost termalnih voda.

Geotermalna potencijalnost regiona Vojvodine

Za potrebe ovog Izveštaja obrađeni su podaci o termalnim vodama sa više od 60 lokalosti u Vojvodini (tabela 1). Najveći broj lokalnosti je sa visokotermalnim vodama (30 lokalnosti) i

*Za Evropsku uniju, ova oznaka ne prejudicira stavove o statusu i u skladu je sa Rezolucijom SB UN 1244/1999 i Mišljenjem Međunarodnog suda pravde o proglašenju nezavisnosti Kosova. Za UNDP, svako pominjanje Kosova treba shvatiti u kontekstu Rezolucije 1244 Saveta bezbednosti (1999).

subtermalnim vodama (23), dok je najmanji broj termalnih voda (9), a ukupna izdašnost iznosi preko 600 l/s geotermalnih voda.

Tabela 1. Termalne vode regiona Vojvodine

r. broj	Naziv lokacije	Izdašnost (l/s)	Temperatura ºC
1	Banja Vrdnik	3	33
2	Ljuba	5	22.5
3	Novosadska banja	30	35
4	Banja Rusanda	5	92
5	Bečajska banja	5	33 - 65.8
6	Banja Junaković	20	33 - 59
7	Banja Kanjiža	28	45 - 72
8	Kupinovo	58	45-51
9	Stari Slankamen	1	19
10	Inđija	13.3	56
11	Zasavica	0.5	19.6
12	Noćaj	3.5	27.2
13	Buđanovci	3	32
14	Drenovac	0.75	46
15	Nikinci	1	25
16	Šašinci	0.1	21 - 23.8
17	Brestač	2	23
18	Jamena	2	22.5
19	Višnjićevo	2.2	21.7
20	Subotica	5	36
21	Palić	15	65
22	Bajmok	1.6	47
23	Novi Kneževac	11	48-65
24	Vrbica	31	54
25	Bezdan	0.9	24
26	Zobnatica	3.3	37
27	Mokrin	10.5	51
28	Kikinda	26	50-63
29	Bačka Topola	11	36
30	Banatsko veliko selo	22	43-73
31	Kupusina	10	72
32	Srpska Crnja	18	75
33	Sonta	2.5	43
34	Kula	36	38 - 53

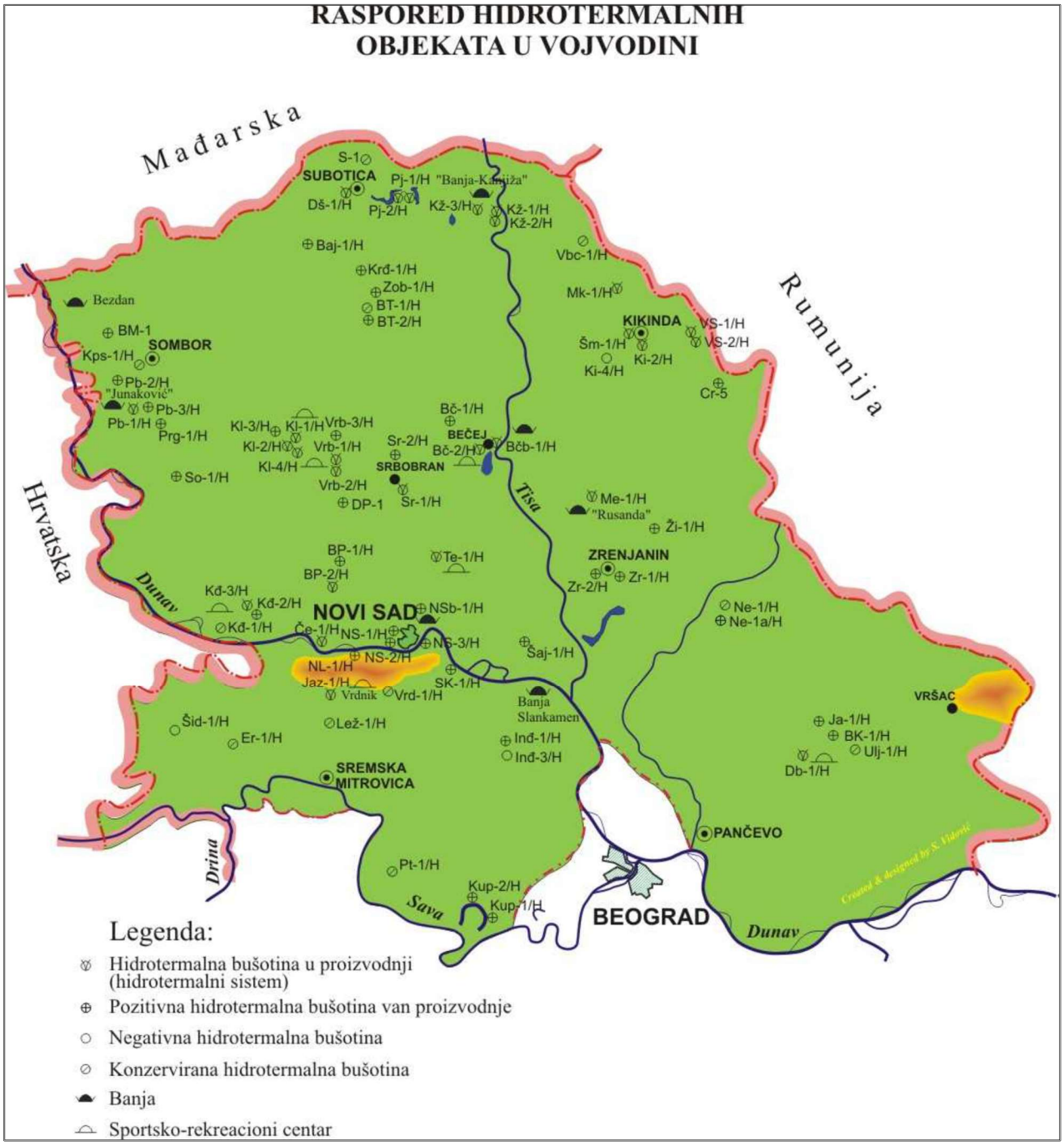
35	Vrbas	21	39-54
36	Srbobran	17	54-63
37	Turija	6	34 - 54
38	Kucura	6	56
39	Melenci	7	33
40	Bačko dobro polje	14.6	57
41	Žitište	3.7	44
42	Bački Petrovac	22	46
43	Temerin	5	42
44	Zrenjanin	4	45
45	Karađorđevo	0.2	34 - 36
46	Neuzina	4	47
47	Čelarevo	6	32
48	Šajkaš	8	39
49	Novi Ledinci	4	20
50	Sremski Karlovci	5.2	23
51	Janošik	10	35
52	Erdevik	3	16
53	Ležimir	8	21
54	Mala Remeta	5	25
55	Šid	3	35
56	Banatski Karlovac	16	27
57	Uljma	1.2	68
58	Devojački bunar	7.4	25
59	Platičevo	0.5	26
60	Vršac	15	16 - 24
61	Zmajevo	5	27
62	Sremska Mitrovica	0.3	37
63	Pačir	6	72
Ukupna izdašnost svih pojava preko		**600 l/s**	

Iz tabele 1 se vidi da su u regionu Vojvodine zastupljene preko 70% visokotermalne vode sa temperaturom resursa između 33 i 73^{o}C i, teoretski gledano, iz intervala toplote iznad 15^{o}C uz kapacitet pojava iz ukupne količine (registrovanih) termalnih voda ovog regiona moguće je eksploatisati energiju toplotne snage **> 85 MW** *(Geoinstitut, 2021)*.

Najveće količine visokotermalnih voda nalaze se na lokalnostima: Kupinovo (58 l/s), Vrbica (30 l/s), Kula (30 l/s), Banja Kanjiža (28 l/s), Kikinda (25 l/s), Banatsko Selo (22 l/s), Bački Petrovac (22 l/s), Banja Janković (20 l/s), Vrbas (20 l/s), Srpska crnja (18 l/s), Bačko dobro

polje (15 l/s), Palić (15 l/s), Novi Kneževac (11 l/s), Inđija (10 l/s), Mokrin (10 l/s), Kupusina (10 l/s) i dr.

Potencijalnost regiona Vojvodine za dalja istraživanja geotermalnih resursa je ogromna.



Slika 1. Prostorni raspored lokacija hidrotermalnih bušotina u Vojvodini

(Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2005)

Geotermalna potencijalnost grada Beograda

Za region Beograda, preuzeti su i prikazani podaci o termalnim vodama sa 21 lokacije. Osim na dve lokacije (Selters, Holywoodlend-Ledine) gde su utvrđene termalne vode – visokotermalne, sve ostale pripadaju subtermalnim vodama, njih 19.

Tabela 2. Termalne vode regiona Beograda

r. broj	Naziv lokacije	Izdašnost (l/s)	Temperatura °C
1	Obrenovac (hotel)	10	34.2
2	Obrenovačka banja	10	23
3	Vranić	1	24
4	Kumodraž	0.1	29
5	Skadarlija	1	32
6	Leštane	0.3	20.9
7	Boleč	1	24.2
8	Ritopek	2.5	19
9	Grocka	10	24 - 30
10	Zavojnička reka	30	21.8 - 24.4
11	Koraćička banja	0.5	26 - 30
12	Selters banja	4	48 - 52
13	Vreoci	8	28 - 32
14	Rudovci	2	18
15	Čibutkovica	4	25
16	Kruševica	1	20.5
17	Brajkovac	0.1	16.5
18	Dobračina ulica	4	23
19	Nenadić - Radiofar	3	32
20	West 65 Tower	3	32
21	Holywoodlend	1	45
Ukupna izdašnost svih pojava oko 90 l/s			

Iz tabele 2 se vidi da su u regionu grada Beograda zastupljene isključivo vode sa temperaturom resursa između 16,5-52°C i sa ukupnom izdašnošću od oko 90 l/s. Teoretski gledano, sa vrednošću temperature od preko 15°C, uz ukupan kapacitet (registrovanih) pojava termalnih voda u regionu grada Beograda moguće je eksploatisati energiju toplotne snage oko **7 MW**.

Geotermalna potencijalnost regiona Šumadije i Zapadne Srbije

U regionu Šumadije i Zapadne Srbije obrađene su pojave termalnih voda na više od 70 lokalnosti. Najveći broj lokalnosti pripada subtermalnim vodama njih (58), a znatno manji broj termalnim (4) i visokotermalnim vodama njih (10).

Tabela 3. Termalne vode regiona Šumadije i Zapadne Srbije

Broj	Naziv	Izdašnost l/s	Temperatura Co
1	Debrc	4	54
2	Poljane	15	30.2
3	Banja Badanja	1	15
4	Banja Koviljača	50	29.6-30.5
5	Gornja Dobrinja	10	25
6	Slatinska banja	2	21.5
7	Raševica	0.1	16.5
8	Baljevac	0.1	23 - 25
9	Bogatić	145	39 - 78
10	Paraćin	10	22
11	Cerska Slatina	0.5	20.5
12	Crniljevo	0.1	16 - 18
13	Onjeg	0.1	23
14	Partizani	1	18
15	Garaši	0.1	16
16	Bukovička banja	10	26 - 31
17	Negrišori	0.1	22
18	Prilički kiseljak	0.1	12 - 16
19	Studenički izvor	0.5	18
20	Vrnjačka banja	10	17 - 31.5
21	Crnišava	1	16
22	Veluće	6	19 - 23
23	Žarevci	1.5	18
24	Žabare	1	15
25	Brus	0.2	21
26	Donji Lević	0.3	20 - 24
27	Petnica	10	23.2 - 30.8
28	Paune	2	21.2
29	Banja Vrujci	60	26.5
30	Banja Voljavča	3	23.9
31	Banjci	2	25
32	Ovčar banja	30	35 - 37.8
33	Lađevac	50	17.5 - 20.5

34	Bioštanska banja	8	30 - 37.1
35	Roška banja	20	23.5
36	Lopatnička banja	0.2	22 - 26
37	Bogutovačka banja	7	25
38	Visoka	20	24
39	Pribojska banja	50	37
40	Despotovačka banja	0.5	27
41	Sisevac	10	26 - 34
42	Mitrovo polje	6.5	21 - 25
43	Crno vrelo	100	17
44	Čedovo	7	20 - 26.3
45	Ključ	100	20.5
46	Radaljska banja	0.3	24 - 30
47	Banja Ljig	0.1	33
48	Svračkovci	0.4	20
49	Savinac	2	19 - 26
50	Mlakovac	0.5	21.5 - 30
51	Brđani	0.2	18
52	Gornja Trepča	20	31
53	Sirčanska banja	0.2	19
54	Vitanovac	0.6	19 - 24
55	Mataruška banja	5	25 - 42.8
56	Odmenje	2	20
57	Gornji Gradac	50	16-21
58	Jošanička banja	18	22 - 78.5
59	Ribarska banja	50	38 - 58
60	Rajčinovića banja	3	38 - 42
61	Novopazarska banja	7	16-54
62	Drenovac	0.75	46
63	Petkovica	1	16.4
64	Banovo polje	1	25.1
65	Novopazarska banja	7.8	43-54
66	Novopazarska banja	1	17
67	Donji Levići	0.1	21,3
68	Donji Levići	0.87	22,1
69	Čomage	0.2	19,3
70	Slanište	1	36,8
71	Lukovska banja	22	56-63
72	Močilo	0.1	19,7
73	Lapordince	0.7	39.6
Ukupna izdašnost svih pojava je preko 950 l/s			

Iz tabele 3 se vidi da su u regionu Šumadije i Zapadne Srbije najviše zastupljene (preko 90%) subtermalne (12 – 34^{o}C) i visokotermalne vode (38 - 78^{o}C), ukupne izdašnosti od preko 950 l/s i, teoretski gledano, iz intervala toplote iznad 15^{o}C uz ukupan kapacitet (registrovanih) pojava termalnih voda ovog regiona, moguće je eksploatisati energiju toplotne snage **> 80 MW** *(Geoinstitut, 2021)*.

Najveće količine subtermalnih voda nalaze se u lokalnostima: Crno vrelo (100 l/s), Ključ (100 l/s), Banja Vrujci (60 l/s), Banja Koviljača (50 l/s), Gornji Gradac (50 l/s), Lađevac (50 l/s), Roška banja (20 l/s), Visoka (20 l/s), Gornja Trepča (20 l/s), Sisevac (10 l/s), Petnica (10 l/s), Vrnjačka banja (10 l/s), Gornja Dobrinja (10 l/s) i Poljane (10 l/s). Takođe, najveće količine termalnih voda nalaze se na lokalnostima Ovčar banje (30 l/s) i Bioštanske banje (8 l/s) dok se najveće količine visokotermalnih voda nalaze u području Mačve – Bogatić (150 l/s) i Ribarske banje (50 l/s).

Geotermalna potencijalnost regiona Južne i Istočne Srbije

U regionu Južne i Istočne Srbije obrađeni su podaci o pojavama termalnih voda na više od 65 lokalosti i najveći broj lokalnosti je sa subtermalnim vodama (53), a znatno manji sa termalnim (7) i visokotermalnim vodama (6), kao i pregrejanim vodama (1 pojava).

Tabela 4. Termalne vode regiona Južne i Istočne Srbije

r. broj	Naziv	Izdašnost (l/s)	Temperatura ^{o}C
1	Požarevac	2	36
2	Jugovo	10	30 - 42
3	Malo Laole	20	40.5
4	Glogovica	0.4	21
5	Palanački kiseljak	4	38.4 - 55
6	Neresnica	2	20
7	Žarevo	0.3	13 - 15
8	Vička banja	5	21.5
9	Suva česma	10	23
10	Bujanovačka banja	10	24.4 - 43
11	Suvi do	2	21
12	Krupajsko vrelo	3	22 - 27.1
13	Krivi Vir	10	15 - 23.1
14	Grlište	5	22.5
15	Banja Jošanica	2	17 - 26.3
16	Sokobanja	50	21.8 - 46.5
17	Rgoška banjica	30	26 - 32

18	Popšička banjica	10	21
19	Banja Toplo	1	33 - 37
20	Miljkovac	3	33
21	Niška banja	35	39
22	Ostrovačke terme	1	22
23	Pirotska banjica	35	18 - 31
24	Toplik	10	16 - 22.5
25	Zvonačka banja	9	28.5
26	Miralovce	150	22 - 24
27	Brestovačka banja	7.5	20 - 41
28	Šarbanovačka banja	3.2	30
29	Sumrakovac	3	17 - 24
30	Nikoličevska banjica	18	34.9
31	Gamzigradska banja	5	21 - 41
32	Kulinska banja	0.1	16
33	Lukovska banja	22	24 - 56
34	Kuršumlijska banja	25	37 - 68
35	Prolom banja	5	26.4 - 30.5
36	Tularska banja	2	23.6-34.5
37	Sijarinska banja	30	25 - 79
38	Toplac	1	23.5
39	Vranjska banja	50	63 - 110
40	Jugbogdanovac	0.01	16
41	Donja Lokošnica	0.1	18
42	Lepaja	0.1	17
43	Prkač	0.1	18,9
44	Reljinac	1.5	18
45	Gornja Trnava	1.8	15.2
46	Donj Bresnica	1	17
47	Žitkovac	0.1	19
48	Moravac	0.3	16
49	Kusovranska banjica	0.2	18
50	Vlaška banjica	20	18
51	Sarlak	3	20
52	Toplik - Krupac	10	22
53	Ljuberađe	500	15
54	Veliko Selo	1	20
55	M. Jovanovac	3	18
56	Vrelo Gornjana	3	18
57	Vlaole	0.3	19
58	Tilv Njagra	0.8	15.2

59	Sige	1	22.3
60	Vukanja	0.4	20
61	Vrelo	0.2	20
62	Okruglica	20	20
63	Niševac	10	15
64	Ljiljance	0.1	18.5
65	Lapordince	0.7	39.6
66	Žuželjica	0.2	15
67	Rakovac	2.5	26-30
68	Božinjevac	0.3	16
Ukupna izdašnost svih pojava je oko 1173 l/s			

Iz tabele 4 se vidi da su u regionu Istočne i Južne Srbije najviše zastupljene (oko 80%) subtermalne vode (15–34^{o}C) a zastupljene su i značajne količine termalnih (20 - 41^{o}C) i visokotermalnih voda (22–79^{o}C) sa ukupnom izdašnošću od preko 1.100 l/s. Ovom regionu pripadaju i termalne pregrejane vode lokalnosti Vranjske banje (111^{o}C), kao najtoplije u Republici Srbiji. Teoretski gledano, iz intervala toplote iznad 15^{o}C, uz ukupan kapacitet (registrovanih) pojava termalnih voda ovog regiona, moguće je eksploatisati energiju toplotne snage **> 80 MW** *(Geoinstitut, 2021)*.

Najveće količine subtermalnih voda nalaze se u lokalnostima: Ljuberađe (500 l/s), Miralovce (150 l/s), Pirotska banjica (35 l/s), Rgoška banjica (30 l/s), Vlaška banjica (20 l/s), Okruglica (10-20 l/s), Popšička banjica (10-20 l/s), Nikoličevska banja (18 l/s), Krivi vir (10 l/s), Suva Česma (>10 l/s), Zvonačka banja (9 l/s), Kriveljska banjica (10 l/s) i Oštreljska banjica (> 10 l/s) dok su najveće količine termalnih voda na lokalnosti Niške banje (35 l/s) i Malog Laola (20 l/s), a najveće količine visokotermalnih voda nalaze na lokalnostima: Sokobanja (50 l/s), Sijarinska banja (30 l/s), Kuršumlijska banja (25 l/s), Lukovska banja (20 l/s) i Bujanovačka kotlina (do 10 l/s).

Geotermalna potencijalnost Kosova i Metohije

Iz regiona Kosova i Metohije obrađeni su podaci o termalnim vodama na 26 lokalosti i najveći broj lokalnosti je sa subtermalnim vodama (21), a znatno manji sa termalnim (2) i visokotermalnim vodama (3).

Tabela 5. Termalne vode regiona Kosova i Metohije

r. broj	Naziv lokacije	Izdašnost (l/s)	Temperatura ^{o}C
1	Topličane	1.5	20.8
2	Banje	1	28

3	Slatina	1	19
4	Kisela banja	1	27 - 39.5
5	Tankosić Slatina	15	17
6	Žitinje	0.3	20.5 - 28.1
7	Kmetovska banja	1	27
8	Klokot banja	10	20.5 - 32
9	Kisela voda	0.6	15
10	Čečevo	10	24
11	Studenica	1	25
12	Rudnik banja	15	24.8
13	Banjski topli izvor	5	23
14	Pećka banja	18	23 - 48
15	Banja	40	23.6 - 26
16	Banjica	1	27
17	Ugljare	6	25 - 29
18	Banja Vuča	0.9	30
19	Banjsko	1.2	31 - 54
20	Kijevčiće	0.1	24,5
21	Jelenje	0.2	25,3
22	Vučanska banja	0.9	24.9-32.5
23	Banjska banja	1.4	16-49
24	Joševička banja	0.5	35
25	Reljinac	1.5	18
26	Gornja Trnava	1.8	15.2
Ukupna izdašnost svih lokacija je **135 l/s**			

Iz tabele 5 se vidi da su u regionu Kosova* i Metohije najviše zastupljene (više od 90 %) subtermalne vode (15–32^{o}C) sa izdašnošću od ukupno 135 l/s i, teoretski gledano, iz intervala toplote preko 15^{o}C uz ukupan kapacitet (registrovanih) pojava termalnih voda ovog regiona moguće je eksploatisati energiju toplotne snage oko **8 MW** *(Geoinstitut, 2021)*.

Ukupna geotermalna potencijalnost Republike Srbije

Analizom oko 250 lokacija sa termalnim vodama na teritoriji Srbije zaključak je da su najzastupljenije pojave subtermalnih voda (preko 170 lokacija ili više od 70 %), dalje slede termalne vode (> 40 pojava) i visokotermalne vode (oko 30 lokacija). Samo na jednoj lokalnosti utvrđene su termalne pregrejane vode (Vranjska banja). Posmatrajući po

*Za Evropsku uniju, ova oznaka ne prejudicira stavove o statusu i u skladu je sa Rezolucijom SB UN 1244/1999 i Mišljenjem Međunarodnog suda pravde o proglašenju nezavisnosti Kosova. Za UNDP, svako pominjanje Kosova treba shvatiti u kontekstu Rezolucije 1244 Saveta bezbednosti (1999).

regionima, svojom geotermalnom potencijalnošću se ističu regioni: Vojvodina (oko 21 %), Šumadija i Zapadna Srbija (oko 31 %) i Južna i Istočna Srbija (oko 40 %), koji u ukupnoj količini registrovanih pojava termalnih voda učestvuju sa više od 90 %.

Tabela 6. Toplotne karakteristike termalnih voda u Srbiji po regionima

Naziv regiona	Izdašnost l/s	t °C (min-max)	Toplotna snaga	
			Kcal/s	MW
Vojvodina	> 600	16-73	37500	> 110
Beograad	84	16-52	2300	10
Šumadija i Zapadna Srbija	900	12-78	30000	120
Južna i Istočna Srbija	> 1150	15-100	30750	> 130
Kosovo i Metohija	135	15-49	3400	13
UKUPNO	**>2900**	**12-100**	**100000**	**383**

Od ukupno oko 2,9 m^3/s koliko je registrovano termalnih voda na teritoriji Srbije, najveća količina se nalazi u regionu Južne i Istočne Srbije (> 1150 l/s), zatim u Šumadiji i Zapadnoj Srbiji (900 l/s) i Vojvodini (> 600 l/s), a manje količine utvrđene su i u regionu Beograda (90 l/s) odnosno na Kosovu* i Metohiji (125 l/s). Uzimajući u obzir da su mogućnosti eksploatacije toplote iz termalnih voda približno u intervalu toplote iznad 10°C, u teoretskom pogledu iz ukupne količine termalnih voda RS može da se eksploatiše energija toplotne snage oko **260 MW**.

Kada govorimo o njihovim karakteristikama, jasno se može videti velika različitost svih pojava i objekata, kako u delu količine resursa koje su dobijene, tako i po temperaturnom režimu svake pojave ponaosob, što svakako povlači i dalju mogućnost iskorišćavanja ***geotermalnih otpadnih voda*** sa svake od aktivnih lokacija u Srbiji.

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.

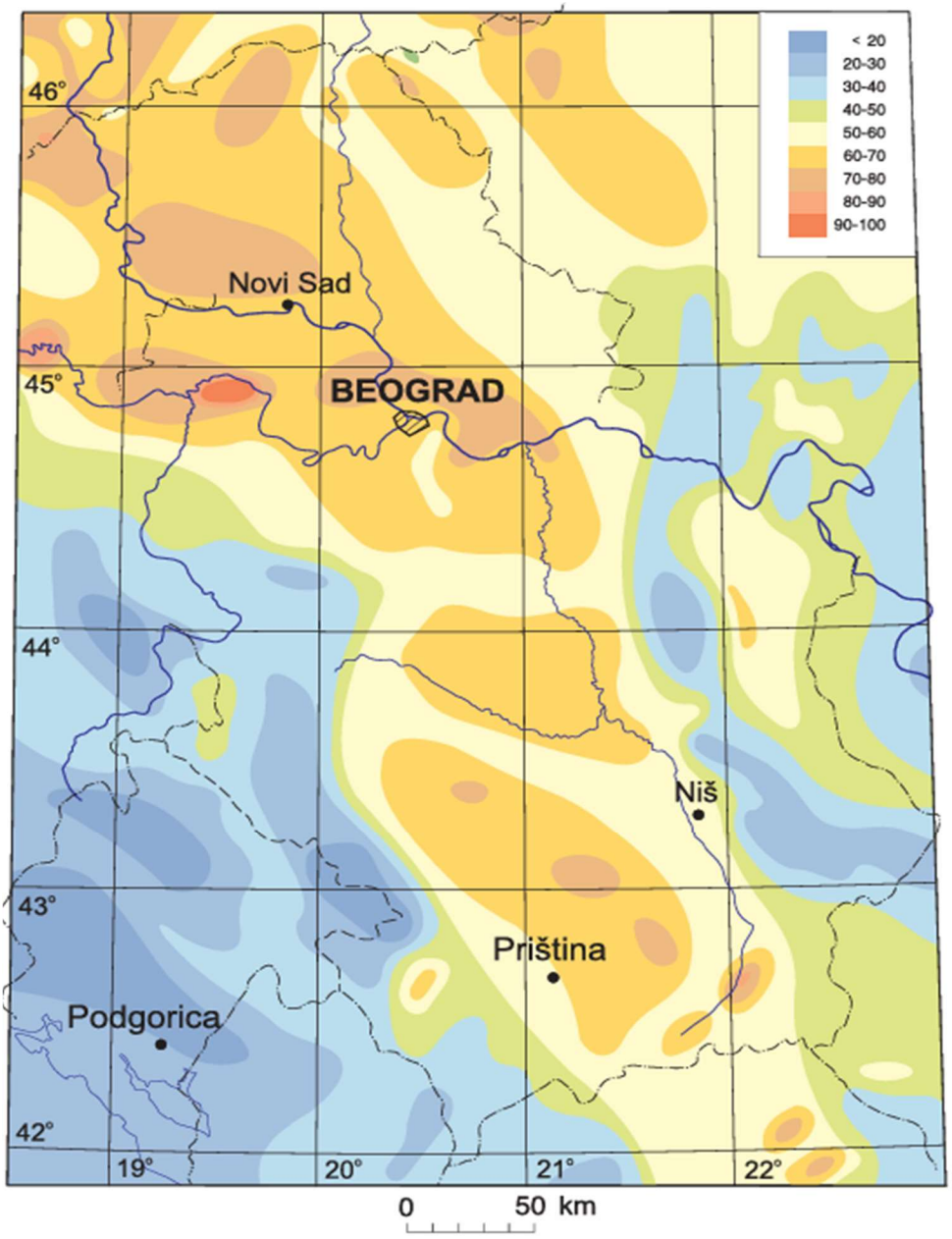
Opšta slika značajnih i relevantnih karakteristika geotermalnih voda u Srbiji ukazuje da:

1. bušotine uglavnom rade samoizlivno a najčešća izdašnost je 10-20 l/s
2. izlazna temperatura je najčešće 40-60°C
3. geotermijski gradijenti su 4.5-7.5°C/100 m
4. skoro sve vode sadrže izvesne količine gasova, najčešće metan i CO_2

*Za Evropsku uniju, ova oznaka ne prejudicira stavove o statusu i u skladu je sa Rezolucijom SB UN 1244/1999 i Mišljenjem Međunarodnog suda pravde o proglašenju nezavisnosti Kosova. Za UNDP, svako pominjanje Kosova treba shvatiti u kontekstu Rezolucije 1244 Saveta bezbednosti (1999).

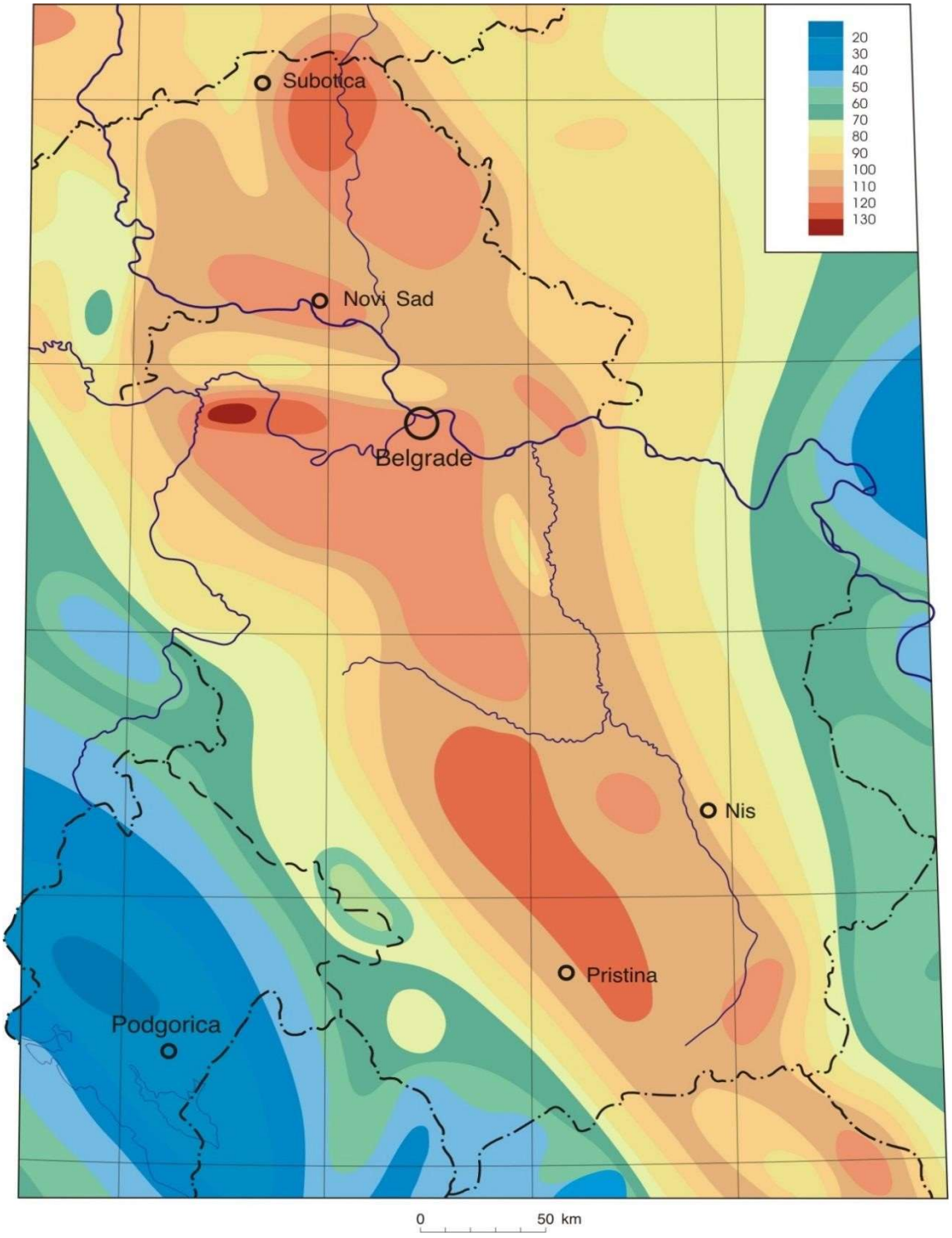
5. vode sadrže rastvorene minerale 0.42-13.94 g/l
6. sadržaj minerala u bušotinama bušenim na naftu i gas je 0.4-40.18 g/l

U daljem delu Izveštaja daće se prikaz – karta temperaturnog polja Srbije na dubini od 1000 m (slika 2) kao i karta gustine toplotnog toka Srbije *(Milivojević et al, 1992; Martinović and Milivojević, 2010)*, slika 3.



Slika 2. Karta temperaturnog polja Srbije na dubini od 1000 m†

† geoliss.mre.gov.rs/prez/geolAtlas/karte/11_geotermijska.htm



Slika 3. **Gustina toplotnog toka Srbije u mW/m²**

(Milivojević et al, 1992; Martinović and Milivojević, 2010)

Kada je reč o konzumu koji je pogodan za korišćenje energije geotermalnih voda, uvek su to potrošači toplote koji zahtevaju dovoljnu temperaturu i, po mogućnosti, kontinualno korišćenje. Zbog toga se geotermalna energija tradicionalno koristi: za bazno zagrevanje u radijatorima ili kompletno zagrevanje sa sistemom podnog odnosno vazdušnog grejanja, pripremu sanitarne tople vode i zagrevanje bazena ili ribnjaka. Postojeći konzumi to i potvrđuju, a po svemu sudeći ne očekuju se u dogledno vreme značajne promene. U sve navedene kombinacije se odlično uklapa primena toplotnih pumpi, posebno za korišćenje *otpadnih geotermalnih voda*, jer omogućava dodatno hlađenje geotermalne vode i celovitije korišćenje ovog energetskog potencijala do svog maksimuma.

3.3. Studije slučaja uspešne implementacije – primer dobre prakse u Srbiji

Do sada u stručnoj praksi imamo samo primere direktnog korišćenja geotermalne energije iz hidrogeotermalnih izvora ili petrogeotermalnih izvora za pojedine objekte, tačnije primer dobre prakse korišćenja „otpadne geotermalne vode“ na zvaničnom nivou je malobrojan i, osim Sokobanje, nemamo drugih zvaničnih potvrda i podataka (neki od sporadičnih slučajeva unutar aktivnih banjskih mesta su Jošanička Banja, Selters Banja, Bujanovačka Banja, Vrdnik, Vrnjačka Banja, Bogatić, Palić i dr. lokacije).

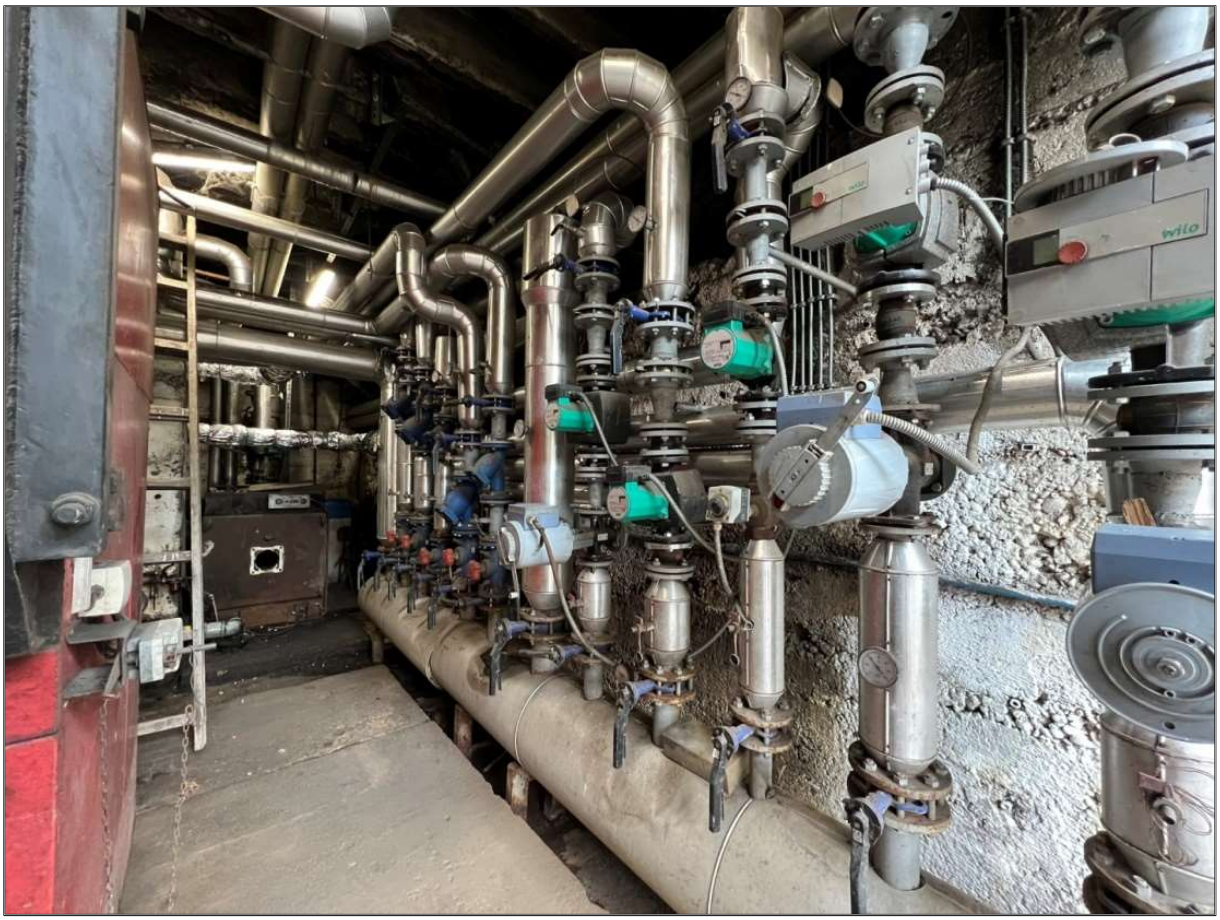
Najinovativniji i najnoviji projekat realizovan u Srbiji uz podršku Evropske unije, Ministarstva zaštite životne sredine RS uz saradnju sa Programom Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP) omogućio je Opštini Sokobanja da u zajedničkoj zgradi dve lokalne škole stari kotao na ugalj zameni sa novim sistemom grejanja na *„otpadnu geotermalnu vodu“* iz banjskog kompleksa nakon korišćenja geotermalnih voda. Temperatura termalnih otpadnih voda, koje su do sada oticale iz sokobanjskog lečilišta-turskog hamama iznosila je preko 30^{o}C a koja se sada koristi za grejanje dve škole „Branislav Nušić“ i „Mitropolit Mihailo“ (oko 4.500 m^2, a biće i grejana i školska sportska hala).

Tačnije , preko 1000 đaka u ove dve škole će udisati čistiji vazduh i imati bolje životno i radno okruženje. Takođe, ono što je ovde posebno važno je i to da je otpadna termalna voda ponovo upotrebljena, tj. njen energetski ciklus je dodatno iskorišćen upotrebom toplotnih pumpi, što je jedan od važnijih principa Zelene agende – tzv. cirkularna ekonomija.

Prelazak na ovaj obnovljivi izvor energije značajno je poboljšao kvalitet vazduha kako za školarce, tako i za sve građane i posetioce Sokobanje, a posebno će se umanjiti koncentracije toksičnih gasova, uključujući ugljen-dioksid i ugljen-monoksid, kao i suspendovanih čestica PM 2.5 i PM 10.

Projekat je vredan preko 23 miliona dinara, od čega je Ministarstvo učestvovalo sa 16.5 miliona, a ostatak sredstava je obezbedila Evropska unija.

Predstavnici opštine i škola su najavili da je postojeći sistem grejanja izgrađen za grejanje škola, ali da će se iskoristiti i za grejanje drugih javnih ustanova, pre svega vrtića u Sokobanji. Direktorka srednje škole „Branislav Nušić“ istakla je da će zahvaljujući novom sistemu grejanja ta škola, kao i škola „Mitropolit Mihailo“, sada za grejanje imati samo trećinu ranijih troškova za grejanje. „Do sada smo kao glavni energent koristili ugalj. Trošili smo oko četiri miliona godišnje, a osnovna škola duplo više. Sada smo te troškove spustili na trećinu. Pored toga imamo kvalitetnije grejanje, dolazimo u tople prostorije i odlazimo iz toplih prostorija“, kazala je ona.



Slika 4 Prikaz instalacija toplotnih pumpi u Soko Banji

3.4. Tehnologije za ekstrakciju energije

Tehnologija korišćenja geotermalnih resursa je dobro osvojena i lako primenljiva, tako da je moguće višestepeno korišćenje kako geotermalnog resursa, tako i „otpadne geotermalne vode“, tj. potpuno iskorišćenje temperature vode za različite svrhe.

Razmatrane su mogućnosti i opravdanost primene savremenih energetskih tehnologija za eksploataciju raspoloživih i očekivanih resursa naših geotermalnih voda koja obuhvataju konvencionalna rešenja, iskustveno već proverena ali i potencijalno moguća. Pod resursima geotermalnih voda smatraju se kako energetski tako i tzv. supstancijalni resursi. Energetski su oni koji mogu biti alternativa konvencionalnim resursima (fosilnim gorivima, na primer) a supstancijalni resursi su sam fluid kao takav, sa mogućnostima primene u različite svrhe.

Implementacija savremenih tehnologija razmatrana je u kontekstu rešavanja 4 globalna zadatka: a) spregnuta proizvodnja toplotne i električne energije, b) priprema energije za hlađenje objekata, c) priprema energije za zagrevanje objekata i d) priprema sanitarne vode i vode za bazene.

Energetski potencijali naših geotermalnih voda su dominantno niskotemperaturni toplotni. Konvencionalna termoenergetska postrojenja ili dualna postojenja sa resursima geotermalnih voda kao pogonskim potencijalom nisu investiciono prihvatljiva niti su rentabilna sa stanovišta komercijalne proizvodnje mehaničke (odnosno električne) energije. Ovo je razlog da se u daljim razmatranjima potencijal geotermalnih voda prihvati samo kao moguća alternativa u eksploataciji drugih (konvencionalnih) resursa, odnosno kao njihov mogući supstituent.

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

U vezi pripreme energije za zagrevanje objekata korišćenjem resursa geotermalnih voda, ovde su razmatrana klasična rešenja: potpuna eksploatacija toplotnog potencijala geotermalnih voda na potrebnom, a mogućem, nivou posredstvom toplotnih razmenjivača, uz instalaciju vršnih dogrejača radi podmirivanja eventualnog manjka energije. Uobičajena rešenja su, međutim, 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 kondezatori 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 tehnoekonomske performanse. Razume se, konačno merilo prihvatljivosti svakog rešenja su tehnoekonomski pokazatelji, te se kao mogućnost ne mogu izbeći i termodinamički najgora rešenja – vršno dogrevanje spaljivanjem goriva - gasni kotlovi.

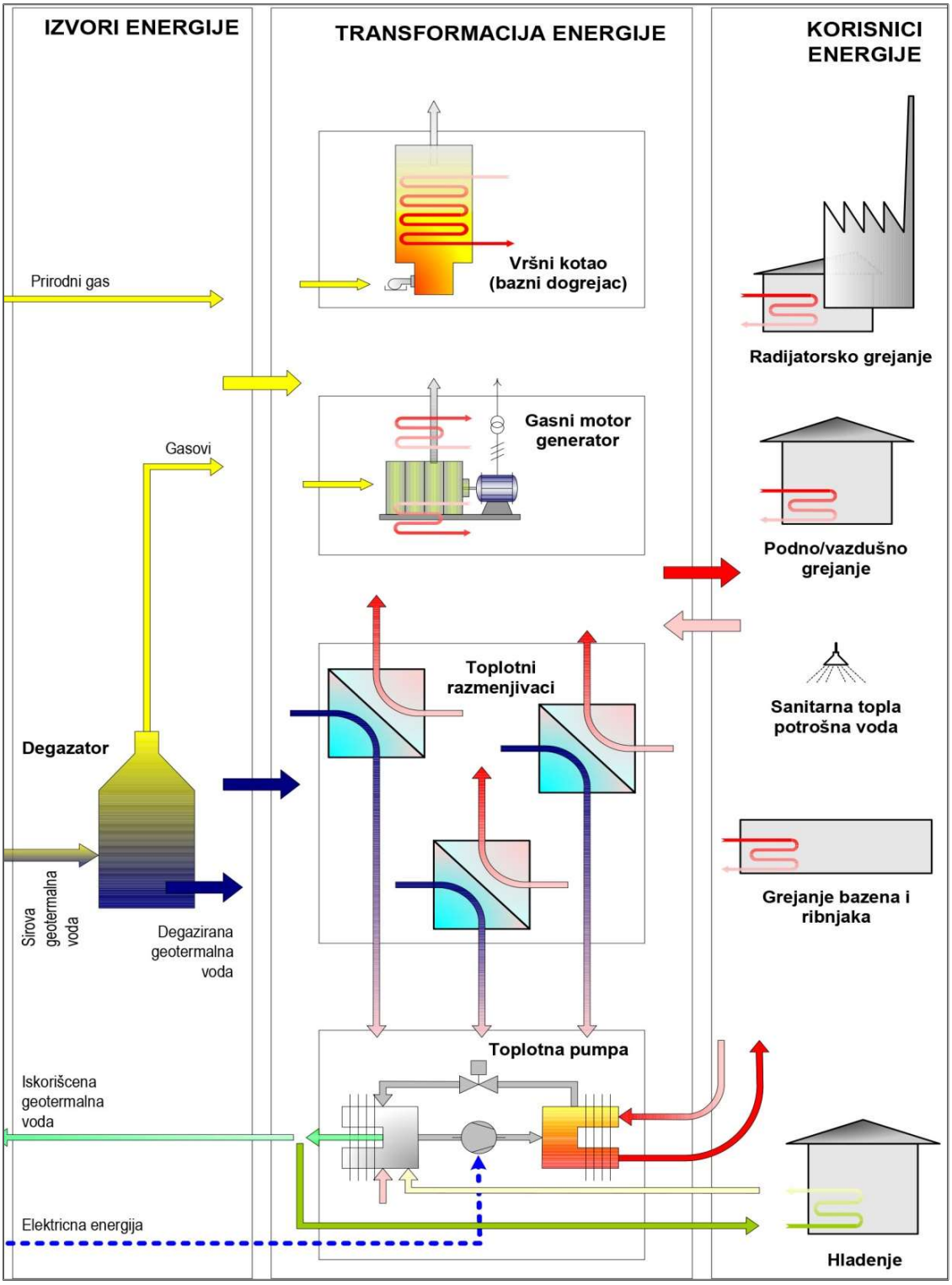
Ovakve činjenice nedvosmisleno sugerišu instalaciju kombinovanih, ili višenamenskih postrojenja. Osim upravo naznačenih postoji još jedan razlog u prilog predloga kombinovanih šema. Naime, mora se imati u vidu da su potrebe za grejanjem donekle komplementarne sa potrebama za hlađenjem jednih te istih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

Osvrt na korišćenje resursa naših geotermalnih voda u svetlu pripreme sanitarne vode i vode za bazene obrađen je okvirno, a razlozi su sledeći.

Prvo: u slučajevima kada u primenama geotermalnih voda nije dopušteno mešanje ili se hemijsko-tehnološka priprema geotermalnih voda apriori isključuje, raspoloživa geotermalna voda jeste samo energetski (toplotni) resurs. Tada se priprema sanitarne vode i vode za bazene svodi na problem zagrevanja objekata.

Drugo: zavisno od hemijskih svojstava geotermalnih voda moguće je neposredno korišćenje (supstancijanih resursa), ali najčešće su nužne posebne pripreme geotermalnih voda. 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 geotermalnih voda, tim pre što naše geotermalne vode nisu kategorisane sa aspekata ovakvih primena (bila bi nesumnjivo nužna posebna studija u cilju davanja smernica sa korišćenje supstancijalnih potencijala naših geotermalnih voda).

Na sledećoj slici je prikazana, za karakteristike Vojvođanskih bušotina, opšta toplotna šema obezbeđenja, transformacije i korišćenja energije geotermalnih voda.



Slika 5. Šema sistema za pripremu, transformaciju i korišćenje energije termalnih voda

(Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2005)

Toplotne pumpe

Toplotne pumpe su mašine koje prenose toplotnu energiju iz jednog prostora u drugi tako što jedan prostor rashlađuju a drugi prostor zagrevaju. Da bi se ostvario prenos toplotne energije potrebno je da se uloži određena, najčešće, električna energija za rad kompresora unutar toplotne pumpe. Suština i glavni razlog za primenu toplotnih pumpi leži u njihovoj efikasnosti: za prenos toplotne energije troši se samo 20-30% prenete energije, naime toplotna pumpa za potrošnju od samo 1 kWh električne enrgije daje toplotnu energiju od 3-4 kWh (odnos 1:3 ili 1:4 a u novijim uslovima i 1:5). Ako se toplotna energija koja se prenosi dobija besplatno, na primer, korišćenjem niskotemperaturne iskorišćene ***geotermalne otpadne energije*** (10-20°C) višestruko se smanjuje cena dobijene energije za korisnika.

Klimatski uslovi u Srbiji su idealni za primenu toplotnih pumpi. Pumpe u zimskom periodu rade u režimu grejanja, a leti u režimu hlađenja i time se izbegava investicija u dodatnu opremu. Primenom toplotnih pumpi troškovi za grejanje se smanjuju 3 do 4 puta. Ukoliko se toplotne pumpe koriste u kombinaciji sa podnim i zidnim grejanjem ostvaruje se termoakumulacioni efekat. Na taj način je omogućeno da se u velikom delu grejne sezone koristi električna energija po noćnoj tarifi čime se cena grejanja smanjuje još 3 do 5 puta. Grejanje pomoću toplotnih pumpi je jeftinije 9 do 16 puta u poređenju sa ekvivalentnim grejanjem na fosilna goriva, drvo ili električnu energiju u klasičnim kotlovima. Korišćenje električne energije u toku noći ima višestruke prednosti: potrošnja se obavlja kada postoje viškovi električne energije i smanjuju se vršna opterećenja u toku dana čime se ostvaruje bolja regulacija elektroenergetskog sistema.

Grejanje i hlađenje toplotnom pumpom omogućava da se toplotni potencijal ***geotermalnih otpadnih voda*** za grejanje iskoristi potpunije, a takođe i tokom letnjih meseci za hlađenje. Računa se sa grejanjem od 3.200 sati godišnje i toplotnom snagom od (700-1.000) kW i hlađenjem od 1.400 sati godišnje rashladnom snagom od (510-725) kW. Temperaturni režim hlađenja vode sa isparivačem iznosi 7/12^{o}C, a zagrevanja kondenzatorom 40/50^{o}C. Sigurni smo da je ovaj uređaj neophodan u svim energetskim varijantama jer može iskorištenu *geotermalnu otpadnu vodu* ohladiti lako do 15^{o}C pa čak i do 12^{o}C. U najpovoljnijem slučaju toplotna pumpa bi radila 6.200 časova godišnje u grejanju i dodatnih 1.400 časova godišnje u hlađenju sa dvojnom funkcijom i grejanja i hlađenja.

Toplotne pumpe preuzimaju energiju iz podzemlja na sledeća tri načina:

1. Voda iz bunara (sistem toplotnih pumpi „voda-voda“), koja je najčešće na temperaturi od 10 do 20°C dovodi se do izmenjivača u toplotnu pumpu i posle njenog hlađenja ona se vraća u drugi upojni bunar ili se izliva u recipijente, vodotokove ili kanalizaciju (što je najgori vid korišćenja termalne vode da se prosipa u kanalizaciju). Ovo je

energetski gledano najefikasniji način, jer je temperatura vode koja se izvlači u toku cele godine na konstantnoj temperaturi. Sa stanovišta pouzdanosti i jednostavnosti celog sistema postoje određeni problemi i troškovi oko izrade i održavanje bunara kao i kvaliteta resursa koji može praviti problem u instalacijama tokom vremena. Ograničenje kapaciteta je definisano izdašnošću bunara. Čest je slučaj da na lokacijama gde je potrebno da se izvede zagrevanje prostora pomoću toplotne pumpe nema na raspolaganju potrebne količine vode ili voda uopšte nije prisutna.

2. Korišćenjem geotermalne sonde (i toplotne pumpe „zemlja-voda“) se eliminišu problemi sa nedostatkom bunarske vode. Dugovečnost ovakvog sistema je zagarantovana, mogućnost kvara ili drugih problema je minimalna, a jednostavnost rukovanja je svedena na apsolutni minimum. U zavisnosti od geoloških karakteristika na određenoj lokaciji, iz jedne sonde dubine 200 m moguće je ostvariti toplotni dobitak snage do 10 KW. Ekonomski gledano primena sondi je nešto skuplja investicija u poređenju sa bunarima ali pouzdanost, jednostavnost rukovanja i dugoročno rešavanje problema grejanja i hlađenja prostora na bilo kojoj lokaciji nameće ovo rešenje kao najatraktivnije i ono bi u budućnosti trebalo da se maksimalno koristi u Srbiji, kao što je sada slučaj u bogatijim evropskim zemljama.

3. Zemaljski kolektor je rešenje vrlo slično sondi, s tom razlikom što se ne buši bunar u koji se spušta-postavlja sonda, već se plastične cevi polažu u obliku mreže u zemljište na dubini od oko 1,5 m. Energija koja se ovom metodom prikuplja je većim delom sunčeva energija akumulirana u površinskom delu zemljišta u toku leta. Ovo rešenje je znatno jeftinije od sondi ukoliko se ugradnja obavlja u toku gradnje objekta i ukoliko postoji dovoljno velika površina zemljišta za postavljanje kolektora. Nepovoljna strana ovog metoda je što se energija iz zemljišta troši tokom zime, pa se krajem grejnog perioda smanjuje efikasnost sistema.

Preko 40% primarne energije u Evropskoj uniji se troši za grejanje i hlađenje i prema tome, to je široka oblast u kojoj treba da se deluje i gde je neophodno da se postignu značajni rezultati. U poslednjih 5 godina nekoliko evropskih zemalja je donelo i zakonske odredbe da svaki novoizgrađeni građevinski objekat mora da ima ugrađenu toplotnu pumpu za zagrevanje prostora. Takođe i većina evropskih zemalja obezbeđuje značajne podsticajne mere za ugradnju toplotnih pumpi, od direktnog plaćanja proizvođaču za svaku isporučenu toplotnu pumpu do poreskih olakšica za korisnike. Jednostavno je izračunata dobit od primene toplotnih pumpi na nivou države i na osnovu toga su određene podsticajne mere da bi se ostvarili planirani efekti.

Savet Evropske unije usvojio odluku da od 2020. godine svaki novoizgrađeni stambeni ili poslovni objekat mora da bude energetski nezavisan. To znači da će u svakom objektu morati

da se proizvede onoliko energije u toku godine koliko se u tom objektu i potroši. Nije potrebno ni naglašavati da su toplotne pumpe nosilac ostvarljivosti ove odluke i da će sada uslediti podsticajne mere za njihovo još brže usavršavanje.

U okviru Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine ne spominje se direktno upotreba toplotnih pumpi, ali jedan od prioriteta su i obnovljivi izvori energije. Iz navedenih stavova Strategije razvoja energetike Republike Srbije vidi se da ne postoji nikakva ozbiljna namera da se na polju geotermalne energije preduzmu značajniji koraci iako je geotermalni potencijal nekoliko puta veći od svih naših rezervi uglja.

Korišćenje niskotemperaturne geotermalne energije pomoću toplotnih pumpi za zagrevanje i hlađenje stambenog i poslovnog prostora postalo je imperativ danas kada se planira smanjenje energetske zavisnosti i smanjenje emisije ugljendioksida. U bliskoj budućnosti približavanjem Evropskoj uniji primena toplotnih pumpi već lagano postaje obaveza pa će se to preneti i na Srbiju u dogledno vreme. Pa se tako npr. instalacijom 20.000 toplotnih pumpi kapaciteta 15-20 KW može iz zemlje preuzeti snaga od 300-400 MW (što sa potrebnom električnom energijom i odnosom 1:4) predstavlja preko 1,5 GW predate tolotne ili rashladne energije ka objektima (za grejanje i hlađenje) uz investiciju od oko 200 miliona evra.

Za organizovano uvođenje toplotnih pumpi za zagrevanje i hlađenje stambenog i poslovnog prostora postoje sledeći razlozi:

- Investicija koja je oko 3 puta veća nego u slučaju grejanja na gas isplati se u roku od 3 do 4 godine.
- Cena potrošene električne energije u toku eksploatacije je 4 do 16 puta manja nego u slučaju grejanja na gas, struju ili fosilna goriva.
- Kvalitet i komfor grejanja je na najvišem mogućem nivou.
- U toku cele grejne sezone nije potrebna nikakva intervencija.
- Ista toplotna pumpa radi u režimu hlađenja u toku leta, čime se izbegava nabavka opreme za hlađenje.
- Postoji širok opseg snaga toplotnih pumpi (od 10 kW do 2 MW) čime se postiže dobra pokrivenost zahteva.
- Moguće je da se osnuje nekoliko proizvođača toplotnih pumpi da se ne bi ponovila situacija da su svi gasni kotlovi u Srbiji uvozni.
- Povećala bi se zaposlenost na proizvodnji i montaži opreme.

Problem nedovoljne zastupljenosti toplotnih pumpi u grejanju prostora u Srbiji može da se reši različitim programima stimulacije ili njihovom kombinacijom i to:

1. Akcija povećane primene toplotnih pumpi za zagrevanje i hlađenje stambenih i poslovnih objekata treba da počne obrazovanjem stanovništva putem štampe, radija, televizije i interneta o načinima, prednostima i koristima korišćenja niskotemperaturne geotermalne energije.

2. Stanovništvo će samo finansirati nov način grejanja i hlađenja u svojim kućama, ali je potrebno jasno i precizno objasniti da je grejanje pomoću toplotnih pumpi najekonomičniji način koji postoji i da se cena grejanja neće drastično menjati u zavisnosti od kolebanja cena energenata na svetskom tržištu. Cena električne energije svuda je u svetu najstabilnija u odnosu na druge energente i može se očekivati da će tako biti i u budućnosti. Većina naših građana i subjekata je skeptična prema novim rešenjima pogotovo što su u prethodnom tridesetogodišnjem periodu nekoliko puta menjali sistem grejanja. Stoga razlozi za ponovnu promenu treba da budu jasni i da daju dugoročne rezultate.

3. Država treba da odredi podsticajne mere za primenu toplotnih pumpi i svakom kupcu domaće toplotne pumpe treba dotirati određeni iznos kao podsticaj.

4. Država treba da podstakne dva ili tri domaća proizvođača da proizvode toplotne pumpe. Projektovanje i priprema za proizvodnju mogu se uraditi u periodu od godinu dana a postoje domaći stručnjaci koji mogu da projektuju i izrade kvalitetne toplotne pumpe.

4. Regulatorni i politički okvir

4.1. Direktive EU u oblasti obnovljivih izvora energije

Obnovljivi izvori energije imaju značajan potencijal za unapređenje razvoja čovečanstva i raspoloživa energija dobijena iz obnovljivih izvora (geotermalnih voda, vetra, sunca i biomase) mogu olakšati pristup čistoj i bezbednoj energiji milionima ljudi, kao i podsticaj za društveni i ekonomski razvoj, doprinoseći tome da se društvo uhvati u koštac sa izazovima životne sredine i klimatskim promenama.

Obezbediti održive izvora energije za sve je od krucijalnog značaja za ostvarivanje razvojnih ciljeva ‘’20-20-20’’ koji predstavljaju integrisan pristup politici zaštite životne sredine, klime i energije koja ima za cilj borbu protiv klimatskih promena, povećanje energetske bezbednosti EU i jačanje njene konkurentnosti. Pomenute ciljeve postavili su lideri EU u martu 2007. godine, kada su se obavezali da učine sve da Evropa postane visoko energetski efikasna ekonomija sa niskim emisijama štetnih gasova, a usvojeni su kroz klimatsko-energetski paket 2009. godine.

Ti ciljevi, poznati kao „20-20-20“ postavili su tri ključne smernice za EU do 2020. godine i to:

- Smanjenje emisija štetnih gasova sa efektom staklene bašte za 20% u odnosu na nivo iz 1990. godine
- Povećanje udela potrošnje energije isključivo iz obnovljivih izvora na nivo od 20% i
- Povećanje energetske efikasnosti za 20%

Evropska Komisija je 2018. godine objavila da su države članice Evropske unije postigle dogovor o novim obavezujućim targetima za energiju proizvedenu iz obnovljivih izvora od 32% do 2030. godine, uz mogućnost revizije ovog sporazuma do 2023. godine. Planirano je da dogovoreni ciljevi budu implementirani kroz izmene postojeće Direktive o obnovljivim izvorima energije, nakon čega će biti transponovani u zakonodavstva država članica.

Krajem 2023. godine Parlament je odobrio novi cilj od 42,5% učešća za obnovljive izvore energije do 2030. godine što države članice podstiče na postizanje još ambicioznijeg cilja do 45 posto.

Finalni, najambiciozniji planovi EU-a u području klime utvrđeni su u klimatskom paketu „Spremni za 55%”, a cilj je da EU smanji emisiju gasova staklene bašte za 55 procenata do 2030. godine i postigne klimatsku neutralnost do 2050. godine. Paket obuhvata izmenu direktive EU o energiji iz obnovljivih izvora kako bi se povećao udeo obnovljivih izvora energije. Energetski sektor Evropske unije pokazao je prošle godine da ulazi u novu eru – onu u kojoj fosilna goriva igraju sve manju ulogu. Primera radi, 2023. godine, pomoću vetra je prvi put proizvedeno više električne energije nego pomoću gasa, a energija uglja i gasa pretrpela je do sada nezabeleženi pad.

Prema *Ember's European Electricity Review*, energetska tranzicija je u punom zamahu, pa su tako 2023. godine obnovljivi izvori energije činili rekordnih 44 posto udela u proizvodnji električne energije u EU. Taj snažan rast obnovljivih izvora energije dolazi jer su se ambicije EU takođe povećale poslednjih godina.

Plan ‘’*REPowerEU*’’ predviđa da će 72 procenata proizvodnje energije dolaziti iz obnovljivih izvora do 2030. godine sa najvećim udelom u proizvodnji od energije vetra i Sunca (njihov će se zajednički doprinos udvostručiti na 55 posto).

Na kraju, ali ništa manje važna, je i inicijativa Generalnog sekretara Ujedinjenih nacija, pod nazivom Održiva energija za sve („SE4all“) pokrenuta kao potvrda o ključnom značaju obnovljive energije za razvoj. Ova inicijativa postavlja tri cilja koje treba ostvariti do 2030. godine:

- obezbediti opšti pristup modernim energetskim uslugama
- udvostručiti globalnu stopu poboljšanja energetske efikasnosti i

- udvostručiti udeo energije iz obnovljivih izvora u okviru globalnog energetskog miksa

Od kada je pokrenuta inicijativa „SE4all“, više od osamdeset zemalja u razvoju zvanično je pristupilo ovoj inicijativi.

4.2. Prikaz stanja u Srbiji

Integrisani nacionalni energetski i klimatski plan (INEKP) je ključni strateški dokument koji u pogledu obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti i smanjenja emisija štetnih gasova sa efektom staklene bašte definiše ciljeve za 2030. godinu i predviđa veoma konkretne politike i mere za njihovo dostizanje.

U cilju sprovođenja politike klimatske neutralnosti i dekabornizacije do 2050. godine kao i trasiranja puta ka energetskoj tranziciji, Republika Srbija je ratifikovala i potpisala niz međunarodnih akata. Ratifikacijom Sporazuma iz Pariza u okviru Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama (UNFCC) iz 2015. godine Srbija je preuzela obavezu smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte i prihvatila potrebu sprovođenja mera i aktivnosti koje vode adaptaciji na izmenjene klimatske uslove, dok je potpisivanjem Ugovora o Energetskoj zajednici i Sofijske deklaracije o Zelenoj agendi za Zapadni Balkan, preuzela obaveze izrade Integrisanog nacionalnog i klimatskog plana.

Nacionalni akcioni plan za korišćenje obnovljivih izvora energije Republike Srbije (NAPOIE) iz 2013. godine je dokument kojim se podstiče investiranje u oblast obnovljivih izvora energije, a u kome su utvrđeni ciljevi korišćenja obnovljivih izvora energije do 2020. i način njihovog ostvarenja. NAPOIE je nastao iz međunarodne obaveze koju je Republika Srbija preuzela 2006. „*Zakonom o ratifikaciji ugovora o osnivanju Energetske zajednice između Evropske zajednice i Republike Albanije, Republike Bugarske, Bosne i Hercegovine, Republike Hrvatske, Bivše jugoslovenske Republike Makedonije, Republike Crne Gore, Rumunije, Republike Srbije i Privremene misije Ujedinjenih Nacija na Kosovu* u skladu sa rezolucijom 1244 Saveta bezbednosti ujedinjenih nacija*“.

Republika Srbija je, potpisivanjem ovog ugovora, prihvatila da primeni različite direktive u oblasti obnovljivih izvora energije, a u skladu sa Direktivom 2009/28/E3 prihvatila je obavezujuće ciljeve za članice Evropske Unije da obezbedi da OIE do 2020. godine učestvuju sa 20% u bruto finalnoj potrošnji na nivou EU; kao i da u istom periodu unapredi energetsku efikasnost i poboljša je za 20%. Aneksima su precizirani pojedinačni ciljevi svake države članice. Republika Srbija je, u skladu sa Direktivom 2009/28/E3 i Odlukom Ministarskog saveta Energetske zajednice (18/10/2012), sebi postavila ambiciozan cilj od 27% obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije u 2020. godini, i s tim u vezi

donela je čitav niz zakona, popisa i administrativnih odredbi, što je još jedna njena obaveza proistekla iz Odluke Ministarstvog saveta Energetske zajednice.

Prema nacrtu **Strategije Razvoja Energetike Republike Srbije za period do 2025. godine sa projekcijom do 2030. godine** strateški razvoj energetike zasnovan je na uspostavljaju balansa između proizvodnje energije iz dostupnih izvora, potrošnje energije sa tržišnim i socijalno održivim karakterom, i efikasnije proizvodnje i korišćenja što „čistije" energije iz obnovljivih izvora. Drugim rečima, efikasnijom proizvodnjom energije iz dostupnih i obnovljivih izvora, sa planiranim i isplativim plasmanom, moguće je uspostaviti održivi energetski sistem. S druge strane, strateški pristup energetici je put smanjenja ekoloških pretnji i ekonomskih troškova.

U cilju razvoja energetskog sistema planirana je izgradnja elektroenergetskih sistema, izgradnja sistema daljinskog grejanja, učešće energije iz obnovljivih izvora u bruto finalnoj potrošnji energije (BFPE) od 27%, ublažavanje uvozne zavisnosti od nafte, izgradnja gasovodne infrastrukture za proizvodnju i dopremenje prirodnog gasa uz efikasnije korišćenje energije širokog spektra primene.

Tendencija globalne energetike je da se sve više oslanja na obnovljive izvore, a sve manje na iscrpive resurse a u korist očuvanja životne sredine. Na osnovu statistike „zelenog" energetskog sistema Srbije, obnovljivi energetski potencijali su najviše korišćeni kroz hidropotencijal dok su preostali obnovljivi izvori još uvek u fazi razvoja. Uvođenjem principa „čistije" i štedljivije proizvodnje energenata, razvija se i koristi sve efikasnija oprema i tehnologija, podstiču se projekti širokog spektra primene, od malih domaćinstava koji se priključuju na distributivnu mrežu, do kapaciteta industrijskih razmera. Strateški nacionalni ciljevi su da se raspoloživi obnovljivi resursi koriste u proizvodnji električne energije, u toplanama i finalnoj potrošnji, kao i u saobraćaju.

Ova strategija potencira da se održiva energetika postiže stvaranjem ekonomskih, privrednih i finansijskih uslova za povećanje udela energije iz obnovljivih izvora energije.

Međutim, u konkretnim aktivnostima gledano ka geotermalnim resursima možemo zaključiti da trenutna energetska strategija Srbije ne tretira geotermalnu energiju kao važan i značajan resurs (iako je on nekoliko puta veći od ukupnih rezervi uglja u Srbiji) i koji je prisutan na svakom mestu u Srbiji i u svakom trenutku. Svakako da se mora raditi na izmenama ovakve prakse i stanja u oblasti geotermalnih resursa u Republici Srbiji pa tako i ovaj Izveštaj daje jedan kraći prikaz potencijalnosti Srbije sa posebnim osvrtom na mogućnost dodatnog iskorišćenja ***otpadnih-odbačenih geotermalnih voda***.

4.3. Politički okvir za korišćenje obnovljivih izvora energije

Ulaganja u obnovljive izvore energije najbolje se podstiču primenom dobro definisanih politika koje stvaraju regulatorne okvire i daju podsticaje za investicije uz postavljanje dugoročnih ciljeva za korišćenje energije iz obnovljivih izvora. Planiranje jednog takvog regulatornog okvira je povereno uglavnom Vladi, koja radi na utvrđivanju glavnih ciljeva, definiše ključne politike i uvodi neophodne tehničke, regulatorne i finansijske propise.

Izazovi sa kojima se suočavaju finansiranje i razvoj sistema korišćenja obnovljivih izvora energije poznati su i jasno definisani. Mnoge zemlje su razvile politike i zakone kojima pokušavaju da ih prevaziđu pogotovu ako korišćenje obnovljivih izvora energije treba da se razvija u velikom obimu za šta će biti neophodno finansiranje i iz privatnog sektora.

Uz obezbeđivanje neophodnih finansijskih investicija, stvaranje snažnog političkog okvira je važan preduslov za razvoj korišćenja energije iz obnovljivih izvora energije.

Kratkoročna politika: Uspostavljajući politički okvir za promovisanje razvoja korišćenja obnovljivih izvora energije, vlada treba da razmotri određene promene politike koje se mogu ostvariti bez menjanja ključnih zakona kojima se reguliše tržište energije, npr. odrediti kao cilj da se određeni procenat električne energije (ili ukupne energije) proizvodi iz obnovljivih izvora. Kada se ovo uspostavi kao minimum, time se šalje jasna poruka u vezi sa posvećenošću vlade zaokretu ka održivoj energiji. Početkom 2013. godine, 138 zemalja imalo je usvojene ciljeve za povećanje korišćenja tehnologija u vezi sa korišćenjem obnovljivih izvora energije

Dugoročna politika: Budući da tržište energije postaje sve kompleksnije i zahtevnije, biće potrebno doneti i nove zakone ili izmene i dopune postojećih zakona, kako bi se stvorio snažan zakonski okvir koji povećava poverenje Investitora i doprinosi bržoj izgradnji infrastrukture za korišćenje obnovljivih izvora energije.

Korišćenje geotermalne energije i geotermalnih otpadnih voda u Srbiji definisano je regulativom (Zakoni i Pravilnici) koja se prvenstveno nalazi u

- Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima RS („Službeni glasnik RS”, broj 101/15, 95/18 i 40/21);
- Zakonu o vodama RS („Službeni glasnik RS”, broj 30/10, 93/12, 101/16, 95/18 i dr. zakon) i
- Zakonu o planiranju i izgradnji RS (kada govorimo o izgradnji instalacija) („Službeni glasnik RS”, broj 72/09, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19, 9/20, 52/21 i 62723)

5. Finansiranje

Odlučujući parametri za ocenu opravdanosti korišćenja geotermalne energije su ekonomski interesi korisnika i politička opredeljenost za dodeljivanje pogodnih tzv. „zelenih“

podsticaja-kredita za masovnije korišćenje potencijala geotermalnih voda. Pri tome je jednako važno i pitanje da li postoji raspoloživost države za masovnije uvođenje korišćenja geotermalnih voda u postojeće objekte sa ciljem supstitucije fosilnih goriva i činjenica da li će ta energija biti konkurentna klasičnim rešenjima. Novi potencijalni korisnici su u nešto povoljnijem položaju, jer treba iz navedene ponude mogućih rešenja samo izabrati ekonomski najpovoljnije rešenje i okrenuti se ka njemu, što se i dešava.

Sadašnje intencije svetske zajednice i Evropske Unije su intenziviranje korišćenja svih vidova obnovljivih energetskih izvora. Konkretno i naša država se pridružuje tom trendu i takvu politiku promoviše kroz „*Strategiju razvoja energetike Republike Srbije"*. Strategijom se podržavaju ovakvi projekti kroz „Program za selektivno korišćenje novih i obnovljivih izvora energije" i očekuje se intenziviranje aktivnosti na ovom području, jer u Strategiji, u delu koji opisuje ovaj Program piše:

(citat) ... *„Za realizaciju Programa neophodno je utvrditi podsticajne mere za uvođenje savremenih tehnologija sagorevanja biomase i otpada, za ulaganja u nova postrojenja i kupovinu opreme za korišćenje obnovljivih izvora energije, zatim mere za upoznavanje šire i stručne javnosti o mogućnostima korišćenja različitih obnovljivih izvora i o pogodnostima koje pružaju međunarodni Fondovi za realizaciju konkretnih Projekata, uključujući lokalnu samoupravu, o pozitivnim efektima ovih aktivnosti, povećanje zaposlenosti i razvoj lokalne infrastrukture. Saglasno najavljenoj harmonizaciji prakse i regulative u ovoj oblasti, sa regulativom EU u okviru ovog Programa utvrdili bi se zakoni, propisi, standardi i ostali dokumenti kojima se reguliše aktivnost u vezi korišćenja obnovljivih izvora energije.*

Slično Programu za racionalnu upotrebu i efikasno korišćenje energije, za realizaciju ovog Programa, potrebno je razviti posebne šeme/modele finansijskog podsticaja svim merama kojim se omogućuje intenzivnije korišćenje novih obnovljivih izvora energije" (kraj citata).

Sasvim je sigurno da političko opredeljenje postoji i treba ga samo konkretizovati kroz odgovarajuće dokumente i mere. Dosadašnji način poslovanja i odnos prema korišćenju energije geotermalnih voda se pokazao dosta neefikasnim, pa je došlo i do skoro potpunog prestanka bušenja hidrotermalnih bušotina i izgradnje hidrotermalnih sistema, što se u nadolazećem periodu hitnim merama mora poboljšati i omasoviti.

Javno finansiranje: ovaj vid finansiranja zasigurno nikada neće biti dovoljan da obezbedi masovno korišćenje obnovljivih izvora energije i razvije u obimu koji je neophodan da bi se bitnije smanjilo oslanjanje na fosilna goriva. Međutim, ako se koriste na pravi način, javni fondovi mogu podstaći privatne investicije u znatnom obimu.

Postoji nekoliko ključnih izvora javnih finansija:

- novčana pomoć je posebno korisna u situacijama kada određeni obnovljivi izvori energije još uvek nisu dovoljno razvijeni u našoj zemlji (kao što je geotermal) a troškovi njegovog razvoja mogu biti veoma destimulativni;
- kredit bi mogao biti uz mnogo nižu kamatu nego oni koje odobravaju komercijalni zajmodavci, pošto država može odrediti nižu kamatnu stopu po kojoj odobrava kredite;
- garancije za kredite: umesto da direktno pozajmi novac nekom investitoru, vlada može da sklopi ugovor po kome deluje u svojstvu garanta za kredit koji je odobrila neka finansijska institucija, recimo, neka banka;
- poreske olakšice bi trebalo odobriti za sve koji koriste obnovljive izvore energije. Npr., država može sniziti ili se odreći poreza na građevinske radove kada su u pitanju projekti velikog obima u vezi sa korišćenjem obnovljivih izvora energije, čime se znatno smanjuju inicijalni troškovi investitora;
- međunarodna pomoć za finansiranje i sprovođenje projekata malog obima za pružanje tehničke pomoći vladama ili pak može biti komponenta nekog većeg projekta u sadejstvu sa privatnim finansiranjem, čime se privatno finansiranje podstiče na isti način kao potrošnja vlade.

Privatno finansiranje: kod razvijanja većih kapaciteta za korišćenje obnovljivih izvora i energije velikog obima, neophodno je investiranje iz privatnog sektora jer većina vlada nije u stanju ili nisu voljne da pokriju troškove izgradnje infrastrukture za proizvodnju, prenos i distribuciju energije. Postoji nekoliko razloga zašto privatni investitori tradicionalno smatraju projekte korišćenja obnovljivih izvora energije rizičnim i to:

- prvo, korišćenje obnovljivih izvora energije je relativno nova stvar i još uvek se ne smatra „zrelom“ tehnologijom (sa izuzetkom tehnologija za korišćenje hidroenergije) i investitori vole da svoje odluke zasnivaju na učincima iz prošlosti, a relativno kratka istorija korišćenja obnovljivih izvora energije znači da ima manje podataka za procenu, a time jača percepcija rizika.
- drugo, imajući u vidu velike početne kapitalne troškove izgradnje prateće infrastrukture za korišćenje energije iz obnovljivih izvora, investitorima je neophodno da budu uvereni da će proizvedena električna energija pronaći kupca spremnog da plati odgovarajuću cenu. Oni žele da imaju neke zakonske garancije da će se od preduzeća za prenos/distribuciju/prodaju električne energije (koja su često predmet monopola i u vlasništvu države) zahtevati da kupe električnu energiju proizvedenu od strane nezavisnih proizvođača energije.
- treće, potrebno je da privatni investitori budu sigurni da su politike i propisi kojima se reguliše delatnost korišćenja energije iz obnovljivih izvora stabilni,

kao i da se ništa neće promeniti u kratkoročnom ili srednjoročnom periodu. U idealnom slučaju, investitori žele garancije da će, čak i u slučaju promene vlade, posvećenost korišćenju obnovljivih izvora energije ostati na snazi. Stabilnost politike je od ključnog značaja.

Dosadašnja praksa Ministarstva zaštite životne sredine sa sprovođenjem javnih poziva za predstavnike jedinice lokalne samouprave pokazala se veoma uspešnom u nekoliko oblasti.

Razmatrajući različite predloge projekata prvenstveno se izdvajaju projekti lokalnih samouprava sa visokim stepenom zainteresovanosti lokalnih vlasti, što u samom startu daje prednost u realizaciji. Primena istovetnih kriterijuma svakako daje iste mogućnosti svim jedinicama lokalne samouprave.

6. Izazovi i prepreke

Uprkos evidentnom potencijalu kojim Srbija raspolaže u polju geotermalnih resursa i još očiglednijoj isplativosti korišćenja ovog resursa, procenat korišćenja je jako mali. Razlozi za ovakvu situaciju su brojni, sa jedne strane jasno je da su informacije o potencijalnosti poznate u usko stručnim krugovima i da donosioci odluka nemaju mnogo informacija o potencijalima ovog resursa, a sa druge strane ekonomska isplativost nije dovoljno jasno predočena kako donosiocima odluka, tako i potencijalnim korisnicima, ali i potencijalnim finansijerima budućih sistema korišćenja otpadnih geotermalnih voda.

Tehnički, ekonomski, pravni izazovi i prepreke u korišćenju ***otpadne geotermalne vode***

Stepen iskorišećnja toplotnog potencijala otpadnih geotermalnih voda je od odlučujućeg uticaja za ekonomičnost korišćenja ovog energetskog resursa.

Najpovoljnije bi bilo koristiti bušotinu-lokaciju neprekidno 8.760 časova godišnje i pri tome stalno hladiti geotermalnu vodu na izlazu iz sistema za transformaciju energije do 10-15^{o}C ali treba imati takvog konzuma. Time bi se postiglo puno korišćenje i ostvarili najpovoljniji ekonomski uslovi za valorizaciju energetske vrednosti geotermalnih voda. Takav način iskorišenja ovog energetskog potencijala bi bio u interesu korisnika i ovlašćene kompanije za gazdovanje resursima geotermalne energije.

U praksi je ovo praktično nemoguće ostvariti, jer je teško naći i zamisliti takvu strukturu konzuma koji bi omogućio da se 8.760 sati godišnje iskoristi energetski potencijal bušotine u celosti i geotermalna voda uvek hladi do krajnjih temperatura pre napuštanja sistema u kom se koristi. Međutim, treba nastojati da se pogodnom strukturom različitih korisnika

energije u što većoj meri dugotrajnije mogu ostvariti dovoljno povoljni režimi rada sistema i omogućiti ekonomično korišćenje. Zbog toga su, za ekonomičnost iskorišćenja raspoložive toplotne energije svake bušotine pogodni dugotrajni korisnici energije sa što nižim zahtevanim temperaturama.

Faktori ograničenja šire primene *otpadnog geotermalnog potencijala* mogu se svrstati u dve grupe**: tehnički i ekonomske**.

Tehnički faktori su povezani pre svega sa fizičko-hemijskim karakteristikama otpadne geotermalne vode i uticajima koje njihova upotreba ima na bušotine, površinske instalacije nadzemnog hidrotermalnog sistema i posebno na prirodnu sredinu zbog problema deponovanja nakon iskorišćenja.

Ekonomski faktori odnose se na probleme troškova istraživanja, istražnog bušenja i izgradnje hidrotermalnog sistema sa jedne strane i problema rentabilne eksploatacije, odnosno izbora najoptimalnijeg načina korišćenja toplotne energije vode od strane korisnika sa druge strane.

Takođe, veliku prepreku budućem razvoju korišćenja obnovljivih izvora energije predstavlja nedostatak stabilnog i transparentnog regulatornog okvira u kome bi se taj razvoj odvijao. Investitori treba da budu uvereni u sigurnu, dugoročnu posvećenost zemlje (ili pokrajine ili države) razvijanju i promovisanju korišćenja obnovljivih izvora energije; uspostavljanje čvrstih pravila putem zakonodavstva predstavlja jedan od najboljih načina da se iskaže ova posvećenost.

U svim segmentima upravljanja geotermalnim resursima prisutno je traženje odgovornosti u drugom segmentu, odnosno očekivanju da drugi resor pokreće inicijative (na nacionalnom nivou se očekuje više aktivizma od lokalnih samouprava, lokalne samouprave očekuju sve više od države, privreda očekuje podsticaje i čeka poslednji trenutak za preduzimanje konkretnih koraka) kako bi se trenutno stanje u ovoj oblasti pokrenulo u pravcu u kome se želi, a to je jeftinija energija za sve i nezavisnost u korišćenju izvora energije, a to upravo dozvoljava geotermalna energija bez obzira na dešavanja u okruženju i svetu.

UPOREDNA ANALIZA ISPLATIVOSTI IZGRADNJE

1 MW električne energije iz geotermalnih izvora
1 MW električne energije iz solarnih panela i
1 MW električne energije iz vetrogeneratora

Ovaj Izveštaj će u svojim okvirima prikazati mogućnost i opravdanost primene geotermalne energije i geotermalnih otpadnih voda kao konkurentnom i alternativnom rešenju ustaljenim konvencionalnim načinima za snabdevanje energijom. Zbog toga, sa aspekta korisnika primena geotermalne energije mora biti opravdana povoljnim cenama, subvencijama ili nekim drugim merama koje će omogućiti njegovo bolje poslovanje. Bez toga korisnici nemaju interes da koriste ovaj energetski resurs.

Za utvrđivanje opravdanosti primene geotermalne energije kroz ovaj Izveštaj se daje jedna kraća uporedna analiza izgradnje i instalacije geotermalnog sistema snage 1 MW za proizvodnju električne i toplotne energije u odnosu na izgradnju 1 MW solarne elektrane za proizvodnju električne energije kao i 1 MW električne energije proizvedene izgradnjom vetrogeneratora.

Analiza izgradnje sistema za proizvodnju 1 MW električne energije iz geotermala

Kada govorimo i vršimo analizu izgradnje sistema koji proizvodi električnu energiju iz geotermalnih izvora (termalnih voda ili pregrejanih para) moramo da napomenemo da na ukupne troškove instalacije jednog ovako kompleksnog sistema utiču kako od početnih sveobuhvatnih istraživanja lokacije i bušenja potrebnog broja eksploatacionih i upojnih bunara i instalacije eksploatacione opreme tako i dalja nadgradnja nadzemnog sistema za proizvodnju električne energije iz hidrogeotermalne vode ili pregrejane pare (u zavisnosti od stanja geotermalnog resursa) a takođe i od sistema konekcije i priključka na prenosnu elektro mrežu.
Svi pomenuti troškovi se mogu svrstati u kapitalne izdatke ili **CAPEX** troškove u osnovna sredstva i **OPEX** – operativne troškove.

U CAPEX troškove u oblasti geotermije možemo svrstati: izdatke za sva prethodna istraživanja lokacije, bušenje eksploatacionih bunara i bušenje upojnih bunara, instalaciju eksploatacione opreme za crpenje resursa i međusobno povezivanje bunara kao i nadzemna postrojenja za pretvaranje hidroenergije ili pare u električnu energiju uz troškove isporuke – konekcije proizvedene energije na distributivnu elektro mrežu.

U OPEX troškove možemo svrstati: tekuće održavanje izgrađenog sistema, osiguranje sistema, marketing i prezentacija GT sistema, plate i porezi zaposlenih lica u kompaniji, operativne dnevne troškove putovanja, kancelarije i drugi troškovi.

Za jednu ovakvu analizu, koji bi obuhvatili sve CAPEX i OPEX troškove, neophodno je mnogo ulaznih parametara od samog početka – lokacije pa do krajnjeg proizvoda – isporuke električne energije i to će biti predmet posebnog *Idejnog rešenja sa prethodnom Studijom opravdanosti analize varijantnih rešenja* ili *Idejnog projekta sa Studijom opravdanosti analize varijantnih rešenja* (shodno Zakonu o planiranju i izgradnji RS) a sve u zavisnosti šta klijent zahteva i koliku dubinu analize želi. Svakako, jedna ovakva analiza prevazilazi okvire predmetnog Izveštaja pa ćemo na ovom mestu dati samo okvirne – poznate budzetske vrednosti po 1 MW izgradnje geotermalnog sistema u okolini Srbije, na primeru već izgrađene ORC binarne geotermoenergane Velika Ciglena u Hrvatskoj, snage 15 MW tokom 2019. godine.

Ukupni troškovi izgradnje jednog ovakvog sistema su iznosili 44 miliona eura što odgovara ukupnim specifičnim troškovima od **3260 eura/kW**. Efektivna proizvodnja poslednjih godina od trenutka puštanja u rad do danas se u proseku izvodila sa ukupno 6132 sati godišnje što je faktor proizvodnje od 70% (od ukupno sati na godišnjem nivou 8760 sati), *literatura 10*.

Ako se uzme dalje za analizu pomenuta cena od 3260 eura/kW to praktično znači da bi ukupni troškovi izgradnje sistema snage **1 MW** iz geotermalnih resursa ukupno cca **3.260.000 eura** (*istraživanje, bušenje bunara, instalacija eksploatacione opreme I nadzemnog sistema kao i sistema za povezivanje na elektro mrežu*). Dalje, ako se uzme prosečna aukcijska cena električne energije na tržištu Srbije od **80 eura/MWh** (info SEEPEX Srbija) lako se dolazi do moguće godišnje proizvodnje iz 1 MW geotermoenergane od **6132 sati rada x 80 eura/MWh = 490.000 eura godišnje.**

Ovome treba dodati i operacione i tekuće troškove na održavanju sistema, kako navode autori (*literatura 10*), koji idu od 10-20 US/MWh (cca 15 eura/MWh) i umanjuju godišnju proizvodnju za oko 90.000 eura.

Ovakvim prikazom dolazimo do konačne neto godišnje produkcije za 1 MW snage od oko **400.000 eura** pa kad se pogleda ukupna investicija od 3.260.000.- eura / 400.000 eura prihoda dobija se = **8,15 godina** *period povraćaja investicije u izgradnju jedne geotermoenergane snage 1 MW.*
Do sada je u stručnoj javnosti a i šire vladalo pogrešno uverenje da se energetski geotermalni projekti u Republici Srbiji razvijaju vrlo sporo, isključivo zato što ih ''usporava'' administracija, prekomplikovan postupak dobijanja potrebnih dozvola ili pak otpor lokalne zajednice. Međutim, moramo reći da je najveći izazov pred kojim se nađe Investitor i nosilac projekta gradnje energetskog postrojenja, trenutak kada sa svim dobijenim dozvolama dođe u finansijsku instituciju (banku) i zatraži sredstva za svoj projekat i tek tada nastaje pravi i

istinski zastoj. To ne čudi, s obzirom na to da se tržište energije u Srbiji otvorilo neposredno pre nadolazeće globalne finansijske krize a banke su nakon toga postale izuzetno konzervativne pri plasmanu sredstava i preuzimanju rizika, pa od nosioca projekta traže izrazito visoka sopstvena učešća, ali i iskustvo koje potencijalni domaći investitor projekta, bar kada je geotermalna energija u pitanju, ne može obezbediti. Banke su postale previše oprezne i danas više nisu spremne preuzeti gotovo nikakve rizike daljeg razvijanja projekta.

Zato se, uz veliko učešće u investiciji, od investitora projekta još traži i da pruži dodatne garancije iz već uhodanog i postojećeg poslovanja. Jednostavno se ovakvi projekti u Srbiji ne mogu realizovati bez strateškog partnera koji zadovoljava sve kriterijume koje traže banke, pa je ovde preko potrebno da se Republika Srbija uključi i institucionalno pomogne svim budućim investitorima u ovoj oblasti.

Na kraju, bez obzira na visinu investicije, dugoročno je isplativije ulagati u gradnju geotermalnih elektrana. Sam trošak proizvodnje električne energije u postrojenju u kom se kao pogonsko gorivo koristi vruća voda, višestruko je niži od troška proizvodnje struje iz gasa ili uglja kao pogonskog goriva. Za 1 MWh proizvedene električne energije iz gasa danas treba platiti oko 100 evra, a uz napomenu da se gas većim delom uvozi iz drugih zemalja i transportuje preko međunarodnih cevovoda, pa uz trošak imamo i odliv novca iz države. A za 1 MWh proizvedene električne energije iz geotermalnog izvora koji je domaći resurs i koji se ne uvozi, novac ostaje u zemlji i ravnomerno ga mogu raspoređivati kako lokalna zajednica i nadležno ministarstvo RS, zauzima neznatnu površinu i ne zavisi ni od vetra ni od sunca i može raditi u režimu 365 dana u godini a takođe se iskorištena termalna voda može koristiti za toplifikaciju gradova, grejanje staklenika, aqua parkove i druge akvatične sisteme, kao i ribnjake, što umnogome smanjuje period povraćaja investicije.

Analiza izgradnje sistema za proizvodnju 1 MW električne energije iz solarnih panela

Tokom proteklih nekoliko decenija, razvijene su i tehnologije koje pretvaraju energiju sunca u električnu energiju ili toplotnu energiju i te tehnologije se sada koriste u mnogo većem obimu za proizvodnju značajnih količina korisne energije. Trenutno, samo mali procenat električne energije se proizvodi korišćenjem solarne energije, ali instalirani kapaciteti fotonaponskih elektrana porastao je sa manje od 1.000 MW u 2000. godini na preko 100.000 MW u 2015. godini. Solarna energija se može koristiti u obimu koji zadovoljava komunalne potrebe, pomoću hiljada solarnih panela ili ogledala koji napajaju mrežu električnom energijom, ili u manjem obimu, u vidu manjih krovnih instalacija koje snabdevaju pojedinačne domove električnom energijom i/ili toplom vodom.

Postoje određene prepreke koje sprečavaju ekspanziju korišćenja solarne energije. Kao prvo, rani tipovi fotonaponskih jedinica bili su osetljivi na lokalne klimatske faktore, na primer, ekstremno visoke temperature, nivo vlage i pesak, što je sve moglo da umanji količinu energije koju su proizvodile. Skorašnji tehnički napredak u proizvodnji otpornijih solarnih panela znači da fotonaponske jedinice mogu ostati efikasne čak i u teškim uslovima sa efektivnim eksploatacionim rokom od 25-30 godina.

Kao drugo, tokom rane faze razvoja korišćenja solarne energije, troškovi proizvodnje električne energije iz solarnih panela bili su znatno viši u odnosu na druge izvore energije. Tehnička poboljšanja, ostvarena tokom protekle decenije, u znatnoj meri su smanjila te troškove do te mere da je masovna proizvodnja fotonaponskih solarnih postrojenja za proizvodnju električne energije postala ekonomski održiva i da se široko primenjuje. U nekim zemljama postrojenja na vetar i solarnu energiju već su postala konkurentna po cenama u odnosu na postrojenja koja koriste fosilna goriva, a već 2020. godine, solarna energija je bila jeftinija od energije dobijene od gasa na svim ključnim tržištima širom sveta, uključujući tu Kinu, Nemačku, Indiju, Rusiju, Veliku Britaniju i SAD.

Za analizu ukupnih troškova izgradnje jednog solarnog sistema snage 1 MW (to je 1,25 MWp u panelima) sa udaljenosti priključnog mesta od SE na 500 m sa svim dozvolama i rešenom imovinom za gradnju korišteni su podaci izgradnje SE u Pirotu i isti su iznosili **900.000 eura** što odgovara ukupnim specifičnim troškovima od **900 eura/kW**. Efektivna projektovana proizvodnja za područje Pirota u Srbiji od trenutka puštanja u rad trebalo bi biti **1500 sati** godišnje.

Ako se za analizu uzme cena od **900.000 eura** za izgradnju sistema snage **1 MW** iz solarnih panela (*u ovoj ceni su sadržani paneli i invertori kineskog proizvođača, nosači panela lokalni, razvodna postrojenja i trafoi EU-Simens-Schneider kao i upravljački sistem – Srbija, Pupin i sistem za povezivanje na elektro mrežu lokalni*) uz prosečan rad elektrane od 1500 sati godišnje i aukcijsku cenu električne energije na tržištu Srbije od **80 eura/MWh** (info SEEPEX Srbija), lako se dolazi do moguće godišnje proizvodnje iz 1 MW SE od **1500 sati rada x 80 eura/MWh = 120.000 eura godišnje.**

Ovome treba dodati (umanjiti) operacione i tekuće troškove na održavanju sistema, kako navode vlasnici SE Pirot (koji iznose cca 10 eura/MWh) a koji umanjuju godišnju proizvodnju za oko 15.000 eura, Na kraju se lako dolazi do konačne neto godišnje produkcije za 1 MW snage SE od oko **105.000 eura** i kada se sve to uporedi sa ukupnom investicijom od 900.000 eura / 105.000 eura prihoda dobija se = **8,57 godina** *period povraćaja investicije u izgradnju jedne solarne elektrane snage 1 MW.*

Analiza izgradnje sistema za proizvodnju 1 MW električne energije iz vetrogeneratora

Vetar se već vekovima koristi kao izvor energije, a krajem 2012. godine u globalnim razmerama već je instalirano oko 250.000 vetrogeneratora, čiji je ukupni instalirani kapacitet bio 282,5 gigavata (GW). Iako je ovo samo mali procenat ukupne količine proizvedene električne energije, električna energija proizvedena od energije vetra predstavlja jedan od vodećih izvora među novostvorenim kapacitetima za proizvodnju električne energije. Neke zemlje su veoma mnogo investirale u korišćenje energije vetra. Danska, na primer, sada proizvodi preko 40% svoje električne energije korišćenjem vetrogeneratora.

Problem sa energijom vetra je u tome što je to nestabilan izvor energije, budući da se obim proizvodnje električne energije menja u zavisnosti od snage vetra koji pokreće vetrogeneratore u bilo kom datom trenutku, tačnije uslov za analizu lokacije je da vetar mora da duva brzinom od 3 pa do 25 m/s (godišnje prosečnom brzinom od 6 m/s) oko 2600 sati da bi se jedna lokacija uzela u dalje razmatranje.

Za analizu ukupnih troškova izgradnje jednog sistema vetrogeneratora je korišćena dokumentacija iz buduće vetroelektrane Kostolac gde je predviđeno 20 vetroturbina (svaka snage 3,3 MW) ili ukupno 66 MW instalirane snage. Ukupna godišnja planirana proizvodnja ovog vetroparka je procenjena na 184.000.000 KWh/godišnje, dok prosečna cena izgradnje 1 KW kod vetrogeneratora ide do **1.100 eura/kW**, odnosno ukupna investicija iznosi **72.600.000 eura**.

To znači da ako se ukupna godišnja proizvodnja ovog vetroparka podeli sa snagom cele elektrane od 66.000 kW dobija se broj od 2787 sati godišnje, što uz koeficijent neravnomernosti od 0,9% iznosi **2500** radnih sati godišnje.

Ako se za analizu uzme cena od **72.600.000 eura** za izgradnju sistema snage **66 MW** iz vetroparka Kostolac uz prosečan rad elektrane od 2500 sati godišnje i aukcijsku cenu električne energije na tržištu Srbije od **80 eura/MWh** (info SEEPEX Srbija), lako se dolazi do moguće godišnje proizvodnje iz **1 MW** vetrogeneratora od **2500** $_{\text{sati rada}}$ **x 80 eura/MWh = 200.000 eura godišnje, tj. za 66 MW snage godišnja proizvodnja celog vetroparka bila bi 13.200.000 eura.**

Ovome treba dodati (umanjiti) operacione i tekuće troškove na održavanju sistema na nivou od (koji iznose cca 10 eura/MWh ili ti 25.000 eura za 1 MW) a koji umanjuju ukupnu godišnju proizvodnju za oko 1.650.000 eura za celu elektranu od 66 MW što na kraju daje konačnu neto godišnje produkciju za 66 MW snage od **11.550.000 eura** pa kada se sve to uporedi sa

ukupnom investicijom od 72.600.000 eura / 11.550.000 eura prihoda dobija se = **6,28 godina** *period povraćaja investicije u izgradnju jednog vetrogeneratora snage 1 MW.*

Kao što je slučaj i sa fotonaponskim ćelijama i solarnom energijom, troškovi tehnologije korišćenja energije vetra znatno su smanjeni tokom protekle decenije, čime je energija vetra učinjena konkurentnom (ili je blizu toga da bude konkurentna).

PREPORUKE

Prateći hijerarhiju aktivnosti koje bi mogle dovesti do većeg iskorišćavanja geotermalnog potencijala i iskorišćavanja resursa *geotermalnih otpadnih voda*, ne sledeći redosled nužno kao prioritete, već razvijati paralelno sve elemente, sistematizovano se izdvajaju sledeće grupe preporuka i to:

Preporuke za veće korišćenje geotermalne energije

- Nema adekvatnog korišćenja bez jasne regulative i podsticajnih mera;
- Baza znanja i informacija mora biti sistematizovana i javno dostupna što većem broju korisnika;
- Potrebna je jasna politika i jasno definisane nadležnosti za različite nivoe iskorišćavanja geotermalne energije;
- Potrebna je razmena znanja o tehnologijama korišćenja i saradnja svih učesnika.

Preporuke za realizaciju sistema korišćenja geotermalnih resursa i geotermalnih otpadnih voda

Da bi sistem iskorišćavanja geotermalnih otpadnih voda u konkretnoj lokalnoj samoupravi uspešno funkcionisao, ključno je na valjan način urediti odnose unutar ove oblasti.

- Sagledati opremljenost potencijalnog konzuma i definisati potrebe za novom opremom;
- Izraditi Projekte za sve javne institucije koje se mogu grejati-hladiti korišćenjem otpadnih geotermalnih voda;
- Obezbediti sredstva – finansiranje kako na lokalnom nivou tako i kroz podršku države;
- Organizovati stručno usavršavanje kadrova u lokalnim samoupravama koje mogu koristiti geotermalne otpadne vode;
- Unaprediti koordinaciju i razmenu informacija između opština;
- Izraditi bazu podataka za sve lokalne samouprave;
- Ukoliko ne postoje, potrebno je izraditi projekte izvedenog stanja postojećih sistema;

- Odrediti prioritetna ulaganja za svaku jedinicu lokalne samouprave, uzimajući u obzir postojeću potencijalnost, prioritet treba dati lokalnim samoupravama gde postoji lako dostupna geotermalna otpadna voda;
- Pripremiti vodiče, taksativno opisan redosled koraka kroz procedure adekvatnog planiranja i izgradnje sistema za korišćenje geotermalnih otpadnih voda;
- Obezbediti aktivniju savetodavnu uslugu (Izgraditi kapacitete za pružanje savetodavnih usluga za lokalne samouprave, odnosno javne institucije koje su zainteresovane za korišćenje geotermalnih otpadnih voda);
- Obezbediti podsticajna sredstva za privredne subjekte koji ulažu u izgradnju sistema korišćenja geotermalnih resursa;
- Revidovati regulativu koja se tiče obračuna naknadi za ispuštene otpadne GTE vode;
- Promovisati pozitivnom kampanjom privredne subjekte koji na adekvatan način obezbeđuju korišćenje geotermalnih otadnih voda;
- Aktivirati strukovna udruženja ili sekcije inženjerske komore za adekvatnu promociju pozitivnih primera;
- Izmenom regulative kreirati uslove koji omogućavaju da planirani projekti budu realistični i praktični vodiči za izgradnju nedostajućih projekata korišćenja potencijalnosti geotermalnih resursa.
- Obezbediti verifikaciju planova kod nadležnih organa i utvrditi formu koja će oslikavati realni putokaz za dostizanje potrebnog standarda u sistemu primene projekata iskorišćavanja geotermalnih otpadnih voda.
- Razvijati nove modele akata koji olakšavaju primenu Zakona u praksi posebno za oblast potencijalnosti geotermalnih resursa;
- Razvijati saradnju srodnih inspekcija u oblasti potencijalnosti geotermalnih resursa (koordinacija geoloških, vodoprivrednih i inspektora zaštite životne sredine, sanitarnih inspektora i drugih graničnih struka);
- Unaprediti saradnju sa privredom i zainteresovanim korisnicima;
- Realizovati kampanju i medijske aktivnosti koje će promovisati pozitivne projekte.

Preporuke za unapređenja sistema izveštavanja i razmene informacija

Uvažavajući činjenicu da bez validnih podataka nema adekvatnih zaključaka, uz saglasnost svih strana, u oblasti geotermalne energije se primećuje izuzetno velika disperzija različitih izvora statističkih podataka i veliko odsustvo povezanosti svih prikupljenih podataka u ukupnom informacionom bazisu.

U informatičkom društvu, kome težimo, bilo bi neophodno definisati i izgraditi veze postojećih podataka i informacija i to:

- Sprovesti detaljnu inspekciju postojećih sistema korišćenja GTE;

- Sprovesti detaljno preispitivanje aktuelnih podataka o broju korisnika geotermalnih resursa, i
- Organizovati razmenu podataka između organa nadležnih za poslove geologije, energetike, vodoprivrede i institucija zaštite životne sredine.

Ukupni nedostatak kapaciteta u oblasti upravljanja ovim resursom direktno se odražava na kapacitete i ljudske resurse zadužene za energetska i ekološka pitanja. Razvoj ljudskih kapaciteta u pravcu sagledavanja tekućih problema u oblasti upravljanja potencijalnog korišćenja energije ***geotermalnih otpadnih voda***, implikacijama koje donose ovom sektoru kao i mogućim merama koje se mogu preduzeti u cilju uticaja na životnu sredinu se sam nameće kao logičan korak.

Javni sektor

- Kapaciteti ministarstava i službi koje se bave geotermalnom energijom, zaštitom životne sredine, vodoprivredom i upravljanjem vodama na nacionalnom nivou su uvek nedovoljni (tako izostaju potrebni kapaciteti zaposlenih na nacionalnom nivou koji bi se sistematski bavili geotermalnom energijom sa multidisciplinarnog aspekta, ne samo istraživanja, već i konkretne eksploatacije-iskorišćavanja GTE);
- Potencijalnost korišćenja otpadnih geotermalnih voda nije jasno prepoznata u prioritetima zaštite životne sredine, geologije-rudarstva, energetike i vodoprivrede;
- U praksi sprovođenja regulative prisutno je često preplitanje nadležnosti;
- Nedovoljno je finansijskih sredstava za sprovođenje projekata iskorišćavanja otpadnih geotermalnih voda i prezentaciju dobijenih rezultata;
- Resursi lokalnih samouprava su nedovoljni za realizaciju projekata iskorišćavanja geotermalnih otpadnih voda;
- Izostaje adekvatna promocija primera dobre prakse koji mogu poslužiti kao model za potencijalne druge korisnike;
- Nema adekvatne baze podataka o potencijalnim resursima koji mogu biti predmet realizacije budućih projekata;
- Predstavnici javnih institucija koji mogu biti potencijalno PRVI korisnici pametnog iskorišćavanja geotermalnih otpadnih voda nemaju dovoljno iskustva i informacija o mogućnostima iskorišćavanja geotermaalnih otpadnih voda;

Privreda

- Predstavnici privrede su, u većini slučajeva u procedurama rešavanja potencijalnog iskorišćavanja geotermalnih otpadnih voda, prepušteni sopstvenim resursima;
- Mnogo je više faktora koji u ovoj oblasti privredi otežava poslovanje od onih koji im olakšavaju;

- Podrška iz sistema dolazi deklarativno ali ne i suštinski;
- Izostaju povlastice za predstavnike privrede koji bi se potencijalno uključili u projekte iskorišćavanja geotermalnih otpadnih voda;
- Ne postoji otvoren dijalog u oblasti korišćavanja geotermalnih otpadnih voda sa predstavnicima privrede;
- Ne postoji jasna politika, ne postoje jasni instrumenti i mere koji predstavnicima privrede daju podršku u potencijalnom iskorišćavanju geotermalnih otpadnih voda;

Građani

- Nemaju prave informacije o stanju potencijalnosti geotermalnih resursa;
- Retko i sporadično, u aktivizmu nevladinog sektora, se pored problema zagađenja vazduha i problema upravljanja otpadom, koji su dominantni, pojavljuju pitanja potencijalnosti korišćenja geotermalnih resursa i energetske efikasnosti;
- Očekuju da nadležni rešavaju probleme potencijalnog iskorišćavanja geotermalnih resursa.

7. Zaključak sa preporukama

Trenutno stanje primene geotermalne energije i ***geotermalnih otpadnih voda*** u Srbiji je takvo da se u poslednjih petnaest godina skoro ništa nije značajnije uradilo. Na privatnu inicijativu je izbušeno nekoliko plitkih bušotina (do 500 m, maksimalno 1000 m, sa očekivanim i prethodno prognoziranim rezultatima o kapacitetu i temperaturama) uz aktiviranje manjeg broja postojećih-starih bušotina ka poznatim korisnicima.

Energetska efikasnost u banjskim i sportsko-rekreativnim centrima, gde se koriste geotermalni izvori, nije se značajnije povećala, jer ti centri i ovako tavore bez finansijske akumulacije i bez mogućnosti da investiraju u postojeće ili nove kapacitete prilagođene novim zahtevima.

Evropska unija teži da smanji energetsku zavisnost i pokušava da poveća svoju proizvodnju energije, a jedina mogućnost je znatno povećanje udela obnovljivih izvora energije u ukupnom energetskom bilansu. Srbija se nalazi u sličnoj energetskoj zavisnosti od uvoza energenata i zbog toga je veoma važno hitno pristupiti povećanju primene geotermalne energije svugde gde je to moguće. U narednom periodu od desetak godina primenom geotermalne energije može se obezbediti preko 10% potreba za toplotnom energijom uz najniže investicije u poređenju sa drugim izvorima energije. Cena ove investicije može u

celosti da se obezbedi ulaganjem stanovništva bez dodatnog zaduživanja države ali uz aktivnu promociju i stvaranje boljeg i sigurnijeg poslovnog ambijenta u Srbiji u ovoj oblasti.

Takođe, sve veća nepredvidivost cene energije dobijene iz fosilnih goriva (koja direktno zavisi od sukoba u okruženju i linija transporta energije kroz druge zemlje), zagađenje životne sredine, kao i usklađivanje sa zakonodavstvom Evropske unije apeluje na hitnost uspostavljanja koherentne politike države u ovom polju i integrisanje mera za stimulaciju korišćenja geotermalne energije u energetsku strategiju i njeno sprovođenje na svim nivoima vlasti.

Treba otpočeti sa hitnom medijskom kampanjom upoznavanja stanovništva i privrede sa prednostima korišćenja toplotnih pumpi za zagrevanje i hlađenje (kompletnu klimatizaciju) stambenog i poslovnog prostora.

U isto vreme, treba osnovati centar za primenu toplotnih pumpi gde bi nekoliko modela i tipova toplotnih pumpi (niskotemperaturne i visokotemperaturne) neprekidno bilo na raspolaganju širokoj publici radi direktnog i praktičnog upoznavanja sa načinom rada i rezultatima.

Država treba putem specijalnih konkursa da podstakne istraživački i razvojni ciklus koji bi vrlo brzo doveo do mogućnosti domaće proizvodnje toplotnih pumpi.

Reference

1. Prof dr Mihailo Milivojević, Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu Energija, list Saveza energetičara Jugoslavije, br. 1, 38-42;
2. Fakultet tehničkih nauka, Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline: MOgućnost korišćenja energetskog potencijala geotermalnih voda u Vojvodini, 2005, Novi Sad, prof. dr Đorđe Bašić, Prof. dr Mića Marić, Mr. Jovan Petrović, dipl. ing. maš. Petar Varga, dipl. inž. maš., i dr., 2005, Novi Sad;
3. Strategija razvoja energetike Republike Srbije do 2015.godine;
4. European heat pump association, European Heat Pump Statisttics – ActionPlan;
5. Obnovljivi izvori energije, vodič za parlamentarce, Evropska komisija, UNDP I Evropska komisija;
6. Geotermalne vode u Srbiji, najveći a neiskorišćeni resurs, Evropske sveske 2/2018, Evropski pokret u Srbiji, 2018;
7. Izgradnja postrojenja i proizvodnja električne energije iz hidrogeotermalnih izvora u Republici Srbiji, Vodič za investiture, treće izdanje 2016 GTZ/UNDP;
8. Potencijalnost Srbije sa aspekta podzemnih voda i geotermalnih resursa, Geološki zavod Srbije, Beograd 2021;
9. Interni fond stručne dokumentacije Geco-inženjeringa, Beograd 2024;
10. Factors affecting the cost of electricity from geothermal power plants, International scientific journal "INNOVATIONS", Dasen Jardas, Andrea Arbula Blecich, Paolo Blecich, Rijeka, Hrvatska;
11. Investment cost for geothermal power plants, Valgardur Stefansson, PROCEEDING OF THE 5th INAGA ANNUAL SCIENTIFIC CONFERENCE & EXHIBITIONS, Yogyakarta, March, 2001.