Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Institut za hidrogeologiju
Laboratorija za geotermalnu energiju

S T U D I J A

RESURSI PODZEMNIH PIJAĆIH VODA I GEOTERMALNI RESURSI OPŠTINE BIJELJINA: POTENCIJALI I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA

BEOGRAD
1995

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
Institut za hidrogeologiju
Laboratorija za geotermalnu energiju

РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
Бр. 1310/1
4. Juni 1996 199..... год.
БЕОГРАД, Ђушина бр. 7

STUDIJA

RESURSI PODZEMNIH PIJAĆIH VODA I GEOTERMALNI RESURSI OPŠTINE BIJELJINA:

POTENCIJALI I MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA

Rukovodilac izrade
Studije:
Dr Mihailo Milivojević, vanr. prof.

Rukovodilac
Instituta za hidrogeologiju
Dr Milojko Lazić, van. prof.

DEKAN
RUDARSKO-GEOLOŠKOG FAKULTETA:
Dr Radomir Šimić, red. prof.

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

Beograd, 1995.

Ovu Studiju "**RESURSI PODZEMNIH PIJAĆIH VODA I GEOTERMALNI RESURSI OPŠTINE BIJELJINA: POTENCIJALI I MOGUĆNOSTI EKSPLOATACIJE I KORIŠĆENJA**" su izradili:

Rukovodilac projekta-odgovorni autor:

Dr Mihailo Milivojević, vanr. prof. RGF

Saradnici:

Za ocenu mogućnosti eksploatacije GTE:

Dipl. inž. Mića Martinović, saradnik RGF

Za hidrogeologiju:

Dipl. inž. Mirjana Mišljenović, saradnik RGF

Dipl. inž. Antonije Krsmanović, Vodovod-Bijeljina

Dr Mihajlo Simić, docent RGF

Dipl. inž. Svetozar Ankić, saradnik RGF

Dipl. inž. Bogoljub Cvejić, saradnik RGF

Za korišćenje GTE u toplifikacione svrhe:

Dipl. inž. Ranko Cvijetić, "Geoterm"-Banja Luka

Za implementaciju GTE u urbane sisteme:

Arh. Slobodan Vukelić

Savetnik:

Dr Miloš Sindjić, red. prof.

SADRŽAJ

I. OPŠTI DEO

1.1. UVOD 1

1.2. CILJ IZRADE STUDIJE 2

1.3. METODSKI PRISTUP 7

1.4. GEOLOŠKI SASTAV TERENA BLIŽE I ŠIRE OKOLINE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA 10

1.4.1. Geološki sastav površi terena bliže okoline područja istraživanja 11

1.4.2. Geološki sastav površi terena šire okoline područja istraživanja 13

1.4.3. Geološki sastav paleoreljefa tercijarnih sedimenata 17

II. RESURSI PODZEMNIH PIJAĆIH VODA

2.1. ISTORIJAT ISTRAŽIVANJA 25

2.2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA 28

2.2.1. Litološki sastav vodonosnih pliokvartarnih i kvartarnih sedimenata 30

2.2.2. Hidrogeološki kolektori i izolatori 33

2.2.3. Izdani 34

2.2.4. Hemijski sastav izdanskih voda 37

2.3. KORIŠĆENJE IZDANSKIH VODA 38

2.4. REZERVE IZDANSKIH VODA 39

2.5. STEPEN ISTRAŽENOSTI IZDANI 41

2.6. UGROŽENOST IZDANI OD ZAGADJIVANJA 43

2.6.1. Ugroženost freatske izdani 43

2.6.2. Ugroženost arteske izdani u pliopleistocenskim sedimentima 47

2.6.3. Ugroženost zbijene izdani u terasnim kvartarnim sedimentima 47

2.7. MERE KOJE TREBA PREDUZETI U CILJU SANACIJE SADAŠNJEG STANJA UGROŽENOSTI I BUDUĆE ZAŠTITE IZDANI 47

2.7.1. Mere u vezi zaštite freatske izdani 48

2.7.2. Mere u vezi zaštite arteske izdani 50

2.8. PREDLOG PROMENE DOSADAŠNJE STRATEGIJE EKSPLOATACIJE IZDANSKIH VODA 50

2.9. ZAKLJUČCI I PREPORUKE 51

2.10. LITERATURA 53

III. GEOTERMALNI RESURSI

3.1. ŠTA JE GEOTERMALNA ENERGIJA? 54

3.2. OPŠTE GEOTERMALNE KARAKTERISTIKE TERENA 55

3.2.1. Debljina i sastav zemljine kore 55

3.2.2. Neotektonska kretanja 56

3.2.3. Geotermalno polje 58

3.2.4. Starost i vrsta magmatskih procesa 61

3.3. GEOTERMALNI SISTEMI 61

3.3.1. Konvektivni hidrogeotermalni sistemi sa rezervoarom u mezozojskim krečnjacima i dolomitima ispod tercijarnih sedimenata 62

3.3.1.1. Povlatni izolator 62

3.3.1.2. Rezervoar 63

3.4. GEOTERMALNA POTENCIJALNOST TERENA 69

3.5. STRATEGIJA EKSPLOATACIJE I KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE 72

3.6. MOGUĆNOSTI EKSPLOATACIJE GEOTERMALNE ENERGIJE 79

3.6.1. **Mogućnosti eksploatacije geotermalne energije iz "hladnih" voda freatske izdani** 79

3.6.2. **Mogućnosti eksploatacije geotermalne energije iz "hladnih i mlakih" voda i stenskih masa pliokvartarne i neogene starosti** 80

3.6.3. **Mogućnosti eksploatacije geotermalne energije iz termalnih voda i stenskih masa gornjokredne i trijaske starosti** 82

3.6.3.1. Osnovne karakteristike hidrogeotermalnog modela ... 82

3.6.3.2. Granice modela 83

3.6.3.3. Zone hranjenja i pražnjenja hidrogeotermalnog rezervoara 83

3.6.3.4. Početni uslovi 85

3.6.3.5. Hidrogeološki parametri 85

3.6.3.6. Metodika modeliranja i parametri simulacije eksploatacije 87

3.6.3.7. Rezultatai modeliranja 87

3.6.3.8. Vrste tehničkih rešenja za intenzivnu eksploataciju geotermalne energije 89

3.7. MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE 91

3.7.1. **Opšte napomene o korišćenju geotermalne energije** 91

3.7.2. **Koristi i opravdanost korišćenja geotermalne energije** 97

3.7.2.1. Koristi od korišćenja geotermalne energije 97

3.7.2.2. Opravdanost korišćenja geotermalne energije 101

3.7.3. **Osnovne karakteristike glavnih oblasti korišćenja geotermalne energije** 103

3.7.3.1. Komunalno grejanje i hladjenje 103

3.7.3.2. Akvakultura i hortikultura 105

3.7.3.3. Korišćenje u industriji i tehnologiji 106

3.7.3.4. Kaskadno korišćenje 107

3.7.4. **Glavne karakteristike osnovne opreme za korišćenje geotermalne energije** 108

3.7.5. **Neki primeri korišćenja geotermalne energije u svetu** 111

3.7.6. **Korišćenje geotermalne energije za toplifikaciju Bijeljine** 123

3.7.6.1. Bilans toplotne snage za grejanje 123

3.7.6.2. Sistem grejanja 124

3.7.6.3. Analiza optimalnog učešća geotermalne energije u sistemu toplifikacije 130

3.7.6.4. Toplotni konzum 133

3.7.6.5. Geotermalne toplane 141

3.8. **STRATEGIJA RAZVOJA GEOTERMALNIH RESURSA OPŠTINE BIJELJINA** 145

3.8.1. **Glavne opšte faze razvoja projekata za korišćenje obnovljivih energetskih resursa** 146

3.8.2. **Glavne opšte faze razvoja projekata za korišćenje geotermalne energije** 149

3.8.2.1. Istraživanje i ocena geotermalnog potencijala koji se može koristiti-I faza razvoja 150

3.8.2.2. Provera i potvrdjivanje rezervi-II faza razvoja 153

3.8.2.3. Ocena izvodljivosti eksploatacije i korišćenja geotermalne energije-III faza razvoja 154

3.8.2.4. Razvoj eksploatacije i korišćenja geotermalne energije-IV faza razvoja 154

3.8.3. **Predlog prioritetnih projekata korišćenja geotermalne energije koje treba razvijati u Semberiji** 155

3.8.3.1. Osnovni koraci razvoja projekta za korišćenje geotermalne energije u Dvorovima ("DVOREKO-GT") 162

3.8.3.2. Osnovni koraci razvoja projekta za korišćenje geotermalne energije u Bijeljini za toplifikaciju i druge svrhe ("BIJELJINA GT-GRAD") 165

3.8.3.3. Osnovni pravci razvoja projekta za korišćenje geotermalne energije u geotermalnim naseljima ("GT-NASELJE") 167

3.8.3.4. Osnovni koraci razvoja projekta za intenzivno korišćenje geotermalne energije u agri i akvakulturi ("SEMEKO-GT") 167

3.8.4. **Smetnje koje mogu da ometaju razvoj projekata za korišćenje geotermalne energije** 167

3.9. **PREDLOG MERA I AKTIVNOSTI KOJE OPŠTINA BIJELJINA TREBA DA PREDLOŽI VLADI REPUBLIKE SRPSKE U VEZI POSPEŠIVANJA RAZVOJA KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE** 170

3.9.1. **Perspektive razvoja geotermalne energije u RS** 171

3.9.2. Šta treba učiniti za brži razvoj geotermalne energije u RS 175

3.10. OSNOVNI ELEMENTI EKO-MENADŽMENTA GEOTERMALNIH RESURSA 179

3.10.1. Glavne opšte oblasti eko-menadžmenta geotermalnih resursa 180

3.10.2. Struktura primene eko-menadžmenta geotermalnih resursa 180

3.11. ZAKLJUČCI I PREPORUKE 182

SPISAK SLIKA

Slika 1.1. Geografski položaj teritorije opštine Bijeljina

Slika 1.2. Glavni prirodni resursi opštine Bijeljina koji predstavljaju podlogu za uredjenje prostora, planiranje korišćenja zemljišta i zaštitu okoline

Slika 1.3. Geološka karta površi terena šire okoline teritorije opštine Bijeljina

Slika 1.4. Karta izolinija jednake debljine (km) "sedimentnog sloja" šire okoline područja istraživanja

Slika 1.5. Karakteristični regionalni geološki preseci terena područja istraživanja

Slika 1.6. Geološki profili dubokih istražnih bušotina u području Brčanske Posavine i Semberije

Slika 1.7. Prognozna geološka karta paleoreljefa tercijarnih sedimenata u području šire okoline područja istraživanja

Slika 2.1. Pregledna hidrogeološka karta Semberije

Slika 2.2. Hidrogeološki preseci terena Semberije

Slika 2.3. Karta približne dubine arteske izdani u pliokvartarnim sedimentima

Slika 3.1. Karta izolinija jednake dubine (km) do Mohorovičićevog diskontinuiteta šire okoline područja istraživanja

Slika 3.2. Karta gustine terestričnog-geotermalnog toplotnog toka (mW/m^2) na području JI Evrope i Zapadne Turske

Slika 3.3. Hidrogeotermalni preseci terena Semberije

Slika 3.4. Hidrogeotermalni stub Semberije

Slika 3.5. Magnitude geotermalnih resursa teritorije opštine Bijeljine

Slika 3.6. Mogućnosti korišćenja geotermalne energije u zavisnosti od temperature hidrogeotermalnog fluida

Slika 3.7. Eksploatacija i korišćenje geotermalne energije pomoću toplotnih pumpi iz "hladnih" voda freatske izdani u aluvijalnim naslagama Semberije

Slika 3.8. Granice hidrogeotermalnog modela sa lokacijama dubokih istražnih bušotina koje su korišćene za njegovu izradu

Slika 3.9. Karta prirodnog piezometarskog nivoa (m.n.v.) nalazišta termalnih voda u rezervoaru od trijaskih i gornjokrednih krečnjaka

Slika 3.10. Karta temperature termalnih voda (°C) na gornjoj granici rezervoara od trijaskih krečnjaka

Slika 3.11. Situacioni plan Bijeljine sa lokacijama geotermalnih izvorišta i izolinijama sniženja piezometarskog nivoa termalnih voda (m.n.v.) posle 30 godina eksploatacije sa režimom od 6 meseci godišnje

Slika 3.12. Glavne oblasti korišćenja geotermalne energije

Slika 3.13. Glavne oblasti korišćenja geotermalne energije u industriji

Slika 3.14. Situacioni plan Bijeljine sa toplifikacionim zonama i geotermalnim toplanama

Slika 3.15. Shema toplifikacionog sistema Bijeljina

Slika 3.16. Dijagram promena temperature vode u razvodu grejanja u odnosu na spoljašnju temperaturu

Slika 3.17. Dijagram energije za grejanje i toplotne snage

Slika 3.18. Investicije i troškovi grejanja kod korišćenja geotermalne energije

Slika 3.19. Cena toplotne energije za grejanje kod korišćenja geotermalne energije

Slika 3.20. A) Investiciona ulaganja u izvore toplotne energije za grejanje u Bijeljini na bazi geotermalne energije, i B) povećanje toplotnog konzuma u toku vremena

Slika 3.21. Glavne faze projekata razvoja obnovljivih energetskih resursa

Slika 3.22. Glavne faze procesa razvoja geotermalnih projekata za korišćenje geotermalne energije iz termalnih voda

Slika 3.23. Oblasti čiji stručnjaci učestvuju u geotermalnom razvoju kao interdisciplinarnom poduhvatu

Slika 3.24. Simboli programskog jezika pri uvodjenju i razvoju geotermalne energije

Slika 3.25. Matrica odnosa u strateškom pristupu prilikom razvoja projekta za korišćenje geotermalne energije

Slika 3.26. Shema programske razvojne orjentacije Semberije na bazi geotermalne energije

Slika 3.27. Shema integrisanih energetskih rešenja sa geotermalnom energijom u cilju proizvodnje jeftinije energije, bolje zaštite okoline i efikasnijeg korišćenja lokalnih resursa

Slika 3.28. Osnovni elementi ekonomskih procesa

Slika 3.29. Osnovni elementi za razradu nove energetske strategije RS

SPISAK TABELA

Tabela 3.1. Prognozne vrednosti temperature stenskih masa i geotermalnih fluida u izvedenim bušotinama Semberije i Brčanske Posavine (°C)

Tabela 3.2. Uporedni pregled hemijskog sastava nekih pojava termalnih voda u mezozojskim krečnjacima i dolomitima na području Semberije, Mačve, Podrinja (BK-1) i Srema

Tabela 3.3. Jedinična cena toplotne energije proizvedene u toplani snage 50MWt korišćenjem različitih izvora energije

Tabela 3.4. Specifični gubici toplote iz stambenih i drugih objekata u zavisnosti od njihove vrste

Tabela 3.5. Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona I)

Tabela 3.6. Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona II)

Tabela 3.7. Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona III)

Tabela 3.8. Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona IV)

Tabela 3.9. Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona V)

Tabela 3.10. Procena investicionih ulaganja za postrojenja za korišćenje geotermalne energije

Tabela 3.11. Investiciona ulaganja i režijski troškovi po jedinici snage

Tabela 3.12. Proračun učešća geotermalne energije u sistemu grejanja

Tabela 3.13. Godišnji troškovi za grejanje korišćenjem geotermalne energije

Tabela 3.14. Povećanje toplotnog konzuma u toplifikacionom sistemu Bijeljine na bazi geotermalne energije

Tabela 3.15. Osnovne karakteristike razvojnih projekata u okviru makroprojekta "USPON SEMBERIJE 1996-2025"

Tabela 3.16. Glavni pravci razvoja razvojnih geotermalnih projekata

I. OPŠTI DEO

1.1. UVOD

Ova Studija je izradjena na osnovu ugovora sklopljenog izmedju Opštine Bijeljina kao Naručioca i Rudarsko-geološkog fakulteta (Institut za hidrogeologiju) iz Beograda, kao Izvodjača. Ugovor je kod Izvodjača zaveden pod brojem 1062/1 od 30.06.1994. godine,

Posredan povod za izradu Studije je bila izrada izmena i dopuna Urbanističkog plana (UP) Bijeljine od strane Jugoslovenskog Instituta za urbanizam i stanovanje iz Beograda (JUGINUS). Neposredan povod za izradu Studije su raniji rezultati geoloških, hidrogeoloških i geotermalnih istraživanja Semberije. Na osnovu njih je ocenjeno da je područje Bijeljine, odnosno čitave Semberije, izuzetno povoljno za iznalaženje, eksploataciju i korišćenje geotermalne energije iz prirodnih podzemnih termalnih voda, i da to, svakako, treba imati u vidu prilikom donošenja odluka o izmenama i dopunama UP-a Bijeljine. Ta, preliminarna ocena je prvi put izneta 1986. godine u Studiji "Preliminarna ocena energetske potencijalnosti hidrogeotermalnih resursa u mezozojskoj podlozi tercijarnih sedimenata na području Semberije radi njihovog korišćenja za toplifikaciju Bijeljine" (Milivojević & Perić, 1985-1986).

Pored hidrogeotermalnih resursa, područje Opštine je izuzetno bogato hidrogeološkim resursima u vidu kvalitetnih pijaćih voda u debelim aluvijalnim naslagama Drine i Save, tako da i ovaj geološki resurs zbog njegovog izuzetnog značaja, obuhvaćen prilikom izmena i dopuna UP-a Bijeljine, odnosno u ovoj Studiji.

Zbog svega toga, ova Studija se sastoji iz dva dela. U prvom delu dat je prikaz hidrogeoloških resursa pijaćih "hladnih" voda u aluvijalnim i neogenim sedimentima sa ocenom mogućnosti eksploatacije i korišćenja, i stepena ugroženosti od zagadjivanja. U drugom delu Studije date su opšte geotermalne karakteristike, geotermalna potencijalnost, mogućnosti i strategija eksploatacije, mogućnosti korišćenja i osnovi eko-menadžmenta geotermalnih resursa, kao i osnovne etape njihovog razvoja.

Studija se sastoji od 183 strana kucanog teksta i 28 grafičkih priloga velikog formata u formi "Strateškog atlasa". Rad na izradi Studije se vršio od jula 1994. godine pa do decembra 1995. godine.

1.2. CILJ IZRADE STUDIJE

Opština Bijeljina ima veoma ambiciozne planove razvoja svoje teritorije. Oni se zasnivaju, pre svega, na važnom geostrateškom položaju (slika 1.1) i veoma vrednim prirodnim resursima, koji ovo područje čine izuzetno konkurentnim. To su: plodno zemljište, velike izdani pijaćih voda i veliki podzemni hidrogeološki rezervoari geotermalnih voda (slika 1.2). Zbog toga je potrebno pažljivo, precizno, stručno i naučno delovanje da bi se došlo do najboljih planova i njihove realizacije uz uvažavanje postojećih privrednih potencijala i projekcija populacionog rasta. Pri tome treba imati u vidu i sredstva koja će biti angažovana za obnovu ratom oštećenih područja. U vezi s tim Opštinska uprava je donela odluke o izradi Prostornog plana Opštine i Urbanističkog plana grada Bijeljine. Pre ove odluke započela je izrada Prostornog plana Republike Srpske, koji će prema odredbama Zakona o prostornom uredjenju i Uputstava o obaveznoj jedinstvenoj metodologiji za pripremu i izradu prostornih i urbanističkih planova i urbanističkih radova, predstavljati okvir za izradu prostornih planova nižeg reda, tj. opština.

Rukovodeći se time da prostorni plan opštine mora biti uklopljen u opštu strategiju Prostornog plana Republike Srpske, to je nadležni organ Opštine Bijeljina zatražio od Urbanističkog zavoda Republike Srpske u Banjaluci, kao nosioca izrade Prostornog plana RS, izvod iz izradjenih materijala tog plana. Ti materijali, iz kojih je Opština Bijeljina dobila izvod, do maja 1995. godine nisu bili dovedeni do nivoa obrade da bi se mogli tretirati kao prednacrt ili nacrt Prostornog plana, tako da njihova opredeljenja do tada nisu bila definitivna.

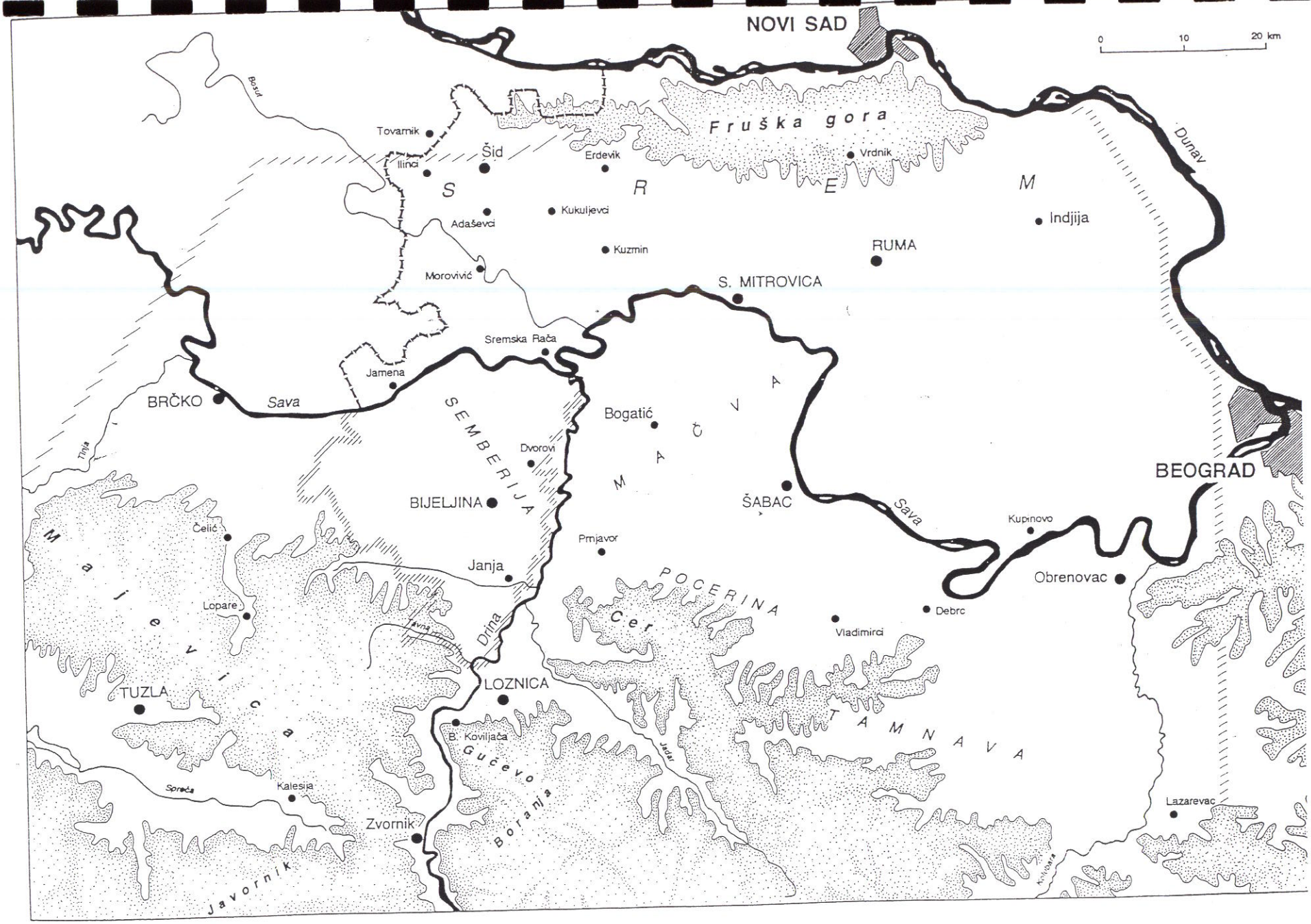
Izvod iz radnog materijala za izradu prednacrta Prostornog plana RS, a koji se odnosi na teritoriju opštine Bijeljina i grad Bijeljinu, odnosno Semberiju, autori ove Studije su dobili od JUGINUS-a 09.06.1995. godine. Glavni pravci, odnosno glavne smernice strategije razvoja Prostornog plana RS kojih se treba pridržavati pri izradi prostornog plana Opštine i UP-a Grada su sledeći:

- *Buduće tokove migracionih kretanja planski usmeriti prvenstveno prema demografski praznim i polupraznim prostorima. Ukupan rast stanovništva opštine Bijeljina do 2015. godine planirati prvenstveno na bazi prirodnog priraštaja. Zaustaviti izražene migracije selo-opštinski centar;*

- *Obezbediti uslove za jačanje centraliteta onih naselja u kojima su razvijene uslužne delatnosti;*

- *Modernizovati celokupnu infrastrukturnu mrežu na prostoru opštine;*

- *Do 2015. godine opštinski centar rasteretiti značajnih poduhvata u pogledu izgradnje, a raspoloživa sredstva usmeriti na rekonstrukciju postojećih urbanih sistema komunalnih, privrednih, stambenih, ekoloških;*



Slika 1.1. **Geografski položaj teritorije opštine Bijeljina**

- *Izgradnja "GRADA NA DRINI" se ne sme dovesti u koliziju sa zaštitom agrarnog zemljišta i zaštitom hidropotencijala Drine. Planirane konstrukcije moraju imati prvenstveno republički značaj. Ostvariti vrhunske zahteve poslovnog turizma i trgovine. Planirano naselje rasteretiti svih oblika i sadržaja proizvodno-preradjivačkog karaktera;*

- *Industriju razvijati u vidu već postojećih kompleksa prehrambene, metalopreradjivačke, drvne, tekstilne i kožne industrije. Postojeću industrijsku zonu grada proširiti, a uvesti model malih preduzeća razvrstanih po seoskim naseljima većeg dela Opštine (u selima razvijenijeg centraliteta). Obratiti pažnju na utvrdjenu rentabilnu ekonomsku eksploataciju geotermalnih voda. U tom smislu koristiti kaskadni sistem proizvodnje različitih vrsta proizvoda i poluproizvoda;*

- *Obezbediti plovnost obe reke, eksploataciju šljunka, izgraditi višenamenske akumulacije, meliorisati zemljište i organizovati sportsko-rekreativne aktivnosti;*

- *Ukupna površina područja Opštine iznosi 73.400 ha, od čega blizu 80% otpada na poljoprivredne površine. Razmotriti obnavljanje prirodnih ekosistema, ponegde na račun poljoprivrednih površina, a poljoprivrdenu proizvodnju intenzivirati. Planirati poljozaštitne pojaseve od visokog rastinja;*

- *Planirati uključivanje maksimalnog broja domaćinstava na kanalizacionu mrežu i potrebu razdvajanja atmosferske i fekalne kanalizacije. Kanalom povezati Drinu i Savu. Razmotriti planiranje i izgradnju vodenih akumulacija i brana na Drini. Ugraditi projekat izgradnje nasipa protiv poplavnih talasa stogodišnjih voda Drine. Razmotriti mogućnost eksploatacije šljunka i peska u vezi sa režimom tečenja u vodotokovima, kao i mogućnost rekreacije na vodi;*

- *Razmatrati i pažljivo planirati lokacije za deponovanje otpadnog materijala za grad i ostala razvijenija naselja (Janja, Dvorovi, itd.). Kompleks prirodnih i kulturno-istorijskih vrednosti zaštititi odredjenim stepenovanjem zaštite.*

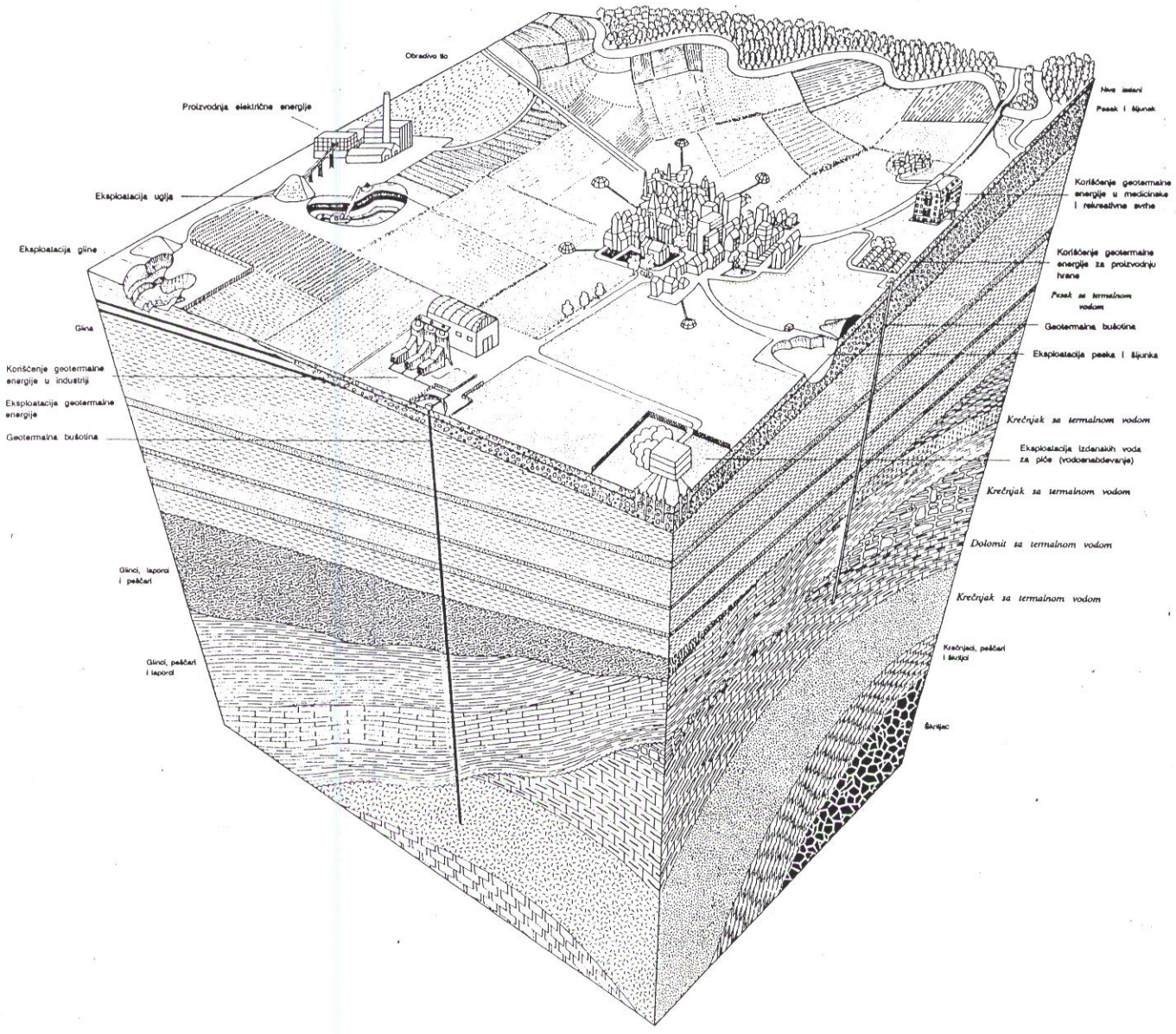
Prostorni plan Opštine i UP Grada treba da bude obradjen kroz 12 poglavlja od kojih su za izradu ove Studije u direktnoj vezi: vodoprivreda, termoenergetika, geologija i zaštita i unapredjenje životne sredine.

U poglavlju "GEOLOGIJA" na strani 41 i 42 govori se o geotermalnim resursima i na kraju se kaže:

"Imajući u vidu rezultate dosadašnjih istraživanja i značajnu geotermalnu potencijalnost šireg područja Bijeljine, potrebno je u okviru prostornog plana Opštine i urbanističkog plana grada Bijeljine ovom izvoru energije (geotermalna, prim. autora) posvetiti potrebnu pažnju i planirati detaljnija istraživanja u cilju eksploatacije ovog strateški i ekonomski značajnog izvora energije".

KOD SVIH PROSTORNIH PLANIRANJA NAJVEĆU MOGUĆU PAŽNJU TREBA POSVETITI PRIRODNIM RESURSIMA UZ UVAŽAVANJE EKOLOŠKIH I EKONOMSKIH ZAHTEVA

SEMBERIJA JE KONKURENTNA REGIJA JER SE U NJOJ NALAZE SVI POTREBNI GEOLOŠKI I DRUGI RESURSI: ENERGETSKI (geotermalna, ugalj); MINERALNI (glina, pesak, šljunak); VODNI (podzemne vode za piće i navodnjavanje, površinska vode za navodnjavanje); OBRADIVO ZEMLJIŠTE; SAOBRAĆAJNICE; ŠUME.



UREDJENJE PROSTORA I ZAŠTITA OKOLINE

UREDJENJE PROSTORA I PLANIRANJE KORIŠĆENJA POVRŠI TERENA

Slika 1.2. **Glavni prirodni resursi opštine Bijeljina koji predstavljaju podlogu za uredjenje prostora, planiranje korišćenja zemljišta i zaštitu okoline**

Što se tiče hidrogeoloških resursa o njima se govori na stranama 40 i 41. kao o "*izuzetnom prirodnom blagu i obnovljivom resursu*", ali sa različitim stepenom ispravnosti i prisustvom velikog broja zagadjivača, što ovo područje dovodi u veoma kompleksnu situaciju u vezi sa zaštitom postojećeg kvaliteta izdanskih voda. Posebni zahtevi u vezi sa resursima nisu dati.

Na kraju dela "Izvoda o geološkim karakteristikama Semberije" (str. 42) pod naslovom "Geološki činioci i prostorno planiranje" se kaže:

"U interesu racionalnog korišćenja prostora nužna su kompleksna detaljna istraživanja koja bi obezbedila u potpunosti iskorišćenje svih prirodnih potencijala: agropedoloških, hidrogeoloških, mineralnih i dr., uz zaštitu ekološke ravnoteže. Samo na tako zasnovanim rezultatima stručnih analiza vršiti detaljno prostorno planiranje odgovarajuće sredine.

Za prostorno planiranje područja opštine Bijeljina, po svim prethodno navedenim geološkim elementima, od značaja su i susedni prostori po svojim uticajima".

Prema tome, zahtevi koje treba da sadrže podloge u Prostornom planu Opštine i UP-a Grada su jasno postavljeni u materijalima za izradu prednacrta PP RS, tj. oni predstavljaju Projektni zadatak i za izradu ove Studije. Ovo tim pre, zato što od nadležnog organa Opštine Bijeljina prilikom ugovaranja, a ni kasnije nije dobijen nikakav projektni zadatak po kome bi se pristupilo izradi Studije. Zbog toga je njena izrada počela po tezama koje su date u ponudi RGF br. 866 od 02.06.1994. godine, na koje Investitor nije imao primedbi, odnosno za izradu "I dela Studije o potencijalima, uslovima korišćenja i primeni geotermalne energije i vodnih resursa na području opštine Bijeljine" kompatibilne izmenama i dopunama UP-a Bijeljine.

Na ovakav, najpre regionalan pristup u oceni resursa Izvodjač je ukazivao znatno ranije, počev od 1990. godine, dajući odgovarajuće ponude i obavljajući konkretne razgovore sa pojedinim zainteresovanim preduzećima iz Bijeljine i predstavnicima Opštine Bijeljina. Sudeći po prikazanim potencijalima iz PPRS, ovakav pristup je bio ispravan.

Prema odredbama pomenutog ugovora za potrebe Naručioca trebalo je da se u skladu sa datom ponudom izradi:

1. **Studija o potencijalima, uslovima korišćenja i primene geotermalne energije i vodnih resursa na području opštine Bijeljina;**

2. **"Strateški Atlas" potencijala i oblika njihove konkretne eksploatacije uz procenu tehničke izvodljivosti i ekonomske isplativosti.**

Kao što se vidi, sastavni deo Studije bi bio "Strateški geotermalni Atlas" kao njena ilustracija, odnosno Studija bi se mogla shvatiti i kao sastavni deo Atlasa, tj. glavna podloga za njegovu izradu.

1.3. METODSKI PRISTUP

Teritorija opštine Bijeljina obiluje najplemenitijim, najvažnijim i najekonomičnijim prirodnim resursima kao što su: sunčeva energija, kvalitetno plodno zemljište, kvalitetne izdanske (podzemne) vode u aluvijalnom nanosu Drine i Save, rečne vode Drine i Save, i geotermalna energija u sterilnim lekovitim termalnim vodama. Svi ovi resursi mogu se objediniti preko geotermalne energije, zato što je njen stepen unikalnosti najveći u prirodi. Zbog svega toga, kao i na osnovu našeg višegodišnjeg naučnoistraživačkog rada iz oblasti geotermalne energije i hidrogeoloških resursa (podzemnih voda), i na osnovu svetskih iskustava u ovoj oblasti, došli smo do saznanja da rad do konačne izrade Studije treba da se odvija u IV faze.

Ova Studija predstavlja I deo buduće konačne Studije i ona je izradjena kroz realizaciju prve dve faze, tj. onako kako je dato u našoj pomenutoj ponudi br. 866 od 02.06.1994. godine. Te četiri faze obuhvataju sledeće:

I FAZA-EVALUACIJA (procena potencijala) podrazumeva izradu svih potrebnih kompleksnih podloga, kompatibilnih sa postojećim UP-om opštine Bijeljina i njegovim izmenama i dopunama (prema ponudi JUGINUS-a).

II FAZA-IDENTIFIKACIJA konkretnih izvora i potencijala i izrada "Strateškog Atlasa" potencijala i oblika njihove konkretne eksploatacije (za toplifikaciju, za proizvodnju hrane, za banjsko lečenje, turizam, rekreaciju, itd.), uz procenu tehničke izvodljivosti i ekonomske isplativosti.

III FAZA-IDEJNI PROJEKTI PO ZADATKU NA TERENU, i

IV FAZA-TEHNIČKO-TEHNOLOŠKI PROJEKTI PO ZADATKU NA TERENU.

Ovakav raspored faza razvoja, odnosno uvodjenja jednog "novog" energenta je rezultat najnovijih svetskih naučno-tehnoloških dostignuća i strategije "integralnog korišćenja lokalnih resursa", kao i naših praktično proverenih iskustava u radovima slične vrste na području Mačve i Posavlja. Naime, u uslovima ograničenih mogućnosti korišćenja uvoznih energenata i neophodnosti njihove supstitucije nadoknadivim prirodnim, domaćim izvorima energije, Bijeljina bi napravila strateško grešku ako se u formulisanju i realizaciji svojih razvojnih planova ne bi okrenula onim ekološki najpovoljnijim resursima kojima raspolaže u, praktično, neograničenim-obnovljivim količinama (geotermalna energija-termalne vode, i pijaće podzemne-izdanske vode, plodno zemljište) naročito u lancu proizvodnje zdrave hrane, kao strateškog potencijala I reda.

U vezi s tim, tj. da bi se svi ti glavni atributi izdigli na najveći mogući nivo, koji je prikazan u "Strateškom Atlasu", metodika njegove izrade i izrade Studije, tj. glavni pokazatelji metodskog pristupa bili su sledeći:

Prostor - okruženje (R.S. - Semberija - Opština - Bijeljina - Centar)

a) Karte -studije - projekti
projektovanje u prostoru — Projekti (P_1, P_2..P_n)

b) Ireverzibilno vreme
1994-2020. god.
kvartalno (zima, proleće, leto i jesen)
linearno vreme
projektovanje u vremenu — Dijagrami (D_1, D_2..D_n)

c) Energija (smanjenje asimetrija)
GTE industrija/poljoprivreda
nacija/država
grad/selo
uzimanje u obzir — Analiza (A_1, A_2..A_n)

d) Informacija (lokalna - planetarna)
tačna i na vreme — Izveštaj (I_1, I_2..I_n)

Efekat proporcionalnosti

I.V. - ireverzibilno vreme		P.O. prostor/okruženje
---	:	---
O.E. - obnovljiva energija		I. informacija (pouzdana)
dijagrami D_1 .. D_n		projekti P_1 .. P_n
---	:	---
analiza A_1 .. A_n		izveštaji I_1 .. I_n

Elementarni prikaz struktura i njihovih odnosa u četvorodimenzionalnom paketu kao projektovodni model, projekta Opština Bijeljina - "Strateški Atlas" potencijala i korišćenja istih.

Prirodnost prirodnost, relativno široka rasprostranjenost i praktično neograničena obnovljivost ovog resursa,

P_1 - P_n D_1 - D_n A_1 - A_n I_1 - I_n

Pouzdanost visoka sigurnost izdašnosti i nezavisnost u odnosu na uvozne, klimatske i druge uslove,

P_1 - P_n D_1 - D_n A_1 - A_n I_1 - I_n

Tehnologičnost tehnološka racionalnost i visoka pouzdanost eksploatacije - relativno lako osvojiva proizvodnja toplotnih pumpi, izmenjivača toplote, razvodnih i drugih tehničkih uredjaja geotermičke oblasti kao posebne grane tehnike i tehnologije,

$P_1 - P_n$ $D_1 - D_n$ $A_1 - A_n$ $I_1 - I_n$

Racionalnost uz skromne i racionalne arhitektonske objekte lako ugradive u postojeće grejne, energetske, vodosnabdevajuće i druge naseljske, komunalne i opšte urbane sisteme i njihova tkiva,

$P_1 - P_n$ $D_1 - D_n$ $A_1 - A_n$ $I_1 - I_n$

Kompleksnost vešenamensko, stepenasto i bezotpadno korišćenje geotermalne energije i ostalih podzemnih voda u korisne svrhe, takoreći, svih naseljskih, privrednih i neprivrednih delatnosti,

$P_1 - P_n$ $D_1 - D_n$ $A_1 - A_n$ $I_1 - I_n$

Ekologičnost uz uobičajene mere kontrole i skromna sredstva zaštite životne sredine, geotermalna energija i ostale podzemne vode pripadaju ekološki najvrednijem resursu - radi se o najprirodnijem činiocu svake kultivacije (životnog kvaliteta i samog života),

$P_1 - P_n$ $D_1 - D_n$ $A_1 - A_n$ $I_1 - I_n$

Ekonomičnost visoka ekonomičnost u pogledu visine inicijalnih ulaganja, održavanja postrojenja i troškova eksploatacije, dužine životnog ciklusa i jake isplativosti - ova visoka ekonomičnost proizilazi iz visoke ekonomičnosti (nema skrivenih troškova!), visoke tehnoekonomičnosti, visoke relevantnosti i visoke efikasnosti, odnosno iz visoke kulture u celini.

$P_1 - P_n$ $D_1 - D_n$ $A_1 - A_n$ $I_1 - I_n$

Opravdanost Na ovom stepenu naše tehnoekonomske razvijenosti sa maksimalnom korelacijom izmedju potrošnje energije i nacionalnog dohotka po stanovniku, svaki procenat zamene mineralnih goriva (nafta, ugalj, gas) znatno efikasnijim geotermalnim izvorima donosi gotovo isti procenat povećanja nacionalnog dohotka, jer su ukupni troškovi geotermalne energije, takoreći, zanemarljivi u odnosu na direktne, oportunističke, indirektne i skrivene troškove tzv. klasičnih energenata.

$P_1 - P_n$ $D_1 - D_n$ $A_1 - A_n$ $I_1 - I_n$

Ekobiznis

U najnovijem ekonomičkom zahtevu kao uslovu visoke kompetitivnosti korišćene geotermalne energije postalo je i stvar prestiža u uslovima životnog kvaliteta i na domaćem i svetskom tržištu. Taj zahtev odlučno uvažavaju sva najveća preduzeća savremene svetske ekonomije i on postaje ključni postulat nacionalnih privrednih sistema i poredaka.

$P_1 - P_n$ $D_1 - D_n$ $A_1 - A_n$ $I_1 - I_n$

Radi ubrzavanja odgovarajućih aktivnosti istraživanja i korišćenja geotermalne energije na teritoriji Opštine Bijeljina, a naročito u Semberiji, više je nego opravdano što pre pristupiti izradi pomenutog Programa "Semberija", tj. Studije sa navedenim naslovom.

1.4. GEOLOŠKI SASTAV TERENA BLIŽE I ŠIRE OKOLINE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Područje istraživanja ove Studije zahvata teritoriju opštine Bijeljina. Pošto se u njoj obradjuju dve vrste resursa: resursi pijaćih podzemnih voda i geotermalni resursi, uključujući i termomineralne vode, to se zbog toga istražni prostor mora posmatrati na dva dubinska nivoa. Za pijaće vode ta dubina je maksimalno do 300 m, a za geotermalne resurse do 3.500 m maksimalno. Da bi se mogao sagledati, odnosno prognozirati geološki sastav terena za navedene resurse do datih dubina, mora se najpre poći od poznatog geološkog sastava površi terena, ali u području koje je veće nego što je površina koju zahvataju geografske granice područja istraživanja. Ta razlika izmedju geografskih jedinica područja istraživanja i područja, koje se zbog geoloških zakonitosti mora uzeti u obzir, utoliko je veća što je površ terena područja istraživanja više pokrivena mladjim sedimentima i što je dubina istražnog prostora veća. U vezi stim, za sagledavanje geološkog sastava terena područja istraživanja, kada se radi o resursima pijaćih voda, obradjena je njegova bliža okolina, a kada se radi o geotermalnim resursima, njegova šira okolina. Pod širom okolinom područja istraživanja treba smatrati teritoriju koja je ograničena izdancima paleoreljefa tercijarnih i kvartarnih sedimenata. Ona obuhvata površ terena na jugu od leve dolinske strane Spreče do Zvornika, na istoku od Gučeva, Cera i Mačve, na severu do Fruške Gore i Šida, i na zapadu do Brčkog, doline Tinje i Tuzle (slika 1.1).

Pod bližom okolinom područja istraživanja treba smatrati teritoriju Semberije od reke Tavne, pa severno na zapad preko Suhog Polja do Vršana i reke Save, a na istoku do reke Drine i zapadnog dela Mačve (slika 1.1).

1.4.1. Geološki sastav površi terena bliže okoline područja istraživanja

Geološki sastav površi terena u ovom području je relativno jednostavan. Prema podacima OGK list "Bijeljina" 1:100.000 sačinjavaju ga sedimentne stene neogene i kvartarne starosti (slika 1.3). Najveće prostranstvo imaju kvartarni, zatim pliokvartrani, a najmanje miocenski sedimenti. Pošto se resursi pijaćih voda nalaze u pliokvartarnim i kvartarnim sedimentima, to su oni za naša razmatranja najvažniji, pa će im biti posvećena i najveća pažnja.

Miocenski sedimenti otkriveni su u dolini Ugljevika skoro u kompletnom razvoju (M_1^2, M_2^2, M_3^1) na maloj površini. Donji miocen (M_1^2) je zastupljen slatkovodnim terestričko-limničkim sedimentima ugljevičkog basena čiji sastav čine: bazalni konglomerati, lapori, gline i ugalj. Srednje miocenski-tortonski (M_2^2) sedimenti su marinskog porekla i imaju dva tipa razvoja. Prvi tip je sa peščarima i laporcima, a drugi sa masivnim i bankovitim lajtovačkim i litotamnijskim krečnjacima debljine 20-140 m (Plavkić i dr., 1990). Ovi krečnjaci su značajni za vodosnabdevanje Ugljevika, jer je u njima formirana karsno-pukotinska izdan.

Gornjomiocenski-sarmatski (M_3^1) sedimenti leže konkordantno preko tortonskih sa kojima su litološki veoma slični. Oni počinju krečnjacima koji leže preko tortonskih krečnjaka, tako da se prelaz može otkriti samo pronalaskom karakteristične faune. Pored krečnjaka prisutni su laporci, gline i retko bazalni šljunkovi.

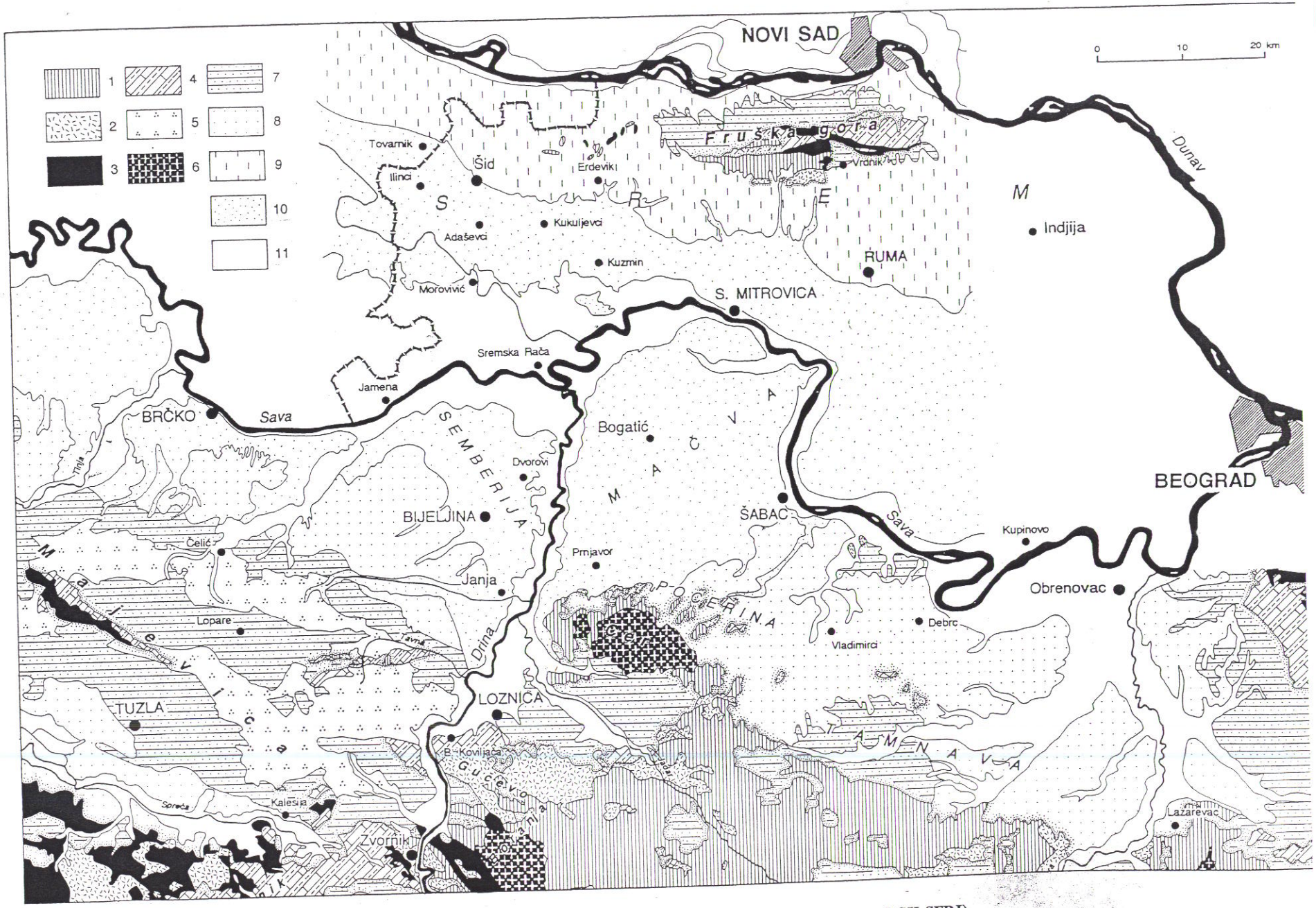
Panonski sedimenti (M_3^2) otkriveni su bušenjem u dolini reke Modran kod Janjara. Leže konkordantno preko sarmatskih sedimenata i čine ih lapori, peščari i gline.

Pliocenski sedimenti su predstavljeni naslagama ponta, tj. donjeg pliocena (Pl_1). Čine ih pretežno lapori i gline, koje se smenjuju sa zaglinjenim peskovima.

Pliopleistocenski sedimenti (Pl,Q) učestvuju u sastavu velikog dela površi terena. Oni se nalaze zapadno od Semberijske aluvijalne ravni i čine brežuljkasti deo "Brčanskog platoa". Nastali su u područjima koja su u srednjem i gornjem pliocenu i donjem i srednjem pleistocenu tonula tako da su zapunjavana rečnim i kopnenim sedimentima.

Pliopleistocenske naslage leže preko naslaga gornjeg ponta. Danas se nalaze na nadmorskoj visini od 120-200 m. Predstavljeni su sivosmedjim glinama sa malo karbonatnih konkrecija. Pored glina mestimično su prisutna sočiva šljunka i peska. Debljina pliopleistocenskih naslaga je do 250 m. Ova sedimentna serija je bušenjem konstatovana i u Mačvi na više lokaliteta, gde ima debljinu veću od 200 m. Čine je peskovite gline, prašinasti i glinoviti peskovi. Mestimično su prisutni i šljunkovi sa valuticama prečnika do 5 cm.

Kvartarni sedimenti (Q) imaju veliko prostranstvo. Prostiru se u okviru cele Semberije, kao i sa druge strane Drine, tj. u Mačvi.



Slika 1.3. **Geološka karta površi terena šire okoline teritorije opštine Bijeljina (izradjena po podacima OGK SFRJ)** (1-paleozojski škriljci i metasedimenti; 2-trijaski krečnjaci i dolomiti; 3-jurski ofiolitski kompleks; 4-gornjokredni fliš i krečnjaci; 5-paleogeni fliš; 6-neogeni granitoidi; 7-miocenski sedimenti; 8-pliocenski i pliokvartarni sedimenti; 9-kvartar: les; 10-kvartar: terasni aluvijalni sedimenti; 11-kvartar: recentni aluvijalni sedimenti)

Semberija i Mačva su područje razvoja konstrativnog aluvijuma donje i srednje pleistocenske starosti, tj. rečnog nanosa povećane debljine nastalog u uslovima periodičnih tektonskih spuštanja pri čemu je dolazilo do potanjanja akumulativne ravni i neprestanog taloženja vučenog nanosa iz njime preopterećenog toka kao što je Drina. Višestrukim ponavljanjem tih uslova taloženja na istim relativnim visinama stvorene su prostrane debele naslage šljunkovito-peskovitih sedimenata na različitim visinskim nivoima. Zbog toga se u njegovom profilu smenjuju sedimenti korita (grubozrni), sedimenti povodnja (sitnozrni-alevriti) i facije mrtvaja (alevriti i organski mulj). Ustvari, policiklično se smenjuju sekvence perstrativnog aluvijuma karakterističnog profila: dole šljunak i pesak, a iznad njih alevriti (poplavni mulj). Ove naslage su u sedimentologiji označene kao "aluvijalne naslage povećane debljine", koja iznosi 30-60 m na području Semberije, a na području Mačve i do 150 m. U ovim naslagama dominira šljunkovita komponenta sa valuticama prečnika 2-20 cm. Valutice su poreklom od krečnjaka, rožnaca, peščara, kvarcita i magmatskih stena.

Iznad donje i srednjepleistocenskih naslaga leže gornjepleistocenske naslage u vidu rečnih terasa nastalih dinamičkom evolucijom Drine i Save. Prisutne su tri terase od kojih su najstarija (t_3) i srednja (t_2) mestimično sačuvane, a najmladja učestvuje u sastavu površi terena Semberije sa više od 80 %. U Semberiji srednja terasa je sačuvana u području Magnojević-D.Dragaljevac. Ona je nastala erozijom i akumulacijom reke Save. Nadmorska visina ove terase je do 95-100 m.

Prva terasa (t_1) na teritoriji Semberije i Mačve predstavlja terasu Drine, koja je geografski deli na semberijski i mačvanski deo. Njen semberijski deo nalazi se na 4-5 m iznad prosečnog nivoa Drine i Save, odnosno na nadmorskoj visini od 80-100 m. Sedimenti ove terase su nesumnjivo akumulacionog karaktera sa monocikličnim (perstrativnim) tipom odlaganja materijala. Predstavljeni su heterogenim šljunkovima facije korita, povodanjskim alevritima i peskovima, i alevritima lesoidnog habitusa, koji čine najgornji deo terase, tj. površ terena. Najmladji deo terasnih sedimenata, tj. prvi član od površi terena po dubini izgradjen je od smedjih, peskovitih alevrita sa karbonatnim konkrecijama. Šljunkovito-peskovite naslage ove terase sadrže oko 54 % šljunkovite i oko 46 % peskovite komponente. Bliža starost naslaga prve terase je kasni interglacijal, odnosno Wurm 3.

Holocenske naslage se nalaze unutar današnje aluvijalne ravni Save i izmedju napuštenih i današnjeg korita Save. Najvećim delom su sačinjeni od peskovito-glinovitih alevrita i srednjezrnih alevritskih peskova, odnosno sedimenti mrtvaja, aluvijalno-plavni sedimenti, sedimenti korita (peskoviti sprudovi, rečne plaže i rečne ade).

1.4.2. Geološki sastav površi terena šire okoline područja istraživanja

Formiranje geotermalnih nalazišta, odnosno nalazišta termalnih voda uopšte, je veoma zavisno od geološkog sastava datog terena i njegovih hidrogeoloških i geotermalnih

karakteristika. Ako su hidrogeološke karakteristike povoljne i ako su ispunjeni ostali potrebni uslovi, tad se formira hidrogeotermalni sistem a unutar njega hidrogeotermalna nalazišta. Na području Semberije dokazano je prisustvo hidrogeotermalnog sistema sa nalazištima geotermalnih voda u rezervoarima od stena mezozojske starosti, koji čine podlogu ili paleoreljef tercijarnih sedimenata. Da bi se mogla izraditi kompleksna analiza i kompjuterski simulacioni model hidrogeotermalnog sistema Semberije, koji je neophodan za preliminarnu ocenu mogućnosti eksploatacije, potrebno je prvo izraditi geološki model terena šire okoline. Pošto je dokazano da se nalazišta geotermalnih voda nalaze u mezozojskim stenama, to takav geološki model treba da obuhvati ceo mezozojski kompleks ispod tercijarnih sedimenata. U vezi s tim ovaj prikaz geološkog sastava obuhvata južni obod Panonskog basena od Tuzle na zapadu, do Zvornika i Cera na istoku, i Fruške Gore na severu (slika 1.3).

PALEOZOIK. Najstarije stenske mase u području istraživanja su paleozojske starosti. Semberiji najbliže lokacije sa prisustvom paleozojskih stena na površi terena su područja zapadnih obronaka Cera (Lešnica) i područje Teočaka. Nešto dalje paleozojske stene su prisutne u okolini Zvornika, Zajače, Zavlake, kao i na Fruškoj Gori.

U području Teočaka prisutno je šest malih erozijom stvorenih oaza u mladjim formacijama u kojima su otkrivene paleozojkse stene. U svima njima se nalaze gornjopermski bituminozni krečnjaci debljine 100-200 m.

U okolini Zvornika, odnosno južno od Gučeva paleozojske stene su razvijene po "drinskom razviću". U njihov sastav ulaze slabo metamorfisani kvarcni peščari, kvarciti, filiti i argilošisti. Mermera i zelenih škriljaca u ovoj seriji nema.

Tvorevine paleozojske starosti u okolini Zajače i Zavlake i na zapadnom obodu Cera, odnosno Stražanice (Lešnica-Dobrić), pripadaju "jadarskom razviću". Najstarije paleontološki indentifikovane stene pripadaju gornjem devonu, zatim neraščlanjena devonsko-karbonska jedinica, pa donji i srednji karbon, i na kraju perm. Najveće prostranstvo na površi terena imaju D,C peščari i škriljci, koji čine podlogu karbonskim, pretežno sedimentnim naslagama ukupne debljine oko 400 m.

Na krajnjem zapadnom obodu Fruške Gore paleozojske stene su otkrivene na više lokacija u erozionim usecima ispod pleistocenskih sedimenata. Predstavljene su sericitskim škriljcima i kalkšistima nepoznate debljine.

MEZOZOIK. Stenske mase mezozojske starosti su najznačajnije u vezi sa geotermalnom potencijalnošću terena područja istraživanja. Zbog toga su njihove pojave veoma važne u vezi njene ocene potencijnosti, pre svega radi ocene prostranstva tih stena u podlozi tercijarnih sedimenata, kao i radi ocene mogućeg položaja zona prihranjivanja hidrogeotermalnih sistema masom. U navedenoj široj okolini područja istraživanja prisutne su tvorevine nastale u toku sve tri mezozojske periode: trijasu, juri i kredi.

područja istraživanja. Umesto toga daće se samo njihove osnovne litostratigrafske karakteristike.

Paleogen. Paleogeni sedimenti imaju veliko prostranstvo. Pružaju se u širokoj zoni pravca SZ-JI počev od Drine kao krajnje istočne granice (slika 1.3). U tuzlanskom basenu tercijar počinje paleocenskim flišoidnim sedimentnim paketom debljine oko 500 m, koji prelazi u donji eocen i leži transgresivno preko gornje krede i starijih stena. Iznad njega nalazi se veoma debeo paket (oko 1.200 m) neraščlanjenih srednje i gornjoeocenskih peščara i laporaca sa krečnjacima u srednjem delu. Transgresivno preko eocenskih naslaga leže oligocenske, takodje, flišolike naslage debljine oko 750 m sačinjene od laporaca, glinaca, peščara i konglomerata.

Neogen. Neogeni sedimenti imaju najveće prostranstvo. Razvijeni su u dve velike zone: Tuzlanski basen i u Posavini. Treća, manja, zona nalazi se izmedju prethodne dve i pruža se od Tavne i Teočaka duž severnog oboda grebena Majevice (slika 1.3).

U Tuzlanskom basenu razvijen je kompletan miocen i pliocen, kao i pliokvartar. Ukupna debljina celog paketa ovih sedimenata iznosi oko 4.000 m.

U Posavini, tj. u Slavonsko-sremskoj depresiji severno od pravca Ugljevik-Čelić-Maoča neogeni sedimenti na površi terena nisu tako detaljno raščlanjeni i razvijeni kao u Tuzlanskom basenu. Najstariji miocenski član je burdigal-helvet, zatim torton, sarmat i meot. Pliocen nije detaljno raščlanjen. Izdvojen je donji pliocen i pliokvartar. Ukupna debljina celog ovog paketa neogenih sedimenata je oko 1.200 m.

Kvartar. Kvartarni sedimenti imaju veliko prostranstvo u najnižim delovima terena, odnosno u aluvijalnim ravnima Drine i Save (Semberija, Mačva, Posavina, Srem). Osim kvartarnih naslaga Semberije, koje su ranije prikazane, ostali sedimenti ove starosti za ovu Studiju nisu značajni.

1.4.3. Geološki sastav paleoreljefa tercijarnih sedimenata

U vezi geotermalne potencijalnosti područja istraživanja glavne podloge za njegovu ocenu predstavljaju geološki sastav i hidrogeološke karakteristike terena po dubini. U prethodnom tekstu prikazan je geološki sastav površi terena bliže i šire okoline područja istraživanja odredjen na osnovu rezultata geološkog kartiranja. Za definisanje i prognozu geološkog sastava terena po dubini upotrebljive podatke daju rezultati geofizičkih ispitivanja, a egzaktne samo rezultati izrade dubokih istražnih ili za druge namene izvedenih bušotina.

Na teritoriji severne i SI Bosne izvedena su detaljna geofizička ispitivanja pre više od 10 godina u cilju otkrivanja geoloških struktura u kojima bi moglo da bude preduslova za postojanje ležišta nafte i gasa. Naročito su bila detaljna seizmička ispitivanja, kao

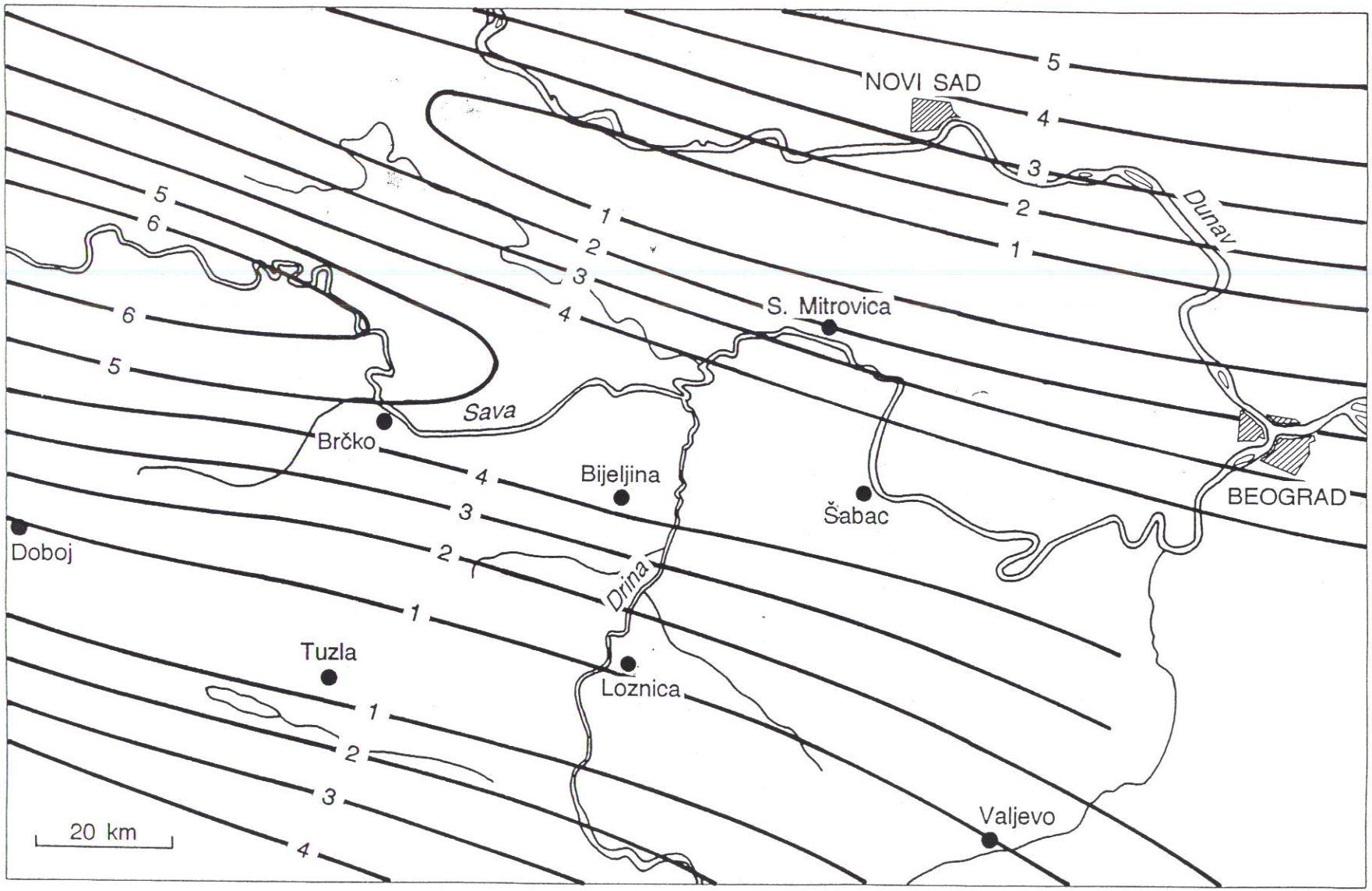
najbolja metoda koja se koristi za te svrhe. Rezultati tih istraživanja su sačuvani od uništenja u toku rata, ali do njih se nije moglo doći. Zbog toga nije poznato da li su oni upotrebljivi za potrebe izrade ove Studije. Iz tih razloga oni se nisu mogli prikazati, iako je od strane Opštine upućen zahtev vlasnicima podataka (Rafinerija nafte u Brodu) da se omogući njihovo korišćenje.

Prema tome, u ovom delu prikazaće se geološki sastav terena po dubini na osnovu rezultata izrade naftnih i geotermalnih bušotina na području Semberije, Posavine, Srema, Mačve i Podrinja, i reinterpretacija rezultata geološkog kartiranja površi terena.

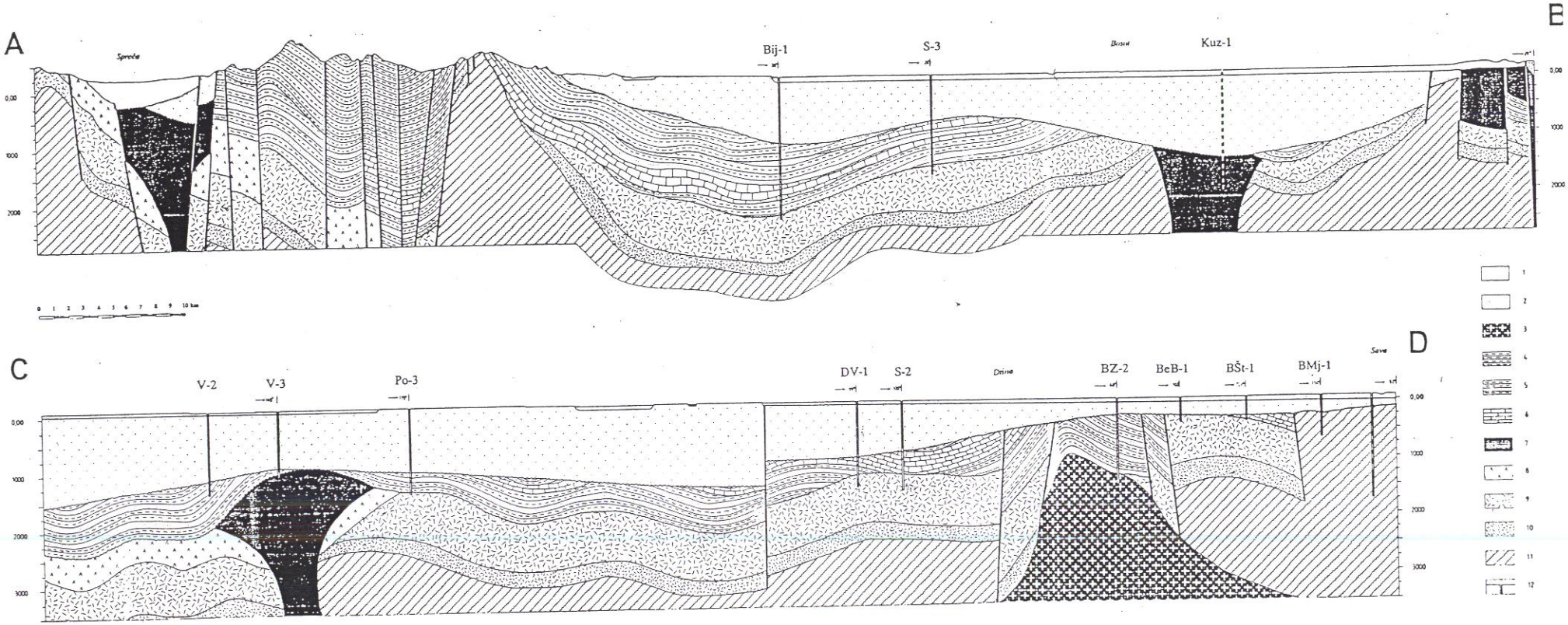
Glavni parametri geološkog sastava bilo kojeg terena po dubini su debljina pojedinih litostratigrafskih jedinica i paleogeografske karakteristike pojedinih značajnih dubinskih nivoa, odnosno paleoreljefa tercijarnih sedimenata, krednih i jurskih tvorevina. Ustvari, najvažnije je sagledati dubinu do, i moguće prostranstvo trijaskih karbonatnih naslaga (krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti) kao glavnog rezervoara u kome se nalaze najvažnija hidrogeotermalna nalazišta Semberije.

U redosledu analize za definisanje prostornog geološkog modela terena mora se poći od ukupne debljine celog sedimentnog paketa, tj. "sedimentnog sloja", koji obuhvata ceo stub sedimentnih stena od površi terena pa do "baze" sedimenata, uglavnom do metamorfnih stena starijeg paleozoika. Debljina i prostranstvo tog "sloja" se približno odredjuju na osnovu rezultata dubokih seizmičkih ispitivanja. Po podacima Dragašević i dr. (1989) debljina celog sedimentnog paketa, tj. dubina do "baze" sedimenata u području istraživanja je 4-4,5 km (slika 1.4). Južno i severno od Semberije ona postepeno opada da bi minimalne vrednosti (<1 km) dostigla u području krajnjih zapadnih padina Fruške Gore gde se paleozojske stene javljaju i na površi terena, i u okolini Tuzle. Mora se reći, da su izolinije sa slike 1.4. dobijene interpolacijom podataka sa dubokih seizmičkih profila Cavtat-Loznica-Kanjiža i profila Palagruža-Valpovo, koji su medjusobno udaljeni oko 120 km. Zbog toga one daju samo generalnu sliku, koja se u pojedinim područjima razlikuje od rezultata interpretacije geoloških stubova snimljenih u toku geološkog kartiranja površi terena i rezultata bušenja. Na nju mnogo utiče i litološki sastav gornjeg dela paleoreljefa mezozojskih naslaga. Medjutim, bez obzira na ove slabe strane interpretacije navedenih podataka, može se reći da je generalna slika debljine "sedimentnog sloja" na području Semberije zadovoljavajuća, odnosno da se slaže sa ostalim rezultatima koji daju manje ili više egzaktne podatke o geološkom sastavu terena po dubini. Područje Semberije se nalazi u najnižem delu jedne velike sinklinalne forme, čija je širina od Fruške Gore do Majevice. Debljina sedimenata mezozojske starosti u tom najnižem delu ispod Semberije je oko 3,5 km.

Drugi parametar od značaja za sagledavanje geološkog modela je debljina tercijarnih sedimenata. Kao što je poznato, ona je promenljiva i zavisi od mnogih faktora. Glavni od njih je vremenska dužina sedimentacije, odnosno da li su u istom preseku prisutni i potpuno razvijeni svi stratigrafski odeljci neogena i paleogena. U datom području istraživanja sedimentacija u ovom delu Panonskog basena se vršila skoro tokom celog tercijara.



Slika 1.4. **Karta izolinija jednake debljine (km) "sedimentnog sloja" u području šire okoline područja istraživanja** (Dragašević i dr., 1989)



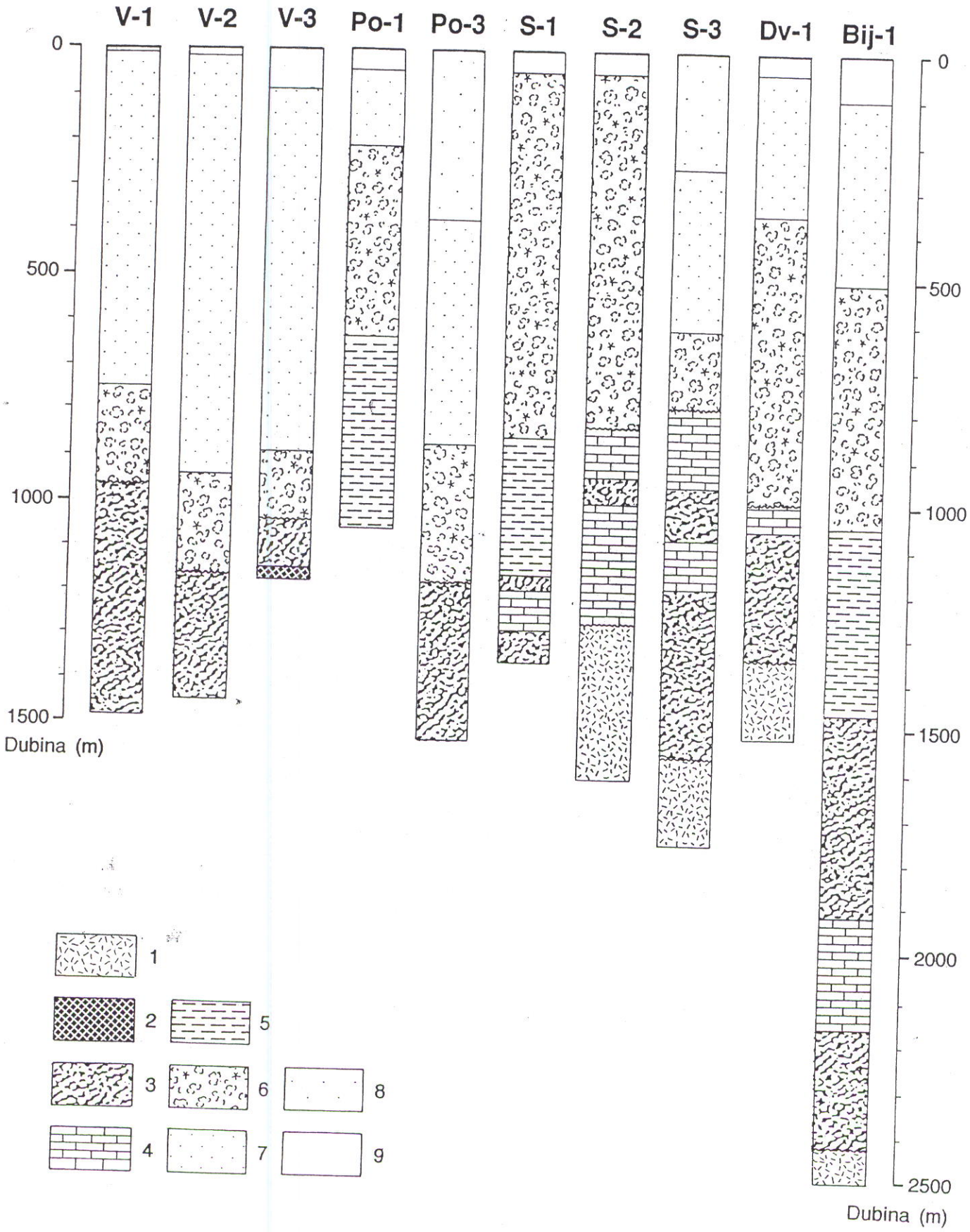
Slika 1.5. **Karakteristični regionalni geološki preseci terena područja istraživanja**
(1-kvartarni sedimenti; 2-neogeni sedimenti; 3-granitoidne stene; 4-paleogeni sedimenti; 5-gornjokredni fliš; 6-gornjokredni krečnjaci; 7-jurski serpentiniti i peridotiti; 8-jurska dijabaz-rožnačka formacija; 9-srednjo i gornjotrijaski krečnjaci i dolomiti; 10-donjotrijaski sedimenti; 11-paleozojski škriljci; 12-izvedena duboka istražna bušotina)

Paleogeni sedimenti, kao što je ranije izneto, imaju veliko prostranstvo ne samo na površi terena, već i ispod neogenih sedimenata. Severno od strukturno-facijalne jedinice "Greben Majevice" razvijen je i preko nje transgresivno leži skoro ceo stub paleogena bez oligocena, tj. $Pc+E_1$, E_2 i $E_{2,3}$ ukupne debljine od 1.800-3.000 m (slika 1.5). On čini posebnu strukturno facijalnu jedinicu ubranog kompleksa severne Majevice. Srednje i gornjoeocenski "fliš" nalazi se samo u uzanoj zoni, tj. u sinklinali Rašljanske reke. Severno od nje su prisutni samo $Pc+E_1$ sedimenti, koji tonu ispod neogenih sedimenata basena Bosanska Bijela-Maoča-Koraj i najverovatnije se prostiru u njihovom paleoreljefu do pravca Vitanović-Vršani-Dvorovi. U celoj toj zoni debljina paleogenih sedimenata je do 1.200 m, izuzev u sinklinali Rašljanske reke gde zbog ubiranja može biti 1.600 m. Debljina paleogenih sedimenata se postepeno smanjuje u pravcu istoka tako da u bušotinama Bij-1 (Bijeljina) i S-1 (Dvorovi) nije veća od 300 m. Debljina neogenih sedimenata severno od ove zone sa paleogenim sedimentima, tj. izmedju pomenutog pravca Vitanović-Vršani-Dvorovi i reke Save je oko 1.200 m.

U Semberiji najveća debljina neogenih sedimenata treba da je u području Bijeljina-Ljeljenča-Zagoni-Hase. Ona iznosi oko 1.150 m što je utvrdjeno izradom bušotine Bij-1 (slika 1.6). Istočno i severno od Bijeljine ona se smanjuje tako da u bušotinama S-2 i S-3 iznosi oko 800 m. To treba očekivati i južno od Bijeljine prema Janji i dolini Tavne. Na području Mačve, odnosno u okolini Bogatića bušenjem utvrdjena debljina neogenih i kvartarnih sedimenata kreće se od 200-600 m. Od Bogatića prema Šabcu ona je od 300-400 m. Ostaje otvoreno pitanje debljine neogenih sedimenata u području izmedju Dublja i Lipolista, odnosno Prnjavora. Prema geofizičkim indikacijama u području izmedju Zminjaka i Lipolista debljina neogenih sedimenata mogla bi da bude od 1.500-2.000 m. Slična situacija treba da je i severno od Bogatića prema S.Mitrovici.

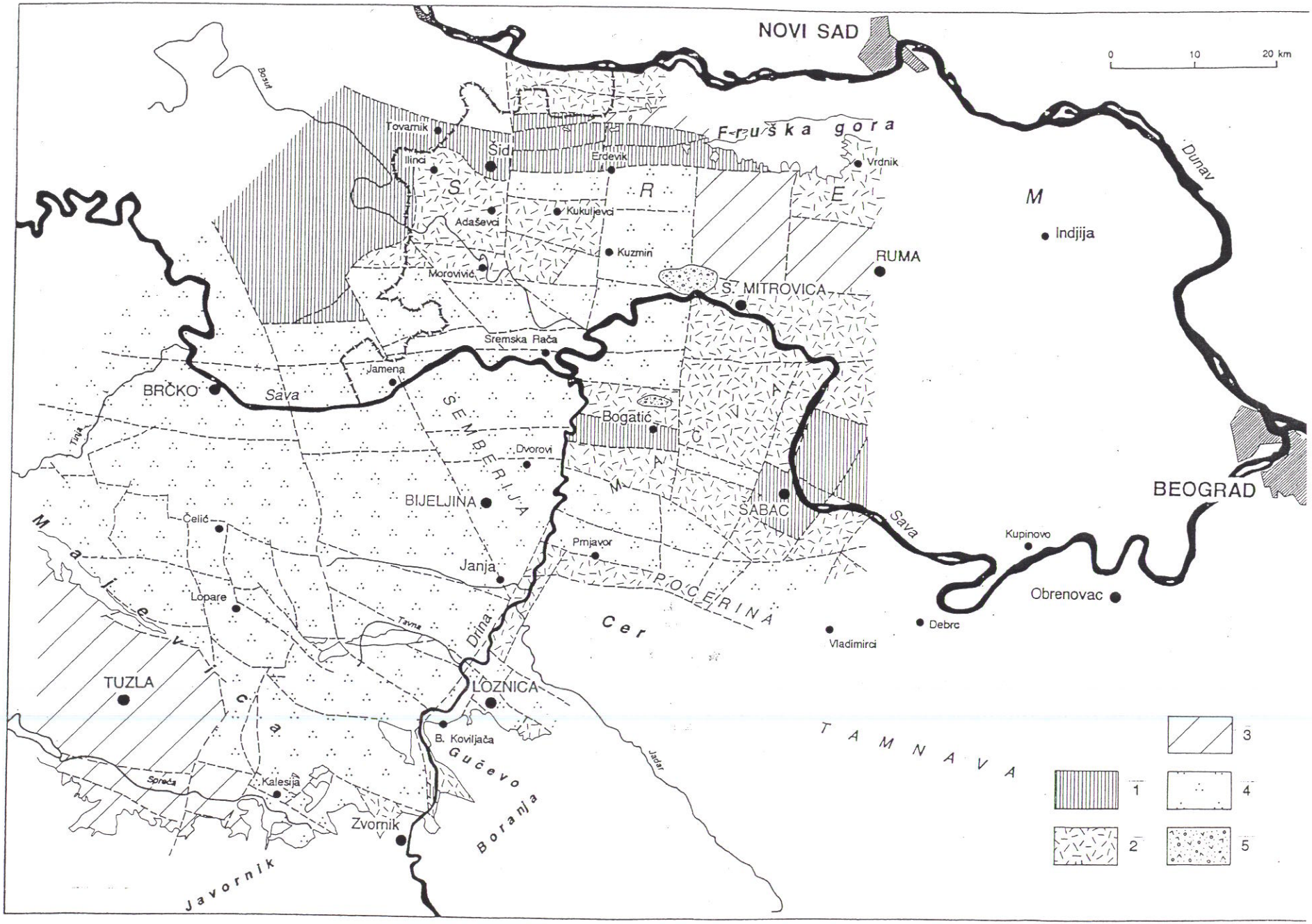
Treći, najvažniji parametar za sagledavanje geološkog modela terena je geološki sastav podloge ili paleoreljefa tercijarnih sedimenata, odnosno paleoreljefa tvorevina pojedinih mezozozojskih perioda, tj. krede i jure. O njemu se mogu praviti prognoze za manja i veća područja na osnovu podataka dobijenih izradom dubokih naftnih bušotina.

Kreda. Prema gore pomenutim podacima sedimentne stene gornjokredne starosti bi činile podlogu tercijarnih sedimenata na celom području severne Bosne, odnosno severno od pravca: Greben Majevice-Teočak-Tavna (slika 1.7). To je dokazano u svim dubokim bušotinama u okolini Brčkog kao i u svim dubokim bušotinama u Semberiji (slika 1.6). Prisustvo ovih stena trebalo bi očekivati i na području južne Mačve i dela Pocerine, kao i u severnoj Mačvi izmedju Bogatića i Noćaja. One su otkrivene samo u jednoj bušotini, odnosno u Štitaru (BŠt-1) gde su nabušeni gornjokredni krečnjaci. Na južnom delu Bogatića u dubokoj bušotini BZ-2 ispod neogenih sedimenata na dubini od 300 m ušlo se u flišoliku seriju od metapeščara, metaalevrolita i filita i kroz nju je bušeno do dubine od 1.300 m, kada se ušlo u plagigranite oligocenske starosti. U uzorcima jezgra nisu nadjeni nikakvi fosili, ni flore, ni faune, tako da se ne zna da li su primarni sedimenti pre metamorfizma bili paleogene, kredne ili paleozojske starosti.



Slika 1.6. **Geološki profili izvedenih dubokih istražnih bušotina u području Brčanske Posavine i Semberije**

(1-srednjo i gornjotrijaski krečnjaci, dolomitični krečnjaci i dolomiti; 2-jurski serpentiniti; 3-gornjokredni flišoliki sedimenti; 4-gornjokredni krečnjaci; 5-paleogeni sedimenti; 6-miocenski sedimenti; 7-pliocenski sedimenti; 8-pliokvartarni sedimenti; 9-kvartarni aluvijalni sedimenti)



Slika 1.7. **Prognozna geološka karta paleoreljefa tercijarnih sedimenata u području šire okoline područja istraživanja**
(1-paleozojske stene; 2-trijaske, uglavnom karbonatne stene; 3-jurske stene, uglavnom ofioliti; 4-gornjokredni fliš i krečnjaci; 5-tercijarni vu[illegible])

Prostranstvo gornjokrednih sedimenata na severu je najverovatnije približno do pravca Z-I: ušće Tinje u Savu-Jamena-Sremska Rača. Kredni sedimenti u paleoreljefu paleogenih sedimenata treba da se nalaze i u području Kozluk-Loznica-Lipnički Šor?-Tavna-Tuzlanski basen.

Jura. Jurske tvorevine (DRF i ultrabaziti) u podlozi tercijarnih sedimenata otkrivene su u dubokim bušotinama kod Rume (Ru-1), Vognja (Vo-1, zapadno od Rume), Kuzmina (Kuz-1), Kukujevaca (Ku-1), Sremske Rače (SR-1) i Jamene (Ja-1). One su otkrivene i u bušotini V-3 kod Brčkog ispod krednih sedimenata (slika 1.6). Na osnovu kompleksne interpretacije rezultata geofizičkih ispitivanja jurski serpentiniti u vidu tanke ploče debljine do 500 m mogu se očekivati u podlozi tercijarnih sedimenata na velikom području izmedju S.Mitrovice i južnog oboda Fruške Gore, gde se oni nalaze na površi terena (slika 1.7). Diskutabilno je da li su jurske tvorevine u području Jamena-Sremska Rača odvojene od istih u velikom području Adaševci-Kukuljevci-Kuzmin-Voganj-Ruma-Fruška Gora, ili se radi o jednoj velikoj ofiolitskoj zoni.

Trijas. Stene trijaske starosti nalaze se u direktnoj podlozi tercijarnih sedimenata na području Mačve što je dokazano u okolini Bogatića (BB-1, BB-2, BD-1, BBe-1). Isti takav položaj treba očekivati po obodu Cera i Fruške Gore. Trijaske stene, odnosno krečnjaci i dolomiti su nabušeni i ispod krednih sedimenata u svim dubokim bušotinama u Semberiji (slika 1.6). Realna je predpostavka da trijaske stene treba da budu prisutne ispod jurskih, kao i ispod krednih u onim područjima gde nema jurskih stena, odnosno treba očekivati najveće regionalno prostranstvo trijaskih stena (slika 1.5 i 1.7).

II. RESURSI PODZEMNIH PIJAĆIH VODA

Resurse podzemnih pijaćih voda na teritoriji Opštine Bijeljina predstavljaju izdanske vode u aluvijalnim, tj. kvartarnim sedimentima Drine i Save i izdanske vode u pliokvartarnim sedimentima. Zbog veće istraženosti i značaja za vodosnabdevanje najveća pažnja je posvećena aluvijalnim sedimentima Drine i Save.

2.1. ISTORIJAT ISTRAŽIVANJA

Prva hidrogeološka istraživanja aluvijalnih naslaga Semberije počela su 1948. godine kada je izradjena osmatračka mreža od 17 pijezometara za praćenje promena nivoa izdanskih voda u njima. Prvi eksploatacioni bušeni bunari izradjeni su 1958. godine. U periodu do 1968. godine izradjeno je ukupno 10 bušenih bunara dubine po 35 m u aluvijalnim sedimentima za vodosnabdevanje pojedinih seoskih naselja: Burum, Gornje i Donje Crnjelovo, Velino Selo, Balatun, Donji Brodac, Ostojićevo, Golo Brdo, Glogovac i Janja, i 4 takozvana arteska "bunara", tj. bušotine dubine po 160 m (Plavkić & Stanković, 1990).

Regionalna hidrogeološka istraživanja aluvijalnih sedimenata Semberije vršena su u periodu 1962-1965. godina od strane Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju Gradjevinskog fakulteta u Sarajevu. U okviru tih istraživanja izvedena su geofizička (geoelektrična) ispitivanja duž dva profila sa AB/2=500 m, tri istražne bušotine: prva do dubine 200 m u Velinom Selu, druga do dubine od 106 m u Glavičici, i treća, dubine 200 m u Donjoj Čadjavici; testovi crpenja u 12 kopanih bunara, i 600 nepotpunih, tj. "skraćenih" i 60 kompletnih analiza izdanskih voda u cilju sagledavanja eventualnog uticaja njihovog hemijskog sastava na pojavu nefritisa (Josipović i dr., 1966).

Izdani u aluvijalnom nanosu Drine i Save na području Semberije i Mačve odavno su predmet razmatranja u cilju formiranja velikih izvorišta za velike regionalne sisteme vodosnabdevanja. U tom smislu prva studija je izradjena u periodu 1979-1982. godina od strane preduzeća "Hidrosanitas" iz Beograda za potrebe vodosnabdevanja područja Bijeljine i Ugljevika. U toj Studiji je izvršena analiza svih dotadašnjih rezultata geoloških i hidrogeoloških istraživanja i zaključeno da jedino područje unutar koga treba formirati

izvorište za regionalno vodosnabdevanje se nalazi izmedju Bijeljine i sela Amajlije. Na ovakav izbor najviše je uticala pojava da u Bijeljini i njenoj užoj okolini praktično nema obolelih od nefritisa, tj. "balkanske endemske nefropatije". Na osnovu takve koncepcije izradjen je Idejni projekat za regionalno vodosnabdevanje Bijeljine i Ugljevika, takodje od strane "Hidrosanitasa".

Za potrebe navedene Studije izradjene od strane "Hidrosanitasa", tj. u cilju provere idejnog rešenja regionalnog vodosnabdevanja, "Energoprojekt" iz Beograda je 1981. godine izradio regionalnu studiju o mogućnostima vodosnabdevanja Semberije. U okviru nje je izradjen prvi "matematički model na kome je izvedena simulacija eksploatacije projektovanih količina izdanskih voda od 1.200 l/s u području izvorišta "Grmić", orijentaciono je analiziran problem zaštite izvorišta i predloženi su novi eksploatacioni objekti.

U toku 1985-1986. godine izvedena su nova detaljna hidrogeološka istraživanja šireg i užeg područja izvorišta "Grmić" kod Bijeljine od strane "Geoinženjeringa" iz Sarajeva. Ona su se sastojala od: 100 geolektričnih sondi rasporedjenih duž 10 profila; 12 istražnih, pijezometarskih bušotina dubine po 10 m i 21 istražne bušotine dubine 30-40 m; ispitivanja filtracionih karakteristika povlatnog glinovitog polupropusnog sloja iznad šljunkova; izbušena su i dva istražno-eksploataciona bunara sa pratećim pijezometrima i izvršeno njihovo testiranje. Na osnovu rezultata tih istraživanja izradjen je novi "matematički" regionalni model izdani u aluvijalnim naslagama Drine i Save na području Semberije od strane "Energoprojekta" iz Beograda (Prvulović i dr., 1987). Ovaj model se razlikovao od prethodnog iz 1981. godine po veličini računskih polja. Za potrebe kalibracije tog novog modela u toku 1985 i 1986. godine vršena su režimska osmatranja nivoa izdani na 30 pijezometara, ali se navodi da su ta merenja bila netačna (strana 6), tako da su za kalibraciju modela korišćeni samo podaci za period od 5 meseci i to ne za sve pijezometre.

Simulacija je vršena za period kontinualne ekploatacije od 30 godina kapacitetom eksploatacije od 1.200 l/s za regionalno vodosnabdevanje Semberije i za područje Ugljevika. Simulacija je pokazala da je tolika eksploatacija moguća, i da je za nju potrebno izraditi 15 novih bunara, čiji radni, pojedinačni kapacitet crpljenja treba da bude 60-80 l/s. Konstatovano je da prirodni uslovi, tj. mala debljina povlatnog sloja ne omogućuje potpunu zaštitu izdani u području izvorišta, kao i da je neophodno da se zbog odredjivanja širine zona sanitarne zaštite izvedu odredjena namenska hidrogeološka ispitivanja u cilju merenja brzine transporta zagadjivača kroz povlatni polupropusni sloj, kao i u samoj izdani.

Institut za hidrotehniku Gradjevinskog fakulteta u Sarajevu je 1990. godine izradio Studiju mera za povećanje eksploatacionih količina na Bijeljinskom izvorištu "Grmić". U njoj je dat predlog rešenja vodosnabdevanja Bijeljine pijaćom vodom u količini od 300 l/s bez analiziranja mogućnosti proširenja izvorišta u pravcu jugoistoka. Simulacija eksploatacije je izvršena na "postojećem matematičkom modelu".

Hidrogeološke karakteristike Semberije su najpotpunije prikazane u Tumaču OHGK SFRJ, list "Bijeljina" 1:100.000 (Plavkić & Stanković, 1990), čija je izrada vršena u periodu 1985-1990. godina od strane "Geoinstituta" iz Sarajeva.

Na bazi svih prethodnih studija u januaru 1992. godine završena je Studija "Podzemne vode JI dijela Semberije" od strane Instituta za hidrotehniku Gradjevinskog fakulteta iz Sarajeva (Avdagić i dr., 1992). Cilj izrade ove Studije je bio da se ocene uslovi zaštite izvorišta "Grmić" sa predlozima mera koje treba preduzeti u tom smislu. U vezi sa zaštitom ona je najkompletniji dotadašnji dokument. U toku njene izrade izvršena su merenja brzina transporta mogućih zagadjivača, koja su bila predložena u Studiji "Energoprojekta" iz 1987. godine i izradjen je katastar zagadjivača. Simulacija eksploatacije je vršena sa kapacitetima od 300 l/s, 1.200 l/s i 3.000 l/s.

Rezultati simulacije pokazali su da će sa kontinualnim kapacitetom eksploatacije od 1.200 l/s posle prve godine doći do pojave zagadjivača u izvorištu iz pravca grada, dok će posle druge godine veći deo izvorišta biti zagadjen. Sa eksploatacijom od 3.000 l/s zagadjenje izvorišta se javlja već posle 3 meseca, dok je posle godinu dana skoro celo kontaminirano. Na kraju su date granice zaštitnih zona i predlozi mera zaštite. Krajnji zaključak ove Studije je da izvorište "Grmić" treba proširivati prema selu Amajlije i da će ono uz dosledno sprovodjenje mera zaštite predstavljati sigurnu podlogu za zadovoljenje vodosnabdevanja Bijeljine. Takodje, je dato mišljenje da će kanal Drina-Dašnica promeniti hidrodinamičke uslove ali da neće imati bitnijeg uticaja na kvalitet izdanske vode u zoni izvorišta.

Najnovija studija koja se bavila zaštitom izvorišta "Grmić" završena je u junu 1995. godine od strane preduzeća "VODING-92" u saradnji sa Gradjevinskim fakultetom iz Beograda (Pokrajac, Despotović i dr., 1995). Cilj njene izrade je bio da se dodje do "modela strujanja podzemnih voda", kako bi se na osnovu njega moglo pravovremeno preventivno delovati na zaštiti izvorišta. Za te svrhe na bazi svih prethodno izradjenih studija i istraživanja izradjen je regionalni model "strujanja podzemnih voda" na području Semberije. Etaloniranje modela je vršeno na osnovu podataka iz novembra 1985. godine. Simulacija je vršena za realnu eksploataciju od 230 l/s, koja je bila u novembru 1994. godine, zatim sa eksploatacijom od 430 l/s i od 610 l/s. Po njenim autorima (strana 19) *"stvarne brzine su ključni podatak u proračunima transporta zagadjujućih materija"..."može se zaključiti da se za okolinu izvorišta "Grmić" još uvek ne raspolaže dovoljno pouzdanim podacima o stvarnim brzinama kretanja vode, na osnovu kojih se odredjuju brzine rasprostiranja zagadjujućih materija"..."Tek nakon realno utvrdjenih stvarnih brzina ima smisla terenski odredjivati koeficijent disperzije, a onda simulirati transport zagadjujućih materija"*.

Krajnji zaključak ove Studije je: *"Raspoloživi fond podataka koji se odnose na strujanje podzemne vode, a pogotovo na rasprostiranja zagadjujućih materija u okolini izvorišta "Grmić" nedovoljan je za pouzdane prognoze"*. Pošto pojedini zagadjivači iz grada već zagadjuju izvorište, to je predloženo da se najhitnije pristupi izgradnji kanalizacije za tri

ulice u njegovoj blizini i da se izmesti zatrpana divlja deponija. Zatvaranje dela izvorišta i njegovo širenje na istok su samo privremene mere koje neće rešiti problem.

2.2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Teritorija opštine Bijeljina, koja se razmatra u ovom delu Studije, predstavlja područje Semberije kao zapadni deo prostrane aluvijalne nizije Drine i Save. Istočni deo te nizije čini Mačva. Granicu izmedju ta dva dela predstavlja reka Drina (slika 1).

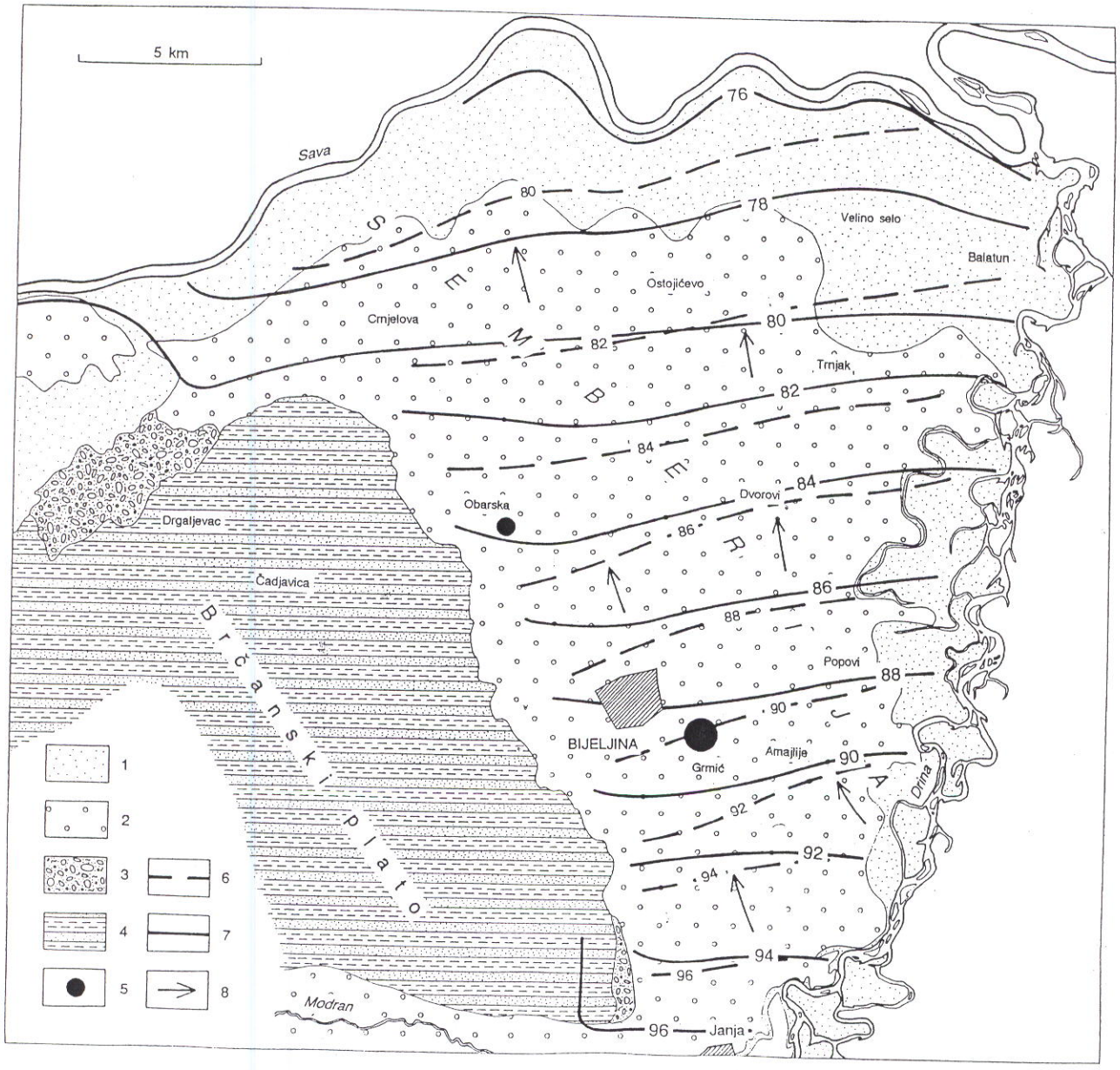
Površina Semberije iznosi oko 400 km^2. Ona je ustvari aluvijalna ravan koja je blago nagnuta prema SI, tj. prema Drini i njenom ušću u Savu (slika 2.1). Nadmorska visina najviših, tj. južnih i zapadnih delova Semberije je oko 110 m.n.v., a najnižih oko ušća Drine oko 80 m.n.v.

Semberija, kao savremena aluvijalna ravan postala je u toku postglacijalnog erozionog procesa reke Drine pri čemu je razorena starija terasa čiji se ostaci nalaze na njenom zapadnom i JZ obodu.

Površ aluvijalne ravni Semberije ima kontinualan pad prema SI, ali se u njoj mogu uočiti tri slabo izražene Savske terase. One su nastale u toku pomeranja Save u pravcu severa usled intenzivne akumulacije rečnog nanosa Drine. Najstarija od ovih terasa nalazi se u južnom delu Semberije, tj. južno od pravca M. Obarska-Dvorovi i ima nadmorsku visinu od 100-90 m. Srednja-druga terasa Save prostire se severno od pravca M. Obarska-Dvorovi do pravca Burum-Ostojićevo-Balatun. Njena nadmorska visina je od 90-82 m. Najniža, tj. najmladja Savska terasa ima nadmorsku visinu manju od 82 m i prostire se severno od pravca Burum-Ostojićevo-Balatun pa do reke Save izmedju Buruma i ušća Drine.

Zapadni obod Semberije, koji se pruža duž pravca Janja-Bijeljina-Dragaljevac u geomorfološkom smislu čini "Brčanski plato" (slika 2.1). On predstavlja prostranu zaravan, odnosno jezersku terasu na nadmorskoj visini od 200-100 m, koja je blago nagnuta prema istoku i severu. Istočni deo "Brčanskog platoa" do pomenute granice sa Semberijom čini deo njenog sliva i ima površinu od oko 185 km^2.

Semberija je sa hidrogeološke strane odavno poznata, zajedno sa Mačvom, kao područje sa veoma velikom količinom kvalitetnih izdanskih voda u aluvijalnim sedimentima Drine i Save, koje se mogu koristiti za piće i druge svrhe. Prema postojećim regionalnim hidrogeološkim rejonizacijama Semberija predstavlja "Posavski hidrogeološki rejon" (Plavkić i dr., 1990). On se prostire do dubine od oko 250-300 m i zahvata sedimente kvartara i pliopleistocena.



Slika 2.1. **Pregledna hidrogeološka karta Semberije** (Plavkić i dr., 1990)
(1-recentni aluvijalni šljunkovito-peskoviti dobro vodonosni sedimenti; 2-terasni (t_2) aluvijalni veoma dobro vodonosni šljunkovi; 3-terasni (t_1) slabije vodonosni šljunkovi; 4-pliokvartarni slabo vodonosni peskoviti sedimenti u smenjivanju sa glinovitim sedimentima; 5-postojeća izvorišta izdanskih voda za centralizovano vodosnabdevanje; 6-hidroizohipse prosečnog višegodišnjeg maksimalnog nivoa freatske izdani u terasnim (t_2) i recentnim aluvijalnim sedimentima; 7-hidroizohipse prosečnog višegodišnjeg minimalnog nivoa freatske izdani u terasnim (t_2) i recentnim aluvijalnim sedimentima; 8-pravac kretanja voda freatske izdani)

2.2.1. Litološki sastav vodonosnih pliokvartarnih i kvartarnih sedimenata

Unutar vodonosnih sedimenata Semberije do dubine od 300 m po litološkom sastavu mogu se izdvojiti dva kompleksa. Prvi, mladji, sačinjavaju sedimenti kvartarne starosti, tj. klastični aluvijalni sedimenti Drine. Drugi, stariji, koji leži ispod prvog kompleksa sačinjavaju, takodje, klastični rečno-jezerski sedimenti pliocensko-kvartarne starosti.

Podlogu vodonosnim seimentima na celom području Semberije čini kompleks vodonepropusnih laporovitih glina i lapora donjeg pliocena.

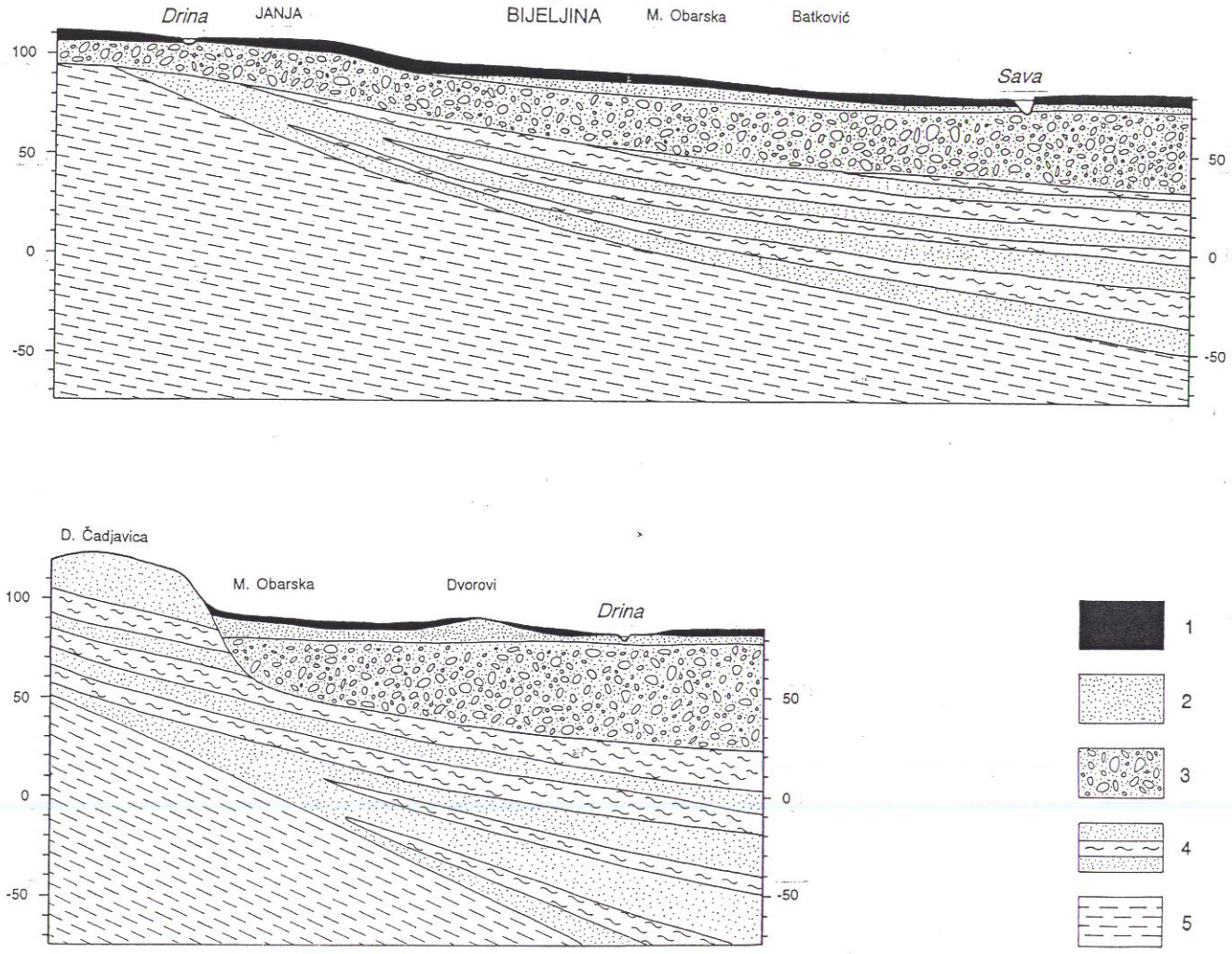
Prvi kompleks-aluvijalni sedimenti pleistocenske i holocenske starosti ($Q_I^1+Q_I^2$). Prvi kompleks od aluvijalnih sedimenata Drine sačinjen je od šljunkova i peskova sa ilovačama i barskim glinama. Njegova debljina povećava se generalno u pravcu jug-sever (30-60 m) i od zapada prema istoku (10-50 m). Drugim rečima, kompleks aluvijalnih sedimenata pada prema severu i SI. Njegova donja granica u južnom i JZ delu Semberije nalazi se na nadmorskoj visini od 80-70 m, a na SI delu na nadmorskoj visini od 20-15 m.

Unutar aluvijalnih sedimenata prisutna su dva litološka člana:

1. Gornji, mladji, koji čini površ terena Semberije, sačinjavaju aluvijalne ilovače i barske gline, odnosno peskovite gline i prašinasti peskovi, koji u genetskom pogledu predstavljaju sedimente povodnja. Debljina ovog člana je do 7 m. Najveća, 5-7 m, je oko Velinog sela i severno od D. Crnjelova, 5-6 m. Najmanja je na području Dvorova i Trnjaka, tj. izmedju Amajlija i Bijeljine, gde je u proseku samo oko 0,5 m, a mestimično sasvim izostaje (slika 2.2). I ovaj član, takodje, kao i ceo kompleks, ima pad prema severu, od nadmorske visine oko 96 m na južnom delu terena, pa do nadmorske visine od oko 75 m ispod Save.

2. Donji, stariji član, koji je hidrogeološki najznačjniji, a koji leži ispod prethodno opisanog člana, sačinjavaju šljunkovi različite granulacije, od sitnozrnih do veoma krupnozrnih, uglavnom krupnozrni, sa sadržajem peskovite frakcije do 20 %. Duž zapadne granice, tj. duž oboda Semberije (Janja-V.Obarska-M.Obarska) u šljunkovima su česti proslojci ilovača i glina. Slična situacija je i na krajnjem južnom delu, gde su u području Janja-Petlovača šljunkovi dosta zaglinjeni, kao i u području D.Crnjelova (Plavkić i dr., 1990).

   Debljina šljunkova je različita. Najmanja je kod Janje, oko 15 m, a najveća u centralnom delu Semberije. Na području Bijeljine debljina šljunkova je oko 40 m. Prema Amajlijama i prema Ostojićevu ona se povećava i iznosi 40-50 m. U tom području šljunkovi su više peskoviti i sadrže retke proslojke glina i ilovača. Istočno od pravca Amajlije-Ostojićevo debljina peskovitih šljunkova se povećava na oko 60 m. Sočiva ilovača i glina su retka i nisu deblja od 1 m. Prema D. Crnjolevu debljina peskovitih šljunkova je oko 30 m.



Slika 2.2. **Hidrogeološki preseci terena Semberije**
(1-glinoviti slabo vodopropusni aluvijalni-kvartarni terasni (t_2) sedimenti; 2-peskoviti dobro vodopropusni aluvijalni kvartarni terasni (t_2) sedimenti; 3-pretežno šljunkoviti veoma dobro vodopropusni aluvijalni kvartani terasni (t_2) sedimenti; 4-pliokvartarni peskovito-glinoviti jezerski sedimenti-kompleks hidrogeoloških izolatora i kolektora; 5-pliocenske gline-podinski izolator)

U severnom delu Semberije, tj. u području najmladje Savske terase šljunkovi prelaze u krupnozrne peskove koji su mestimično šljunkoviti. Njihova debljina je 20-30 m.

Na gradskom području Bijeljine istražnim bušenjem i geofizičkim ispitivanjima utvrdjen je sledeći litološki sastav aluvijalnih kvartarnih sedimenata, tj. prvog kompleksa:

1. Prvi član po dubini od površi terena čine smedje gline sa prašinastim i sitnozrnim peskom ujednačene granulacije. Njihova debljina je od 1-4 m;

2. Drugi član čine vodonosni šljunkovi različite granulacije, od sitnozrnih do krupnozrnih, debljine 14-20 m. Sadržaj peskovite frakcije u njima je oko 10 %. Zrna šljunka su najvećim delom od krečnjaka i peščara. Kvarcna i rožnačka su manje zastupljena. Zaobljenost zrna je veoma dobra. U ovim čistim šljunkovima javljaju se proslojci i sočiva zaglinjenog srednjezrnog šljunka.

Treći član, koji leži ispod aluvijalnih šljunkova predstavljaju paludinski peskovito-glinoviti srednjezrni šljunkovi prečnika zrna 2-4 mm (drugi kompleks).

Drugi kompleks-rečno-jezerski sedimenti. Drugi kompleks klastičnih vodonosnih sedimenata rečno-jezerskog porekla sačinjen je od peskova, šljunkovitih peskova i sitnozrnih šljunkova u smenjivanju sa ilovačama i glinama. Njegova starost je pliopleistocenska (Pl,Q). Na najvećem delu Semberije stene ovog kompleksa leže ispod prethodno opisanog kompleksa kvartarnih aluvijalnih sedimenata. U južnom delu Semberije (Glavičko polje) sedimenti drugog kompleksa nisu prisutni zato što su potpuno erodovani. Zbog toga kvartarni aluvijalni sedimenti (prvi kompleks) leže preko donjepliocenskih glina, koje čine njegovu podlogu na ostalom delu Semberije (slika 2.2). Geofizičkim ispitivanjima duž profila D. Čadjavica-Bijeljina-Popovi i Burum-Velino Selo-Drina konstatovano je da se debljina sedimenata drugog kompleksa povećava od zapada prema istoku. U području V.Obarske ona je 20-25 m, kod Amajlije 40-45 m, kod D. Crnjelova 100 m, a kod Popova 30-40 m. Istočno od Velinog Sela je oko 125 m, a najveća je u području ušća Drine u Savu, gde iznosi oko 200 m (Avdagić i dr., 1992; Plavkić i dr., 1990).

Unutar drugog kompleksa smenjivanje peskova, glina i sitnozrnih šljunkova je složeno, odnosno vrši se ne samo u vertikalnoj, već i u horizontalnoj ravni, tj. bočno. Peskovi su uglavnom sitnozrni, ali je njihova zaglinjenost mala. Dubljim bušotinama u području D.Čadjavice konstatovano je u ovom kompleksu nekoliko slojeva krupnozrnog peska i peskovitog šljunka debljine 3-8 m. Prvi se nalazi u intervalu dubine od 50-80 m, drugi u intervalu 110-140 m, treći u intervalu 160-170 m, a četvrti na dubini oko 200 m (Plavkić i dr., 1990).

Podloga. Podlogu sedimentima drugog kompleksa čine donjopliocenske gline,lapori i

podredjeno peskovi.

2.2.2. Hidrogeološki kolektori i izolatori

Hidrogeološke karakteristike kvartarnih, pliopleistocenskih i pliocenskih sedimenata na području Semberije i zapadno od nje, na ostalom delu teritorije Opštine Bijeljina, direktna su posledica njihovog litološkog sastava. Na osnovu njega se može zaključiti da kvartarni sedimenti imaju veoma dobru kolektorsku ulogu, a da pliocenski sedimenti u njihovoj podlozi imaju dobru izolatorsku ulogu. Što se tiče pliopleistocenskih sedimenata, unutar njih peskovi i šljunkovi imaju kolektorsku ulogu, ali je ona zbog male debljine ograničena. U obimu kvartarnih aluvijalnih sedimenata barske gline i ilovače, koje leže preko čistih šljunkova, imaju relativnu izolatorsku ulogu. Prema tome, na celom području Semberije glavni hidrogeološki kolektor do dubine od oko 250-300 m predstavljaju šljunkovi iz prvog litološkog kompleksa. Peskovi i šljunkovi iz drugog litološkog kompleksa imaju manji značaj. On se pruža i na područje Mačve, odnosno ima prostranstvo od oko 1000 km^2. Svi prikazani kvartarni i pliokvartarni sedimenti po svojim opštim hidrogeološkim karakteristikama predstavljaju jedan hidrogeološki kompleks složenih filtracionih karakteristika zbog različitog granulometrijskog sastava.

U SZ delu Semberije prosečna vrednost koeficijenta filtracije šljunkovito-peskovitih sedimenata, odnosno glavnog dela izdvojenog kolektora je $10 \cdot 10^{-6}$ m/s. U severnom delu Semberije, tj. u blizini reke Save prosečne vrednosti tog parametra se kreću od $0{,}08 \cdot 10^{-3}$ m/s (Marković polje), do $0{,}15 \cdot 10^{-3}$ m/s (Burum). Na području Obarske vrednosti koeficijenta filtracije su $2{,}43 \cdot 10^{-3}$ m/s. One su najveće u centralnom delu Semberije prema Drini, i iznose od $1 \cdot 10^{-3}$-$4 \cdot 10^{-3}$ m/s, a efektivna poroznost šljunkova je od 24-27 % (Plavkić i dr., 1990).

Vrednosti koeficijenta filtracije pliokvartarnih peskova i šljunkovtih peskova odredjene na osnovu granulometrijskih analiza su od $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ - $0{,}05 \cdot 10^{-3}$ m/s. Zaglinjeni delovi u ovom kompleksu imaju male vrednosti koeficijenta filtracije, $<0{,}1 \cdot 10^{-6}$ m/s (Plavkić i dr., 1990), odnosno $<1 \cdot 10^{-9}$ m/s (Avdagić i dr, 1992).

Ilovače i barske gline, koje leže preko vodonosnih aluvijalnih šljunkova, tj. preko glavnog kolektora, imaju niske vrednosti koeficijenta filtracije $<0{,}1 \cdot 10^{-9}$ m/s (Avdagić i dr., 1992).

Donjopliocenski glinovito-laporoviti sedimenti, koji čine podlogu pliokvartarnim i (kvartarnim sedimentima) imaju izrazita izolatorska svojstva. Njihov koeficijent filtracije je $< 1 \cdot 10^{-9}$ m/s (Plavkić i dr., 1990).

Prema tome, na području Semberije prisutan je sledeći hidrogeološki stub:

Povlatni izolator: aluvijalne ilovače i barske gline kvartarne starosti

Kolektor : aluvijalni šljunkovi kvartarne starosti i pliokvartarni peskovi

Podinski izolator: gline i lapori gornjopliocenske starosti

Dati hidrogeološki kolektor ima najvećim delom funkciju rezervoara, čija je zapremina velika. Ona iznosi oko $10,8 \cdot 10^9$ m^3 za njegov gornji deo od aluvijalnih šljunkova (D=45 m, P=240 km^2). Zapremina njegovog pornog agregata za vrednost efektivne poroznosti od 25 % iznosi oko $2,7 \cdot 10^9$ m^3. Za kolektore u pliokvartarnim sedimentima nema egzaktnih podataka pa zbog toga ovakav proračun nije prikazan.

2.2.3. **Izdani**

Na teritoriji opštine Bijeljina prisutno je više izdani pijaćih voda koje se koriste za vodosnabdevanje. Najveća od njih, a samim tim i najznačajnija je velika freatska izdan Semberije formirana u aluvijalnim šljunkovima kvartarne starosti (prvi litološki kompleks). Druga izdan je formirana u pliokvartarnim, tj. pliopleistocenskim sedimentima koji leže ispod kvartarnih sedimenata. Ona je složena, veoma razudjena kako po dubini, tako i u horizontalnoj ravni. Neki istraživači smatraju da je ova izdan u hidrauličkoj vezi sa freatskom izdani, koja leži iznad nje. Drugim rečima, freatska izdan u kvartarnim šljunkovima predstavlja gornji deo, a izdan u pliopleistocenskim peskovima donji deo zbijene izdani Semberije (Plavkić i dr., 1990). Po našem mišljenju egzaktnih dokaza za ovu tvrdnju još nema dovoljno.

Treća izdan je formirana na teritoriji Opštine zapadno od Semberije, tj. zapadno od aluvijalne ravni u području D.Magnojevića. Ona se nalazi u kvartarnim terasnim (t_2) šljunkovima, ali nije u hidrauličkoj vezi sa freatskom izdani. Njeno prostranstvo je malo i ima lokalni značaj.

FREATSKA IZDAN. Na celom području Semberije u kolektoru od kvartarnih šljunkova prisutna je velika freatska ili "zbijena" izdan, koja predstavlja samo zapadni deo ogromne jedinstvene izdani, čiji se istočni deo nalazi na području Mačve.

Hidraulički mehanizam ove izdani je složen. Njen severni deo od linije D.Crnjolevo-Brodac je pod pritiskom usled "velike" debljine povlatnog izolatora (>4 m). Južno od ove linije pa do linije Obarska-Dvorovi izdan je povremeno pod pritiskom samo u vreme maksimalnih godišnjih vodostaja, dok je za vreme minimalnih vodostaja slobodna. U ostalom delu Semberije, južno od navedene linije Obarska-Dvorovi izdan je slobodna (Plavkić i dr., 1990). Pritisak izdani na povlatni izolator je od 0,3 do 6 m vodenog stuba. U toku maksimalnih vodostaja on u severnom delu Semberije pored Save prelazi vrednost od 7 m vodenog stuba. Ova pojava je posledica kretanja izdanskih voda generalno u pravcu severa i visokih vodostaja reke Save što dovodi do usporavanja kretanja izdanskih voda (Avdagić i dr., 1992). Maksimalni nivoi izdani se javljaju u periodu mart-april (ili maj), a minimalni u periodu septembar-oktobar (ili novembar). Vremenska dužina perioda u kome se vrši podizanje nivoa izdani je kraća u odnosu na

period u kome se vrši spuštanje nivoa izdani. Ova pojava je direktna posledica hidrometereoloških uslova i hidrogeoloških karakteristika terena. Najveće amplitude promena nivoa izdani su u njenom krajnjem severnom delu pored Save u pojasu širine oko 2,5 km i kreću se od 4-6 m. U području koje je udaljeno od Save 5-8 km, uticaj njenog vodostaja na nivo izdani je mnogo manji. Južna granica te zone je pravac Crnjelovo-Ostojićevo-Brodac-Balatun.

Na najvećem delu izdani glavni pravac kretanja izdanske vode diktira reka Drina. To je zbog toga što je hidraulička veza izdani sa vodom iz njenog rečnog korita direktna. Po svemu sudeći, u južnom delu Semberije, odnosno njene izdani u aluvijalnim šljunkovima, reka Drina hrani izdan, tj. rečna voda iz njenog korita se infiltrira u kolektor na deonici izmedju Janje i Amajlija. Usled toga se formira moćan izdanski tok, koji se kreće prema severu i SI, a zatim ističe u Drinu i Savu (slika 2.1). Na osnovu toga je zaključeno da je glavni prihranjivač izdani reka Drina (Plavkić & Josipović, 1987). Mora se napomenuti da je ovakav zaključak donet na osnovu posrednih metoda, tj. preko "matematičkog" modela a ne na osnovu egzaktnih istraživanja.

Uticaj padavina na prihranjivanje izdani je u celini mali zbog debljine povlatnog izolatora od ilovače i gline. Jedini izuzetak je područje Dvorovi-Amajlije-Bijeljina, zato što je debljina povlatnih glina veoma mala (<0,5 m) ili ih mestimično uopšte nema.

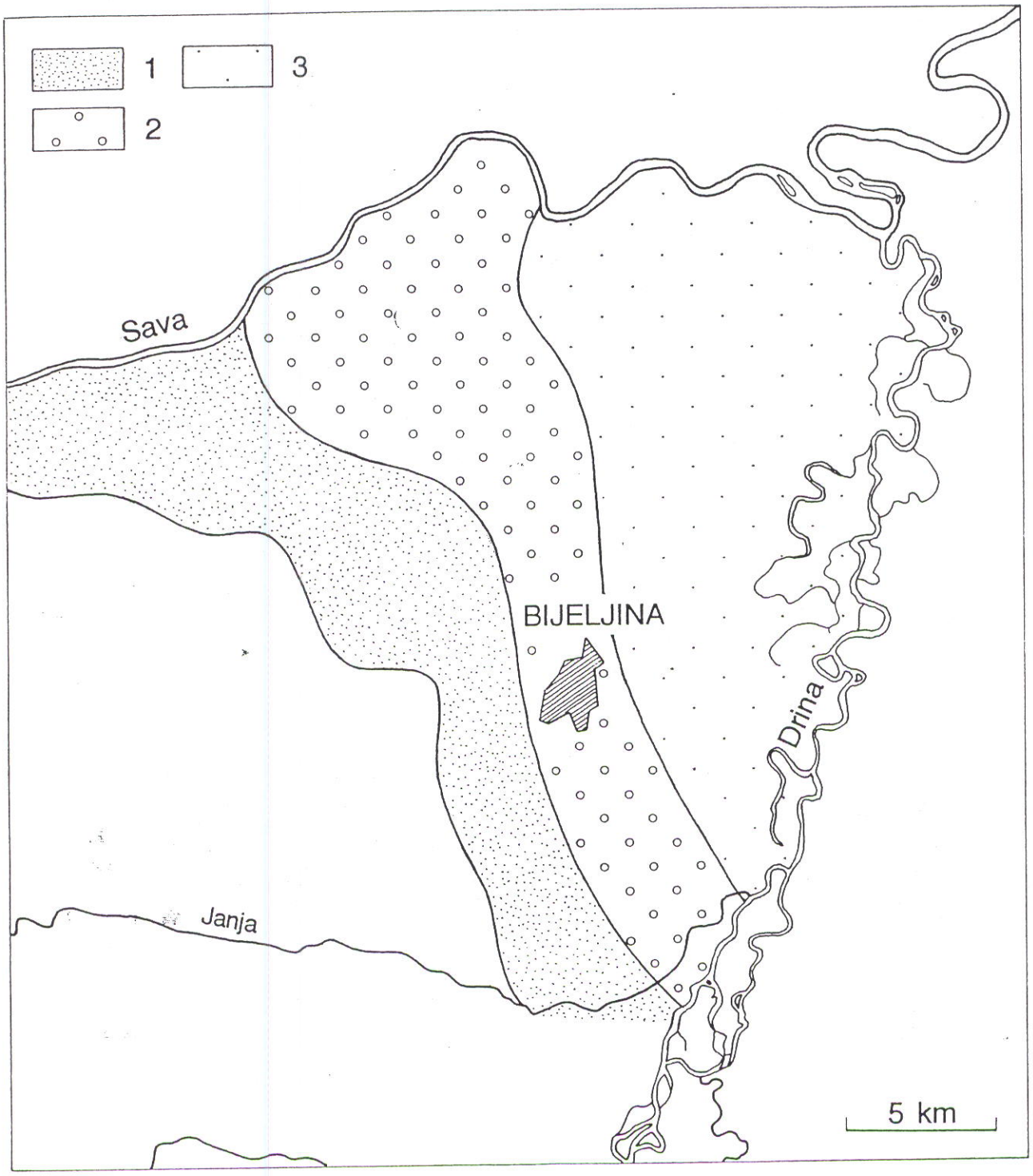
Prihranjivanje izdani u šljunkovima podzemnim doticajem voda iz drugih izdani duž njenog zapadnog i JZ oboda je nepoznato, ali je sigurno veoma malo.

Prema tome, hranjenje freatske izdani u šljunkovima na području Semberije se vrši najvećim delom iz rečnog korita Drine, a pražnjenje ili isticanje se vrši u zoni rečnih korita Save (uzvodno od ušća Drine) i donjeg toka Drine.

IZDAN U PLIOPLEISTOCENSKIM (Pl,Q) SEDIMENTIMA. Ova izdan je nesumnjivo prisutna u peskovima i šljunkovitim peskovima koji su po dubini razdvojeni glinama. Na osnovu izvedenih istražnih bušotina do dubine od 250 m može se zaključiti da se smenjivanje peskova i glina vrši i bočno, tako da je zbog toga i izdan razgranata, odnosno dobijaju se indikacije da se radi o jedinstvenoj uzdani (Plavkić i dr., 1990). Po ovim autorima velika razudjenost izdani je uzrok različitih arteskih pritisaka u različtim delovima terena na istoj dubini.

Arteski pijezometarski nivo javlja se u delovima terena ispod kote +105 m. Dubine do delova izdani sa arteskim pijezometarskim nivoom su različite, odnosno povećavaju se od zapadnog oboda Semberije prema istoku i SZ. U vezi s tim mogu se izdvojiti tri područja (slika 2.3).

Prvo područje se prostire zapadno od linije Janja-D. Dragaljevac. U njemu je dubina do arteskog dela izdani od 80-100 m.



Slika 2.3. **Karta približne dubine arteske izdani u pliokvartarnim sedimentima** (Avdagić i dr., 1992.) (1-područje u kome je dubina arteske izdani od 80-100 m; 2-područje u kome je dubina arteske izdani od 100-150 m; 3-područje u kome je dubina arteske izdani od 150-200 m)

Drugo područje obuhvata centralni deo Semberije i proteže se od Drine (istočno od Janje) pa preko Bijeljine do G. Crnjoleva, kao istočne granice, pa do linije Janja-D. Dragaljevac, kao zapadne granice. Dubina do arteskog dela izdani u ovom području je od 100-150 m.

Treće područje je najrasprostranjenije i zauzima SI deo terena. U njemu se arteski deo izdani nalazi na dubini od 150-200 m.

Na osnovu rezultata koji su dobijeni izradom "arteskih" bušotina (Plavkić i dr., 1990) može se zaključiti da je debljina "slojeva" sa kolektorskim svojstvima mala (2-3 m), kao i da ukupno iznosi od 5-10 % od ukupne debljine pliopleistocenskog kompleksa. Ova činjenica ukazuje da razudjenost izdani u njemu nije velika, odnosno da postoji mogućnost da se radi o zasebnim arteskim horizontima ili posebnim izdanima. Zbog toga je otvoreno pitanje postojanja hidrauličke veze izmedju po Plavkić i dr.(1990) "donjeg" dela izdani sa "gornjim" delom izdani u aluvionu, odnosno po našem mišljenju radi se o dvema odvojenim izdanima.

IZDAN U KVARTARNIM TERASNIM (t_2) SEDIMENTIMA. Ova izdan ima malo prostranstvo, tj. ona je ograničena prostranstvom terasnih (t_2) sedimenata (slika 2.1), ima lokalni značaj za selo D.Dragaljevac. Izdan je sa slobodnim nivoom a prihranjuje se padavinama i poniranjem voda sa "Brčanskog platoa".

2.2.4. **Hemijski sastav izdanskih voda**

Hemijski sastav voda opisanih izdani na području opštine Bijeljina, odnosno Semberije je direktna posledica hidrogeoloških karakteristika terena (dubina kolektora, hidraulički mehanizam i uslovi hranjenja i isticanja voda iz izdani). U ovom prikazu korišćeni su rezultati ranijih ispitivanja hemijskog sastava. Što se tiče mikrobiološkog, odnosno bakteriološkog sastava izdanskih voda, on se ispituje samo unutar izvorišta "Grmić". Za ostala izvorišta, odnosno vodozahvatne objekte nije poznato da se takva ispitivanja vrše.

Kvalitet voda freatske izdani u aluvijalnim sedimentima Semberije. Hemijski sastav voda ove izdani pokazuje jasnu zakonitost, tj. promene u iznosu ukupne mineralizacije. Deo izdani u kome vode imaju najveću ukupnu mineralizaciju u odnosu na njene druge delove, nalazi se u području severnog dela Semberije, tj. izmedju reke Save i linije Magnojević-Vršani-Gornje Crnjelovo-Brodac-Balatun. Ona u ovom području iznosi od 1000-1700 mg/l. Deo izdani u kome njene vode imaju najmanju ukupnu mineralizaciju (330-700 mg/l) nalazi se ispod centralnog dela Semberije. Unutar njega registrovane su zone najniže ukupne mineralizacije: Amajlije 380-450 mg/l, Batković 334 mg/l i Obarska 380 mg/l (Plavkić i dr., 1990). Po Avdagiću i dr. (1992) deo izdani sa najvećom mineralizacijom nalazi se severno od linije Ostojićevo-Brodac-Medjaši. Ona iznosi od 700-1300 mg/l. Maksimalne vrednosti ukupne mineralizacije po ovim autorima registrovane su na području Brodac-Velino selo. Takodje, po njima, vode u obodnom

zapadnom delu izdani imaju povišenu ukupnu mineralizaciju, koja iznosi od 700-1000 mg/l.

Po anjonskom sastavu sve vode su hidrokarbonatne, a po katjonskom kalcijumske. Po sadržaju zatim slede Na^+, Cl^-, Mg^{2+} i SO_4^{2-} (Avdagić i dr., 1992). Po Plavkić i dr. (1990) redosled ostalih anjona je sledeći: Mg^{2+}, SO_4^{2-} i Na^+. Konstatovano je da postoji veza izmedju sadržaja pojedinih jona i ukupne mineralizacije. Pri većoj mineralizaciji sadržaj Ca^{2+} i HCO_3^{2-} je mnogo veći od sadržaja ostalih jona. U vodama najveće mineralizacije veći je sadržaj Mg^{2+} i SO_4^{2-} jona. Vode sa mineralizacijom manjom od 500 mg/l često imaju povećan sadržaj Mg^{2+}, Na^+, Cl^- i SO_4^{2-}. U tim delovima izdani vode zbog jonske razmene prelaze iz HCO_3-Ca tipa u hloridne, sulfatne ili "mešane" tipove Ca, Na, Mg ili "mešane" klase (Avdagić i dr., 1992).

Sadržaj mikroelemenata je takodje usko direktno povezan sa mineralizacijom. U vodi iz svih delova izdani uvek su prisutni Sr, Ba, Cd, J, Br, Al, Si, Cr, Vn, Mo, Ni, Cu i Zn.

Konstaovano je da postoje i promene u hemijskom sastavu voda po dubini izdani. Ova pojava je prisutna u delovima izdani gde je njena debljina oko 30 m, kao što je slučaj u Crnjelovu. Tu je utvrdjeno da se ukupna mineralizacija povećava oko 100 mg/l pri povećanju debljine izdani od 17 m (Avdagić i dr., 1992).

Kvalitet voda sapete izdani sa arterskim nivom formirane u pliopleistocenskim sedimentima. Ove vode se razlikuju po hemijskom sastavu od voda freatske izdani. Glavna odlika njihovog hemijskog sastava je povećan sadržaj $Na^+ + K^+$ jona, tako da su zbog toga one Na+K-Ca-HCO_3 tipa (Plavkić, 1990). Ostali podaci o hemijskom sastavu voda ove izdani nisu poznati.

2.3. KORIŠĆENJE IZDANSKIH VODA

Vode prethodno opisanih izdani intezivno se koriste za piće, i druge svrhe, odnosno za potrebe vodosnabdevanja.

Korišćenje voda freatske izdani. Vode ove izdani počele su da se koriste odavno kopanim bunarima. Prvi bušeni bunari izradjeni su 1958. godine.

Organizovano vodosnabdevanje započelo je 1961. godine formiranjem izvorišta "Grmić" sa 10 bušenih bunara za potrebe Bijeljinskog vodovoda (slika 2.1). Ovo izvorište se danas sastoji od 13 bunara rasporedjenih u vidu pravolinijskog bunarskog polja povezanih sistemom natege. Sadašnji kapacitet eksploatacije je oko 430 l/s. Pored Bijeljine, iz izvorišta "Grmić" snabdevaju se još: Janja, Kojčinovac, Čardačine, Ljeskovac, Patkovača, Pučila, Amajlije, Popovi i Dvorovi. Osim vodosnabdevanja stanovništva vodom za piće, voda iz Bijeljinskog vodovoda koristi se u industrijske, a delom i u poljoprivredne svrhe. Prema dugogodišnjoj projekciji vodosnabdevanja potrebe za vodom

iz izvorišta "Grmić" će do 2020. godine narasti na oko 1200 l/s, usled širenja i spajanja navedenih naselja i uključivanja bližih opština (Ugljevik) u jedinstven vodovodni sistem. Po ranijim projekcijama (1990. god.) kapacitet eksploatacije bi 2005. godine trebao da iznosi 600 l/s, medjutim zbog rata i povećanja broja stanovnika, sasvim je sigurno da je projektovana brzina porasta kapaciteta eksploatacije premašena.

Količina od 1200 l/s kao projektovani kapacitet eksploatacije je uzimana kao merodavna za simulaciju u svim "matematičkim modelima" u ranijim studijama (Prvulović i dr.,1987; Avdagić i dr.,1992; Pokrajac i dr., 1995.). U studiji čiji su autori Avdagić i dr., (1992.) analizirana je i mogućnost eksploatacije kapacitetom 3000 l/s. Sve ove varijante različitih, velikih kapaciteta eksploatacije na osnovu izvedenih modelskih simulacija su se pokazale kao realne u pogledu količina, ali su problematične u pogledu zaštite celog izvorišta, a naročito njegovog najproduktivnijeg dela.

Drugo po veličini izvorište nalazi se na području Obarske. Eksploatacija iz njega se vrši za potrebe šećerane kapacitetom od 100 l/s i to samo u sezoni prerade šećerne repe. Stanovništvo naselja koja nisu priključena na Bijeljinski vodovod koristi izdanske vode za piće i pojenje stoke pomoću kopanih bunara. U poljoprivrednoj (letnjoj) sezoni izdanske vode freatske izdani se koriste i za navodnjavanje pomoću primitivnih bunara ("pumpi") dubine 7-8 m.

Korišćenje voda arterske izdani u pliopleistocenskim sedimentima. Vode iz ove izdani se koriste pomoću takozvanih "arterskih bunara", tj. bušotina sa njihovim samoizlivom. Zadnjih godina došlo je do izrade mnogo bušotina sa takvom namenom, ali na nestručan način od strane priučenih lica ("privatnih majstora") što je veoma opasno u pogledu zaštite ove i freatske izdani. Takva nekontrolisana, niti na bilo koji način sankcionisana aktivnost, je naročito izražena u području Magnojevića, Dragaljevca, Vršana, Crnjelova, Čadjavice i Brodca (Plavkić i dr., 1990).

Korišćenje voda iz zbijene izdani u kvartarnim terasnim (t_2) sedimentima u području "Brčanskog platoa". U ovom delu Opštine vodosnabdevanje stanovništva je veoma otežano, jer se korišćenje izdanskih voda vrši samo pomoću kopanih bunara, odnosno nema nijednog javnog vodovoda, niti organizovanog izvorišta.

2.4. REZERVE IZDANSKIH VODA

Na teritoriji Opštine Bijeljina prisutne su tri izdani čije se vode koriste za piće i druge svrhe. Nijedna od ovih izdani nije istražena u potrebnoj meri. Najviše je istražena najveća i za sada najznačajnija od njih, tj. freatska izdan u aluvijalnim šljunkovito-peskovitim sedimentima Drine i Save. U vezi sa tim, nisu ni rezerve vode u ovim izdanima odredjene podjednako, odnosno stepen njihovog poznavanja je neujednačen. Najbolje su poznate rezerve vode u freatskoj izdani.

Rezerve vode u freatskoj izdani. Ocena rezervi izdanskih voda je krajnji cilj svakvih hidrogeoloških istraživanja. Samim tim, ona se može vršiti na osnovu svakog stepena istraženosti, posle svake faze israživanja. Kada je reč o freatskoj izdani Semberije, ocena rezervi njenih voda, s obzirom na obim izvedenih istražnih radova, može se izvesti na zadovoljavajići način za odredjeno trenutno (stacionarno) vreme, ali bez uzimanja kvaliteta u obzir. Drugim rečima, količinu vode u izdani je moguće odrediti i prognozirati njene promene u toku budućeg vremena, ali promene kvantiteta i kvaliteta ne mogu se prema sadašnjoj situaciji ugroženosti izdani i još nedefinisanom uredjenju prostora Semberije odrediti na potreban način.

Ocena rezervi freatske izdani Semberije je vršena više puta do sada na osnovu simulacionih "matematičkih" modela. Svi ovi modeli radjeni su od stručnjaka različitih institucija i preduzeća ("Energoprojekt" iz Beograda, Gradjevinski fakultet iz Sarajeva, "Voding" iz Beograda) u različitim vremenskim periodima (1987, 1992, 1995) na osnovu istih, nedovoljno pouzdanih podloga, za isto, centralno područje izdani, i kao najvažnije, od strane timova stručnjaka gradjevinske struke u kojima je učešće hidrogeologa bilo minimizirano, ili ih uopšte nije bilo. Zbog svega toga nije izradjen nijedan hidrogeološki model terena aluvijalnih terena Semberije, odnosno njene freatske izdani.

Bez obzira na sve to, na izradjenim "matematičkim" modelima vršena je simulacija eksploatacije u području formiranog izvorišta "Grmić" sa zadanim kapacitetom od 1.200 l/s, do kojeg se došlo na osnovu prognoze potreba za vodom u području Bijeljinskog vodovoda i u području Ugljevika (Hidrosanitas, 1982) za period do 2020 godine. Svi modeli su pokazali da je toliki kapacitet eksploatacije moguć. S obzirom da istočnu "granicu" modela, odnosno glavnu zonu prihranjivanja izdani predstavlja reka Drina, vršena je simulacija i sa kapacitetom eksploatacije od 3.000 l/s, koji se, takodje, pokazao kao moguć.

Na osnovu svih tih podataka i podataka o sadašnjem kapacitetu eksploatacije izvorišta "Grmić" i izvorišta Fabrike šećera u V. Obarskoj, može se dati ocena eksploatacionih rezervi voda freatske izdani Semberije na sadašnjem stepenu istraženosti:

Rezerve A kategorije:	530 - 700 l/s
Rezerve B kategorije:	1.300 - 1.500 l/s
Rezerve C_1 kategorije:	3.000 l/s

Statičke ili stalne rezerve izdanskih voda iznose oko 3.040×10^6 m^3, a dinamičke ili obnovljive oko 137×10^6 m^3 (Plavkić i dr., 1990), odnosno oko 4,5 % od statičkih rezervi.

Rezerve voda u arterskoj izdani u pliopleistocenskim sedimentima. Ova izdan je mnogo manje izučena od freatske izdani. Kao najvažnije, nije dovoljno poznat njen hidraulički mehanizam i prostorne karakteristike, odnosno njena hidraulička veza sa freatskom izdani. Zbog toga se njene rezerve ne mogu dati sa istom tačnošću kao rezerve freatske

izdani, već samo kao preliminarna ocena.

Eksploatacione rezerve ove izdani iznose (A kategorija), odnosno procenjuju (B, C_1, kategorije) se na:

Rezerve A kategorije:	25 l/s
Rezerve B kategorije:	40 l/s
Rezerve C_1 kategorije:	71 l/s

Statičke ili stalne rezerve ove izdani je teško odrediti zbog napred iznetih razloga. Dinamičke ili obnovljive se procenjuju na oko 130 l/s.

Rezerve voda u izdani u kvartarnim terasnim sedimentima "Brčanskog platoa". Ova izdan je najsiromašnija vodom i najmanje poznata. Njene vode se isključivo koriste pomoću kopanih bunara. S obzirom da su to statični hidrogeološki objekti, i da se ne poznaje njihov broj, to se eksploatacione rezerve ne mogu proceniti sa zadovoljavajućom tačnošću. Medjutim, za sada ova izdan je veoma važna za lokalno stanovništvo koje se isključivo iz nje snabdeva pijaćom vodom.

* * *

Na osnovu svega napred iznetog može se zaključiti da je na teritoriji opštine Bijeljina vodom najbogatija i sa stanovišta vodosnabdevanja najznačajnija freatska izdan Semberije u kvartarnim aluvijalnim sedimentima. Po rezervama ona je praktično jedina izdan na osnovu koje se može planirati vodosnabdevanje stanovništva cele Opštine pijaćom vodom. Zbog toga, kao i zbog njene velike ugroženosti, treba joj dati posebnu i najveću moguću zaštitu u odnosu na sve druge prirodne resurse na teritoriji opštine Bijeljina. Neracionalno, odnosno neekološko gazdovanje ovim resursom odvešće celo područje u ekološku katastrofu.

2.5. STEPEN ISTRAŽENOSTI IZDANI

Iz pregleda ranijih istraživanja se vidi da su izdani pijaćih voda na teritoriji opštine Bijeljina neravnomerno istražene. Pored toga, može se zaključiti da su one i nedovoljno izučene. Ovakav zaključak se odnosi i na freatsku izdan, iako je ona najbolje izučena. Razloga za takvo stanje ima više. Glavni od njih su sledeći:

1. Prva hidrogeološka istraživanja, koja su započeta 1968, godine nisu nikada završena, tj. ona nisu bila sistematska;

2. Hidrogeološka istraživanja su vršena od strane različitih istraživača, koji se zbog toga nisu pridržavali neke ranije postavljene generalne koncepcije istraživanja, koje ustvari nije ni bilo, već su radili prema drugom interesu;

3. Hidrogeološka istraživanja su bila podredjena samo potrebama Bijeljinskog vodovoda, tj. vršena su unutar izvorišta "Grmić";

4. Hidrogeološki aspekt pojave "endemske nefropatije" praktično nije izučavan, odnosno hidrogeološka istraživanja su praktično dislocirana iz područja gde je ona prisutna;

Nedostaci ranijih istraživanja su sledeći:

- nije poznato tačno prostorno prostranstvo, odnosno debljina aluvijalnih šljunkovito-peskovitih sedimenata, tj. ne postoji dovoljno tačna karta izopaha ovih naslaga kao glavnog hidrogeološkog kolektora;

- nije poznata debljina izdani, niti njena donja granica;

- nije tačno poznata debljina zaštitnog povlatnog sloja od glinovitih sedimenata koji leže preko glavnog kolektora u kome se nalazi freatska izdan;

- nisu tačno poznate filtracione karakteristike zaštitnog povlatnog sloja;

- nisu tačno poznate granice područja u kome zaštitni povlatni sloj izdani odsustvuje;

- nisu tačno poznati pravci strujanja izdanskih voda, kako u planu tako i po dubini;

- nisu tačno poznate deonice rečnog korita Drine duž kojih se vrši infiltracija, tj. hranjenje izdani;

- nije poznat hemijski i mikrobiološki sastav izdanskih voda sa dovoljnom gustinom podataka u prostoru, odnosno u horizontalnom i vertikalnom preseku, pogotovo u području naselja;

- nije poznat front zagadjenja izdani oko i ispod Bijeljine;

- nisu tačno poznate brzine kretanja izdanskih voda;

- nije utvrdjena prostorna koncentracija zagadjenja od zagadjivača do izvorišta "Grmić" kroz adekvatne bakteriološke analize u prostoru i vremenu;

- izvršenim modeliranjem u stacionarnim uslovima filtracije nisu rešeni najveći problemi u vezi zaštite izvorišta "Grmić", tip i koncentracija zagadjivača, zagadjenost izvorišta, front zagadjenja, prognoza transporta i koncentracija zagadjenja kroz prostor i vreme;

- način sadašnjeg rešavanja zagadjenja izvorišta "Grmić" od strane fekalnih voda iz pravca Bijeljine sa isključivanjem iz rada jednih bunara i izrade novih bunara je pogrešan;

- nije analiziran uticaj incidentnih zagadjenja duž budućih saobraćajnica preko područja gde je izdan sasvim otkrivena, tj. bez zaštitnog povlatnog sloja;

- lokacija "Grada na Drini" nije uzela u obzir aspekt njegovog uticaja na izdan;

- nije poznata priroda prostorne i hidrodinamičke veze izmedju freatske izdani i arteske izdani u pliopleistocenskim sedimentima;

- nisu tačno poznate hidrogeološke karakteristike pliopleistocenskih sedimenata, tj. nije poznato da li su u njihovom obimu prisutne jedna ili više arteskih izdani;

- nije poznata izotopska starost izdanskih voda i intenzitet njihove vodozamene;

- nisu poznate detaljne hidrogeološke karakteristike terena u područjima sa pojavom "endemske nefropatije";

- nisu tačno poznate eksploatacione mogućnosti iz arteske izdani u pliopleistocenskim sedimentima;

- nije analiziran uticaj incidentnih zagadjenja u slivu i koritu Drine na izdanske vode;

- nije analizirana mogućnost formiranja više izvorišta u severnom delu freatske izdani čijim radom bi se ubrzala vodozamena, tj. dotok svežih voda manje mineralizacije iz južnih delova izdani;

- nisu analizirani efekti intenzivnog razvoja poljoprivredne proizvodnje i njenog uticaja na zagadjenje freatske izdani.

2.6. UGROŽENOST IZDANI OD ZAGADJIVANJA

2.6.1. Ugroženost freatske izdani

Freatska izdan Semberije predstavlja najznačjniju i najveću prirodnu akumulaciju pijaćih voda na teritoriji opštine Bijeljina. Zbog toga, kao i zbog prirodno nepovoljnih hidrogeoloških karakteristika terena u pogledu zaštite njenih voda, ugroženost ove izdani je veoma velika. Glavni faktori od kojih potiče ugroženost freatske izdani od zagadjivanja su sledeći:

- ograničena prirodna zaštita zbog tankog povlatnog slabo vodonepropusnog pokrivača na velikom prostranstvu, kao i njegovo potpuno odsustvo na pojedinim lokacijama;

- veliki broj sadašnjih zagadjivača od kojih najveća opasnost, odnosno ugrožavanje dolazi od fekalnih voda sa područja Bijeljine i ostalih naselja u Semberiji, jer nijedno od njih nema rešen problem kanalizacije;

- veliki broj budućih zagadjivača, koji će se javiti posle izgradnje saobraćajne infrastrukture (autoput, železnička pruga, ostali putevi) i "Grada na Drini";

- intenzivna poljoprivredna proizvodnja do čijeg intenzivnog razvoja se očekuje da će doći u bližoj budućnosti;

- direktna hidraulička veza izmedju Drine i izdani, odnosno buduće aktiviranje velikih zagadjivača u slivu Drine;

Ugroženost voda freatske izdani Semberije od različitih zagadjivača, odnosno njihova zaštita je obradjivana više puta u ranije navedenim studijama. Taj aspekt je najbolje obradjen u Studiji Instituta za hidrotehniku Gradjevinskog fakulteta iz Sarajeva (Avdagić i dr., 1992). U njoj je prvi put prikazan katastar zagadjivača na teritoriji Opštine, kao i katastar najvećih zagadjivača u slivu Drine na teritoriji RS.

Ugrožavanje izdani od fekalnih i otpadnih industrijskih voda u Bijeljini. Zagadjivači na teritoriji grada su najbrojniji. U sadašnjem vremenu oni nisu svi aktivni, ali s obzirom da je rat završen, treba očekivati da će do njihove zagadjivačke funkcije ubrzo doći. Najveći od njih su fabrika za preradu voća i povrća "Sava", koja u sezoni ispušta 75 l/s otpadne vode, i fabrika za preradu žice sa 31 l/s otpadne vode, što je zajedno više od ostale ukupne industrije Bijeljine.

Ugrožavanje izdani od voda iz kanala Dašnica. Ugrožavanje Semberijske izdani vrši se jednim delom i od voda prirodnih tokova na području Semberije, odnosno od voda koje se nalaze u napuštenim koritima. Zbog slabe vodozamene te vode, naročito u letnjem periodu, mogu biti zagadjene i javiti se kao zagadjivači izdani. Površinski tok, odnosno kanal Dašnica štiti Semberiju od poplavnih površinskih voda koje se slivaju sa njenog zapadnog oboda ("Brčanski plato"). Dubina njegovog korita iznosi 2,5-3,0 m na području Bijeljine. U sušnom periodu u njemu nema vode. Ovaj kanal ustvari ima ulogu kolektora otpadnih voda Bijeljine, pa je zbog toga potencijalni zagadjivač izdanskih voda. On to sada nije zato što je korito usečeno u povlatni sloj. Medjutim, u toku njegove predstojeće rekonstrukcije treba da se izvrši produbljivanje kanala za 1 m. Usled toga će doći do prosecanja povlatnog sloja, tako da će Dašnica postati zagadjivač izdani, jer će se stvoriti uslovi da se iz njenog korita vrši infiltracija ostalih otpadnih voda u

nadizdansku zonu. Kako će se taj proces odvijati i kakav će biti njihov uticaj na kvalitet izdanskih voda, sada je teško odgovoriti. Prema predloženim rešenjima Dašnica će biti u sklopu "Semberijskog vodoprivrednog kanala" Drina-Glogovac-Dašnica sa vodozahvatom na Drini na mestu Ada Kale nizvodno od Janje. Maksimalni proticaj kanala za potrebe navodnjavanja i kanalizacije trebalo bi da iznosi 30 m^3/s, a minimalni za potrebe kanalizacije oko 9 m^3/s. Drugim rečima, vode iz Drine bi obogaćivale kanal Dašnicu, jer će se u njega ulivati otpadne vode, kišna kanalizacija, i prečišćene fekalne vode.

Ugrožavanje izdani usled promena kvaliteta vode reke Drine. U ranijim studijama i modelima uticaj kvaliteta voda Drine na kvalitet podzemnih voda nije pouzdano obradjen. Ivesna analiza je radjena, ali sa nemerodavnim ulaznim podacima (Avdagić i dr., 1992), tako da se ona ne može uzeti u obzir. Po našem mišljenju, kvalitet voda reke Drine će uticati na kvalitet izdanskih voda, pogotovo u uslovima kada kapacitet eksploatacije bude duplo veći od sadašnjeg, naročito u letnjem periodu.

U vezi sa mogućnostima ugrožavanja Semberijske izdani od zagadjivača u slivu Drine sa teritorije Republike Srpske uzvodno od Bijeljine, one su analizirane od strane Avdagić i dr., (1992). Evidentirano je 25 industrijskih zagadjivača. Ukupno zagadjenje iz sliva na teritoriji RS po tim autorima izraženo u ekvivalentnom broju stanovnika iznosi oko 450.000 od čega ekvivalent za toksične vode iznosi oko 260.000. Što se tiče drugog dela sliva na teritoriji Jugoslavije, realno je da će broj industrijskih zagadjivača biti veći od 25, jer u njega ulazi sliv Lima i Rzava. Prema tome, realna je predpostavka da je moguće zagadjenje od svih zagadjivača Drine uzvodno od Bijeljine veće od minimalno 1.000.000 ekvivalentnih stanovnika.

Realna je predpostavka da će se svi nekadašnji veliki zagadjivači u slivu Drine sa teritorije RS, uskoro aktivirati. Za njih je karakteristična mogućnost incidentnih zagadjenja pri industrijskim havarijama različite vrste. U sadašnjim uslovima mogu se očekivati i "namerna" kvaziincidentna zagadjenja (Goražde?).

Ugrožavanje izdani od zagadjivača u seoskim naseljima. Ugroženost izdanskih voda u području seoskih naselja uopšte nije obradjivana u ranijim studijama. Ova vrsta ugrožavanja izdani ne može se smatrati bezazlenom, jer se radi o savremenim seoskim naseljima u kojima će potrošnja vode uskoro biti bliska potrošnji u gradu po stanovniku, a kanalizacija ne postoji. Zbog toga je sve češća pojava, koja je nažalost odomaćena najpre u Bijeljini i ostalim naseljima gde se vodosnabdevanje vrši iz gradskog vodovoda a nema kanalizacije, da se kopani bunari iz kojih je pre izgradnje vodovoda vršeno vodosnabdevanje, sada koriste kao septičke jame ili jame za upuštanje otpadne vode iz domaćinstava. Pored ovog vida ugrožavanja izdani, koji je najopasniji zato što je mnogobrojan i što se izrada kopanih bunara vrši do nivoa izdani, pojavljuju se novi, veliki i opasni zagadjivači. To su mini stočarske farme svinja i goveda. One su pre svega veliki potrošači čiste vode za pojenje stoke i pranje, ali i proizvodjač skoro iste količine fekalne i otpadne vode. Do njihove izgradnje će sve češće dolaziti, a problem

kanalizacije seoskih naselja nije rešen. Postojeće štale, stajnjaci, tovilišta stoke i živinarske farme u selima već ugrožavaju izdan. U velikim selima postoje veće i manje divlje deponije smeća, pa je i ovaj vid ugrožavanja veliki. Front zagadjenja od navedenih zagadjivača u seoskim naseljima se ne prati nigde, tako da nisu poznate njegove različite promene u toku vremena.

Ugrožavanje izdani od poljoprivredne proizvodnje. Ugroženost izdanskih voda od zagadjivača koji se koriste u toku poljoprivredne proizvodnje, tj. od veštačkih djubriva, pesticida i herbicida, takodje, nije poznata tako da se ne poznaje njihov režim u toku godine, pogotovo u povlatnom polupropusnom sloju i nadizdanskoj zoni. Od zagadjivača ove vrste najopasniji su nitrati iz prirodnog-stajskog i veštačkog djubriva. Njihova koncentracija u nadizdaskoj zoní se menja u toku godine, tako da u pojedinim godišnjim dobima različite količine nitrata prodiru u izdan. U vegetacionom periodu, proleće i leto, manji deo od onog, koji preko djubriva i drugih procesa dospe u tlo, prodre do izdani a veći deo se zbog aktivnosti biljaka vraća nazad prema površi terena ili iznosi u biljnoj zelenoj masi u atmosferu. U jesen i zimu situacija je obrnuta. Zbog neaktivnosti biljaka i zbog većeg uticaja padavina i voda iz površinskih tokova na prihranjivanje izdani, veći deo nitrata prodire u izdan, a manji se vraća nazad prema površi terena ili iznosi u atmosferu. Ovaj proces je naročito izražen u područjima seoskih naselja, zbog napred navedenih uzroka ugrožavanja izdani u njima. Njemu, takodje, pogoduju, ranije opisane opšte hidrogeološke karakteristike terena, koje su sa ove tačke gledišta, naročito nepovoljne u severnom delu Semberije.

Da su izdanske vode ugrožene davno, čak i u vreme kada navedeni veliki zagadjivači nisu bili prisutni, tj. kada u seoskim naseljima nije bilo drugih zagadjivača, osim štala i stajnjaka, ukazuje pojava bolesti bubrega "endemska balkanska nefropatija". Tačan uzrok ove bolesti, koja se javlja u aluvijalnim ravnicama pored većih reka, nije poznat. Medjutim, na osnovu rezultata J. Perića (1977, 1979), koji je ovu problematiku izučavao sa hidrogeološke strane, došlo se do zaključka da su stalno prisutni zagadjivači iz izdanskih voda i nadizdanske zone freatske izdani, kao i njen geološki sastav i male brzine izdanskih voda najverovatnije jedan od glavnih preduslova za pojavu oboljenja bubrega.

Ugrožavanje izdani od incidenata duž saobraćajnica. Na području Semberijske freatske izdani biće izuzetno razvijen saobraćaj. Trase većine saobraćajnica su odredjene. Kao najvažnije, a u pogledu zaštite izdani najopasnije od njih biće autoput i železnička pruga: Loznica-Bijeljina-Brčko. Uporedo će se modernizovati i lokalni putni pravci, a treba očekivati i znatno povećanje broja vozila i njihove frekvencije. Zbog svega toga sigurno će doći do čestog i povećanog prevoza različitih, po izdan opasnih materija kamionima cisternama i vagonima cisternama. Samim tim veća je mogućnost i verovatnoća da će u saobraćajnim udesima i nesrećama doći do havarije vozila koja prevoze opasne materije. Usled toga doći će do njihovog izlivanja i prodiranja u nadizdansku zonu i izdan. To će naročito biti opasno u području gde je izdan praktično nezaštićena, tj. južno od pravca Bijeljina-Dvorovi-Popovi. Po izdan opasne materije, kao što su nafta, naftini

derivati, koje će se najčešće i najviše transportovati, kao i razne druge opasne hemikalije, veoma brzo prodiru po dubini i hemijski reaguju sa stenskim masama u nadizdanskoj ili izdanskoj zoni. Ovakva incidentna zagadjenja su posebno opasna zbog velike brzine kretanja izdanskih voda iz pravca Drine prema Bijeljini. To će biti naročito izraženo kada kapacitet izvorišta "Grmić" poraste na 1.200 l/s, ili još više.

Ugrožavanje izdani od aerozagadjenja. Ovaj vid zagadjenja može da ima uticaj na kvalitet izdanskih voda, pogotovo zato što je stalno aktivan u vremenu. Glavni aerozagadjivač za područje Semberijske izdani je TE "Ugljevik". Razlog za to je kvalitet uglja, koji sadrži veliku količinu sumpora, i pravac vazdušnih strujanja. Zbog toga velika količina čvrstih čestica i opasnih gasovitih produkata (SO_2, CO, CO_2) oslobodjenih u toku sagorevanja uglja dospeva na područje izdani. Čestice se talože na tlu iz kojeg mogu do izdani biti unete sa vodom od padavina ili iz površinskih tokova. Gasoviti produkti u vidu SO_2 i CO_2 daju "kisele" kiše koje kao takve dospevaju u izdan i mogu da utiču na kvalitet njenih voda.

2.6.2. Ugroženost arterske izdani u pliopleistocenskim sedimentima

Ova izdan je manje ugrožena od Semberijske freatske izdani u aluvijalnim sedimentima. To je zbog toga što je debljina povlatnog izolatora veća, što je on glinovit, i što su otvoreni delovi izdani daleko i imaju malu površinu. Značaj ove izdani je izuzetan za korisnike njenih voda, pa je zato treba štititi na isti način, kao i freatsku izdan. Medjutim, ova izdan (ili izdani?) se ugrožavaju zbog neobrazovanosti stanovništva u pogledu eksploatacije izdanskih voda. Zbog toga se često dešava da se fekalne vode iz domaćinstva upuštaju u bivše arteske bunare.

2.6.3. Ugroženost zbijene izdani u terasnim kvartarnim sedimentima

Ova izdan je ugrožena od iste vrste zagadjivača koji ugrožavaju freatsku izdan Semberije. Zbog izuzetnog zanačaja za lokalno stanovništvo i njenoj zaštiti treba posvetiti veliku pažnju.

2.7. MERE KOJE TREBA PREDUZETI U CILJU SANACIJE SADAŠNJEG STANJA UGROŽENOSTI I BUDUĆE ZAŠTITE IZDANI

Na teritoriji opštine Bijeljina prisutne su tri izdani pijaćih voda. Od njih najveći značaj ima Semberijska, tj. freatska izdan Semberije formirana u šljunkovitim aluvijalnim sedimentima Drine.

2.7.1. Mere u vezi zaštite freatske izdani

Značaj freatske izdani Semberije je toliko veliki tako da je praktično nemerljiv. Iznad njega nijedan drugi resurs nema veći značaj. To je zato što stanovnici Opštine nemaju na raspolaganju nijednu drugu izdan čije bi vode bile dovoljne da zadovolje njihove potrebe u istoj meri, kao što to sada zadovoljava freatska izdan. Drugim rečima, na teritoriji opštine Bijeljina ne postoji nikakva "rezervna" izdan koja bi mogla da zameni freatsku izdan Semberije, čak ni približno.

S obzirom na takvo stanje, kao i na opasnosti koje je već ugrožavaju, ili će moći da ugroze ovu izdan, sadašnja situacija se mora shvatiti kao alarmantna. Po našem mišljenju, samo ovakav pristup može da stvori preduslove za najozbiljnije uvažavanje i najrigoroznije sprovodjenje potrebnih mera zaštite izdani. One su kompleksne i mogu se podeliti na vremenske i prostorne. Prostorne mere zaštite se dele na dve grupe. Prva se odnosi na mere za zaštitu izvorišta "Grmić", a druga na zaštitu cele izdani. **Mere za zaštitu izvorišta ne mogu biti efikasne bez mera preduzetih u cilju zaštite cele izdani.**

Mere za zaštitu izvorišta "Grmić" su opisane u ranijim studijama koje su se samo time i bavile: Avdagić i dr. (1992) i Pokrajac i dr. (1995). One su definisane na osnovu Zakona o vodama RS (Sl. gl. RS broj 46/91) i Pravilnika o načinu odredjivanja i održavanja zona i pojaseva zaštite objekata za snabdevanje vodom za piće (Sl. gl. RS broj 33/78). Odredjene su četiri sanitarno-zaštitne zone izvorišta (Pokrajac i dr., 1995) i to:

1. Zona neposredne sanitarne zaštite (zona strogog nadzora);
2. Uža zona sanitarne zaštite (zona ograničenja);
3. Šira zona sanitarne zaštite (zona nadzora), i
4. Pojas zaštite.

Zone zaštite se formiraju oko eksploatacionih bunara, crpnih stanica, rezrevoara, prekidnih komora i instalacija za popravljanje kvaliteta vode. Pojas zaštite se formira duž cevovoda kojima se transportuje voda za piće.

Zona neposredne sanitarne zaštite (zona strogog nadzora). Ova zona se formira oko ozvorišta i ogradjuje se. Inutar izvorišta ona se formira na 10 m oko svakog objekta.

Uža zona sanitarne zaštite (zona ograničenja). Ova zona obuhvata površ terena u području izdani čija je površina minimalno jednaka površini depresionog levka pri maksimalnom kapacitetu eksploatacije, tj. zoni iz koje bunari dobijaju vodu.

Unutar uže zone sanitarne zaštite po navedenim propisima nije dozvoljena izgradnja objekata, niti vršenje bilo kakvih radnji koje mogu na neposredan ili posredan način da ugroze kvalitet vode za piće. Ova zona mora biti vidno označena sa ciljem zaštite izvorišta od hemijskog, bakteriološkog ili nekog drugog zagadjenja.

Šira zona sanitarne zaštite (zona nadzora). Ova zona obuhvata zemljište unutar koga je zabranjena izgradnja industrijskih i drugih objekata čije otpadne vode ili druge otpadne materije mogu da ugroze izvorište. Šira zona sanitarne zaštite se definiše kao zona hidrogeološkog sliva.

Pojas zaštite. On se formira duž magistralnih cevovoda kojima se voda transportuje od izvorišta "Grmić" do potrošača. Širina zaštitnog pojasa treba da je najmanje 5,35 m, odnosno minimalno po 2,5 m sa svake strane cevovoda.

U vezi sa nevedenim zonama sanitarne zaštite problematične su granice uže i šire zone. Prema datim zakonskim definicijama granice uže zone sanitarne zaštite se menjaju u toku vremena, odnosno zavise od maksimalnog kapaciteta eksploatacije. Pošto se on stalno povećava, to se povećava i prostranstvo depresionog levka a sa time se mora povećavati i uža zona sanitarne zaštite. To se vidi po tome što je krajem 1994. godine kapacitet eksploatacije bio 230 l/s, a krajem 1995. godine 430 l/s. Kakva će situacija biti sa depresijom nivoa izdani pri eksploataciji od 1.200 l/s i 3.000 l/s, tj. u kom prečniku će se prostirati depresioni levak, može se suditi samo na osnovu izradjenih hidrodinamičkih modela. Po modelskim proračunima izradjenim od strane Avdagić i dr. (1992) na modelu koji obuhvata praktično otvoreni deo izdani južno od pravca Z-I u visini Dvorova, pri kapacitetu eksploatacije od 1.200 l/s posle dve godine dostiže se sniženje nivoa izdani u celom području modela. Sniženja se kreću od 0,1 m u području pored Drine, do 3,2 m u području izvorišta. Za kapacitet eksploatacije od 3.000 l/s dobija se slična slika. Sračunate depresije se kreću od 0,1 m u području zapadno (pored) Drine, do 5,4 m u području izvorišta.

Prema tome, uža zona sanitarne zaštite treba da obuhvati deo Semberijske izdani južno od pravca Z-I u visini Dvorova u kome je ona sa slobodnim nivoom i u kome je povlatni polupropusni sloj veoma tanak, ili ga uopšte nema.

Šira zona sanitarne zaštite prema datoj zakonskoj definiciji, odnosno prema hidrogeološkim karakteristikama terena za obe varijante eksploatacije od 1.200 l/s i 3.000 l/s treba da obuhvati deo izdani južno od pravca Z-I u visini Dvorova, pa sve do uzvodno od Janje, odakle počinje da se širi Semberijska aluvijalna ravan.

Pošto će se kapacitet eksploatacije iz sadašnjeg izvorišta neminovno povećavati, naravno pod uslovom da njena strategija ostane kao do sada, tj. na jednom izvorištu, to se mora već sada pribeći sprovodjenju normativnih mera zaštite u užoj i široj zoni sa gore definisanim granicama na način koji je predložen od strane Avdagić i dr. (1992), odnosno Pokrajac i dr. (1995). To je potrebno učiniti da bi se sačuvao kvalitet izdanskih voda od ugrožavanja od strane napred navedenih faktora.

2.7.2. Mere u vezi zaštite arterske izdani

Ovu izdan treba štititi svim sredstvima, naročito od upuštanja otpadnih voda kroz nekadašnje bunare, koji su korišćeni za eksploataciju njenih arteskih voda.

2.8. PREDLOG PROMENE DOSADAŠNJE STRATEGIJE EKSPLOATACIJE IZDANSKIH VODA

Sadašnja strategija eksploatacije izdanskih voda iz jednog izvorišta "Grmić" je centralistička. Ona je nastala spontano, a ne na osnovu prethodne studijske tehničko-ekonomske analize. Nedostaci ovakve strategije su veliki troškovi izgradnje i stalnog proširivanja izvorišta, velika dužina vodovodne mreže, veliki troškovi njene izgradnje i veliki troškovi njenog održavanja. Posebno su veliki troškovi transporta vode zato što su topografski uslovi za gravitaciono vodosnabdevanje nepovoljni. Ovakva strategija je nastala gotovo slučajno, zbog endemske nefropatije, ali na osnovu nje ništa nije učinjeno da seoska naselja u severnom delu Semberije, gde je ova neizlečiva bolest najviše rasprostranjena, promene način vodosnabdevanja. Naime, u njima, kao i u selima u drugim područjima u Srbiji i Hrvatskoj sa endemskom nefropatijom, vodosnabdevanje seoskog stanovništva se vrši iz plitkih bunara. Ovi bunari se nalaze u aluvionima ravničarskih reka (Sava, Kolubara, Morava, Timok) čiji je gradijent toka korita veoma mali. Zbog toga su horizontalne brzine izdanskih voda u aluvijalnim ravnima pored tih reka veoma male. Takav je slučaj i u severnom delu Semberijske izdani.

Hidrogeološkim aspektima uzroka "balkanske endemske nefropatije" bavio se J. Perić (1977, 1979). Na osnovu sistematskih višegodišnjih izučavanja hidrogeoloških karakteristika terena i hidrohemijskih karateristika izdanskih voda u aluvijalnoj ravni Kolubare (Kod Lazarevca) i Save (kod Slavonskog Broda) došao je do zaključka da se ta bolest ne javlja u naseljima koja su problem vodosnabdevanja rešila izgradnjom vodovoda umesto pojedinačnim kopanim plitkim bunarima za svako domaćinstvo. U vezi s tim saznanjem je zaključak da je navedena pojava posledica brže i veće veštački izazvane vodozamene voda u izdani, nego što je prirodna, usled stalnog intenzivnog crpenja za potrebe vodovoda u odnosu na vremenski diskontinualno uzimanje, relativno, veoma malih količina izdanskih voda pomoću kopanih bunara.

Na osnovu svega napred iznetog može se zaključiti da bi se seoska naselja u severnom delu Semberije trebala vodosnabdevati iz lokalnih vodovoda kojima bi se voda obezbedjivala crpenjem iz vertikalnih bušenih bunara. Na taj način bi se ubrzala vodozamene izdanskih voda sa svežim vodama iz južnog dela izdani (pod uslovom da se ne zagade). Dalje, to znači, da bi bilo nepotrebno povećanje kapaciteta eksploatacije na > 1.200 l/s sa kojim bi se poremetio režim izdani u njenom najpovoljnijem delu.

Gornji predlog zahteva jednu obimnu detaljnu studijsku tehničko-ekonomsku analizu i

simulaciju, koja se može izraditi samo na osnovu izvodjenja novih detaljnih hidrogeoloških istraživanja.

2.9. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

Hidrogeološka istraživanja na teritoriji opštine Bijeljina, odnosno Semberije, u cilju iznalaženja rešenja vodosnabdevanja pijaćom, sanitarnom, tehničkom i industrijskom vodom, započela su pre 30 godina. Dobijeni rezultati poslužili su da se dobije prva opšta slika hidrogeoloških odnosa. Kasnije studije koje su pomenute u prethodnom tekstu, su se bavile analizom i reinterpretacijom tih prvih rezultata. Novi hidrogeološki istražni radovi vršeni su samo unutar izvorišta Bijeljinskog vodovoda "Grmić".

U ovoj Studiji izvršena je analiza svih tih rezultata ranijih terenskih istraživanja i modelskih simulacionih analiza. Na bazi takve sveobuhvatne analize može se zaključiti sledeće:

1. Na teritoriji Opštine prisutne su dve značajne izdani: prva, u šljunkovito-peskovitim kolektorima, a druga u peskovitim kolektorima kvartarne i pliopleistocenske starosti. Najveća i za vodosnabdevanje najvažnija je freatska izdan formirana u pretežno šljunkovitim aluvijalnim naslagama reke Drine. Ona se prostire ispod aluvijalne ravni, odnosno ispod Semberije. Druga izdan se nalazi ispod prethodne i formirana je u pliopleistocenskim peskovima, koji su glinama razdvojeni;

2. Vode ove dve izdani koriste se za vodosnabdevanje. Najviše se eksploatiše freatska izdan i iz nje se snabdeva Bijeljina i centralni deo Semberije, a u planu je i vodosnabdevanje Ugljevika;

3. Izvedena terenska hidrogeološka istraživanja nisu rešila čitav niz problema, tako da se mogu oceniti kao nekompletna i nedovoljna;

4. Modelska, simulaciona ispitivanja su vršena na osnovu nekompletnih i nedovoljno pouzdanih ulaznih podataka, tako da se i njihovi rezultati mogu oceniti kao više ili manje uverljive prognoze;

5. Glavna, freatska izdan je najviše ugrožena od zagadjivanja i to u svom najproduktivnijem delu;

6. Glavni zagadjivač freatske izdani je grad Bijeljina zbog nepostojanja kanalizacije. Ovaj problem se mora hitno rešavati;

7. Sadašnji položaj izvorišta "Grmić" je veoma nepovoljan u odnosu na grad kao

glavni zagadjivač. Zagadjenje iz pravca grada je već stiglo u zonu izvorišta. Mere koje se preduzimaju da se njegovi efekti ublaže samo su privremenog karaktera;

8. Ugroženost freatske izdani, kao i izvorišta "Grmić", će postati još veća kada se poveća kapacitet eksploatacije na projektovanih 1.200 l/s. To će biti naročito izraženo kada se završi proces posleratne obnove praćen izgradnjom saobraćajnica i novih naselja u području prirodno nezaštićenog dela izdani;

9. Severni deo Semberije u kome je raširena endemska nefropatija nema rešeno vodosnabdevanje kvalitetnom pijaćom vodom, iako postoje povoljni prirodni hidrogeološki uslovi;

10. Eksploatacija arteskih izdanskih voda u severnom delu Semberije iz izdani u pliopleistocenskim peskovima je nekontrolisana, masovna i tehnički primitivna što vodi ka njenoj degradaciji, iako je najbolje prirodno zaštićena.

Na osnovu iznetih zaključaka predlaže se sledeće:

1. **što pre treba pristupiti izradi projektnog zadatka za izvodjenje detaljnih hidrogeoloških istraživanja na teritoriji opštine Bijeljina sa posebno detaljnim zahtevima za doistraživanje obe postojeće izdani na području Semberije. Glavni problemi koje treba obraditi u zadatku su: ocena rezervi, zaštita izdani i strategija eksploatacije;**

2. **posle izrade i naučno-stručne recenzije projektnog zadatka treba pristupiti izradi odgovarajućih projekata detaljnih hidrogeoloških istraživanja za pojedina područja, odnosno izdani u cilju ocene njihovih rezervi i zaštite;**

3. **posle revizije izradjenih projekata detaljnih hidrogeoloških istraživanja treba pristupiti njihovoj realizaciji, s tim da prioritet ima freatska izdan Semberije u aluvijalnim naslagama, a zatim arteska izdan u pliopleistocenskim naslagama;**

4. **na osnovu dobijenih rezultata istraživanja treba izraditi sledeće: Elaborate o rezervama izdanskih voda za svaku izdan, Studije o zaštiti izdani i Studije o strategiji eksploatacije izdanskih voda;**

5. **do završetka gore navedenih aktivnosti u cilju sanacije sadašnjeg stanja potrebno je što pre da se eliminišu glavni zagadjivači koji su već opasno ugrozili izvorište "Grmić". Isto tako, u cilju zaštite arteske izdani u pliopleistocenskim sedimentima od zagadjenja i prekomerne eksploatacije, treba likvidirati sve tehničke nepravilno izradjene eksploatacione bunare i bunare koji služe za utiskivanje otpadnih voda. Izradu novih arteskih bunara treba rigorozno kontrolisati, naročito njihove izvodjače. Naručioci takvih bunara treba da pristupaju njihovoj izradi tek posle dobijanja odobrenja sa hidrogeotehničkim**

uslovima od hidrogeološke inspekcije, koju treba oformiti kao opštinsku službu. Takodje, nijedan takav bunar ne sme se bušiti bez opštinskog hidrogeološkog nadzora.

6. **U vezi sa izgradnjom "Grada na Drini" treba da se najpre po posebnom projektu izvedu hitna hidrogeološka istraživanja na njegovoj lokaciji u cilju definisanja hidrogeoloških uslova njegove izgradnje. Te uslove u cilju zaštite freatske izdani projektanti naselja, odnosno objekata u njemu treba da obavezno uzmu u obzir.**

2.10. LITERATURA

Avdagić, I., Ostojić, Dj., Žugić, Z. i dr., 1992. Podzemne vode jugoistočnog dijela Semberije-Studija mogućnosti zahvatanja za potrebe vodoopskrbe i mjera zaštite. Gradjevinski fakultet u Sarajevu, Sarajevo. Fond str. dok. KRO "4 Juli" Bijeljina, 126 str.

Perić, J. & Stefanović, D., 1995. Nitrati i bor u vodi u kopanim bunarima kao eventualni uzročnici nastanka endemskog nefritisa. U: Geolog i vizionar-prof. Jovan Perić (1923-1994) RGF, Beograd, 513-531.

Plavkić, J. & Stanković, J., 1990. Tumač osnovne hidrogeološke karte SFRJ list "Bijeljina" 1:100.000. SIZ za geol. istr. SR BiH-Sarajevo. Fond str. dok. bivšeg SGZ, Beograd, str. 84.

Pokrajac, D., Despotović, J. Lazić, R. i dr., 1995. Studija zaštite izvorišta vodosnabdevanja "Grmić" u Bijeljini. VODING-92, Beograd. Fond str. dok. KRO "4 Juli" Bijeljina, 23 str.

Perić, J., 1977. O potrebi hitnog i neodložnog rešenja problema vodosnabdevanja seoskih naselja sa pojavama žarišta endemske nefropatije. Savetovanje o uslovima i mogućnostima vodosnabdevanja SR Srbije bez SAP-a na bazi korišćenja podzemnih voda, Beograd 29-30. septembar 1977. Beograd, 28-37.

Perić, J. & Radovanović, Z., 1979. Hydrogeological Characteristics of Endemic Nephropathy Foci. Public Health (London) 93. London, 76-81.

Prvulović, K. i dr., 1981. Studija mogućnosti vodosnabdevanja regiona Semberije, Energoprojekt, Beograd.

**********, 1979. Studija regionalnog vodosnabdevanja područja Bijeljine i Ugljevika, Hidrosanitas, Beograd.

III. GEOTERMALNI RESURSI

3.1. ŠTA JE GEOTERMALNA ENERGIJA

Geotermalna energija je toplota Zemlje. Pošto je dublji deo Zemljine unutrašnjosti usijan i istopljen, to se zbog toga njena toplota kreće ili teče, tj. struji prema njenoj površi, a temperatura stena raste sa povećavanjem dubine. Neposrednom opažanju, istraživanju, eksploataciji i korišćenju dostupan je samo relativno mali deo od ove gigantske količine toplote, i to onaj koji je akumuliran u prvih nekoliko kilometara zemljine kore ispod njene površi.

Rasprostranjenje ili prisustvo geotermalne energije u Zemlji, odnosno u dostupnom delu njene kore je univerzalno. To znači da se ona nalazi svugde, praktično odmah ispod površi Zemlje u: 1) neporoznim ili veoma malo poroznim, ustvari "suvim" stenama; 2) značajno poroznim stenama čije su pore ispunjene vodom ili vodenom parom (podzemne termalne vode), i 3) istopljenim stenama-magmi (=vulkanskoj lavi). U vezi sa ovim sredinama gde se nalazi, geotermalna energija se "deli" na: 1) hidrogeotermalnu (=geotermalna energija akumulirana u podzemnim termalnim vodama čija je temperatura veća od oko 15 °C); 2) petrogeotermalnu (=geotermalna energija akumulirana u suvim stenama ispod dubine na kojoj je njihova temperatura 15 °C, i 3) magmogeotermalnu energiju (=geotermalna energija akumulirana u magmi).

Koncentracije ili sadržaji geotermalne energije u dostupnom delu zemljine kore nisu ravnomerne u odnosu na geografski položaj pojedinih geografskih područja. Pojedina područja sa visokim sadržajem toplote postepeno prelaze u područja sa niskim sadržajem i obrnuto. Ako su koncentracije ili akumulacije geotermalne toplote takve da se ona iz njih može racionalno (=ekonomično) eksploatisati i koristiti kao energetski izvor komparativan sa drugim konvencionalnim izvorima energije u sadašnjem i nekom budućem vremenu, onda takve akumulacije predstavljaju nalazišta geotermalne energije. Prema tome, u zemljinoj kori postoje nalazišta termalnih voda i vrele vodene pare, nalazišta toplih i vrelih suvih stena, i nalazišta magme.

Zemljina unutrašnja toplota ili geotermalna energija se najvećim delom neprekidno stvara ili oslobadja u procesu raspadanja prirodnih radioaktivnih elemenata počev od

momenta stvaranja Zemlje kao planete pa tokom njene čitave evolucije duge 4,7 milijardi godina. Prirodni radioaktivni elementi se nalaze u većoj ili manjoj količini u svim vrstama stena ispod Zemljine površi. U smislu proizvodnje toplote najvažniji radioaktivni elementi, odnosno izotopi su uranijum, torijum i kalijum. Od ukupne količine geotermalne toplote, koja se danas iz Zemlje iznosi i gubi kroz njenu površ u atmosferu i okeane, prosečno oko 65 % potiče od radioaktivnog raspadanja navedenih izotopa. Ostali deo potiče od laganog hladjenja Zemlje.

Kada se govori o geotermalnoj energiji obično se misli na hidrogeotermalnu energiju, tj. podzemne termalne vode i njihove izvore na površi Zemlje. To je zbog toga što je čovek kao toplokrvno biće, kome je za opstanak potrebna toplota, praktično od svog postanka počeo da koristi blagodeti geotermalne toplote akumulirane u podzemnoj vodi, koja se pojavila na površi Zemlje u vidu termalnih izvora. Kasnije je zbog naraslih potreba počeo da istražuje nalazišta tih voda u zemljinoj kori. Eksploatacija hidrogeotermalne energije je do danas osvojena tako da ne postoji takva termalna voda čija toplota se ne bi mogla iskoristiti bez obzira na sadržaj rastvorenih mineralnih soli i gasova. Pri kraju je razvoj tehnologije za eksploataciju geotermalne energije suvih vrelih stena, dok se na razvoju eksploatacije geotermalne energije iz magme ubrzano radi.

3.2. OPŠTE GEOTERMALNE KARAKTERISTIKE TERENA

Područje Opštine Bijeljina do sada nije bilo predmet namenskih geotermalnih istraživanja. Zbog toga su podaci o geotermalnim karakteristikama ovog područja dobijeni na osnovu analize i reinterpretacije rezultata drugih vrsta relevantnih geoloških istraživanja, kao i na osnovu analize sastava, debljine i razvoja zemljine kore ovog i susednih delova bivše Jugoslavije.

Osnovni indikatori geotermalnih karakteristika bilo kojeg terena zavise od sledećih faktora: debljina i sastav zemljine kore, debljina litosfere, starost tektonske aktivnosti, starost i vrsta magmatskih procesa, sadržaj radiogenih elemenata u stenama, neotektonska kretanja, seizmičnost, hidrogeološke karakteristike terena, itd. Svi ovi faktori su prisutni i na području Semberije, tako da imaju i odredjen veći ili manji uticaj na pojedine geotermalne karakteristike, odnosno parametre.

3.2.1. Debljina i sastav zemljine kore

Debljina i sastav zemljine kore su od velikog značaja za geotermalnu perspektivnost nekog područja. To proizilazi iz toga što se najveći deo terestričnog toplotnog toka, koji dospeva veoma blizu zemljine površine, stvara u zemljinoj kori. Na osnovu ovog saznanja do kojeg se došlo obimnim izučavanjima zavisnosti vrednosti toplotnog toka od karakteristika zemljine kore, može se zaključiti da je terestrični toplotni tok veoma

zavisan od debljine i tipa zemljine kore.

Debljina zemljine kore na području Semberije je relativno dobro poznata zahvaljujući rezultatima dubokih seizmičkih ispitivanja vršenih za ovu namenu. Prvi publikovani rezultati dubokih seizmičkih ispitivanja u vidu karte dubine do Mohorovičićevog diskontinuiteta publikovani su 1974. godine od strane T. Dragaševića. Od tada pa do danas objavljeno je više radova koji se bave ovom problematikom. Najnoviji od njih i najkompletniji predstavlja "Strukturna karta Mohorovičićevog diskontinuiteta" čiji su autori Dragašević, Andrić & Joksović (1989). Zbog toga će u narednom tekstu biti prikazani podaci o debljini zemljine kore i njenog sedimentnog "sloja" za naše područje istraživanja (slika 3.1. i 1.4).

Da bi se shvatile vrednosti debljine i sastava zemljine kore ispod teritorije Semberije moraju se imati u vidu ove njene osobine za mnogo šire područje, odnosno za najveći deo prostora bivše Jugoslavije.

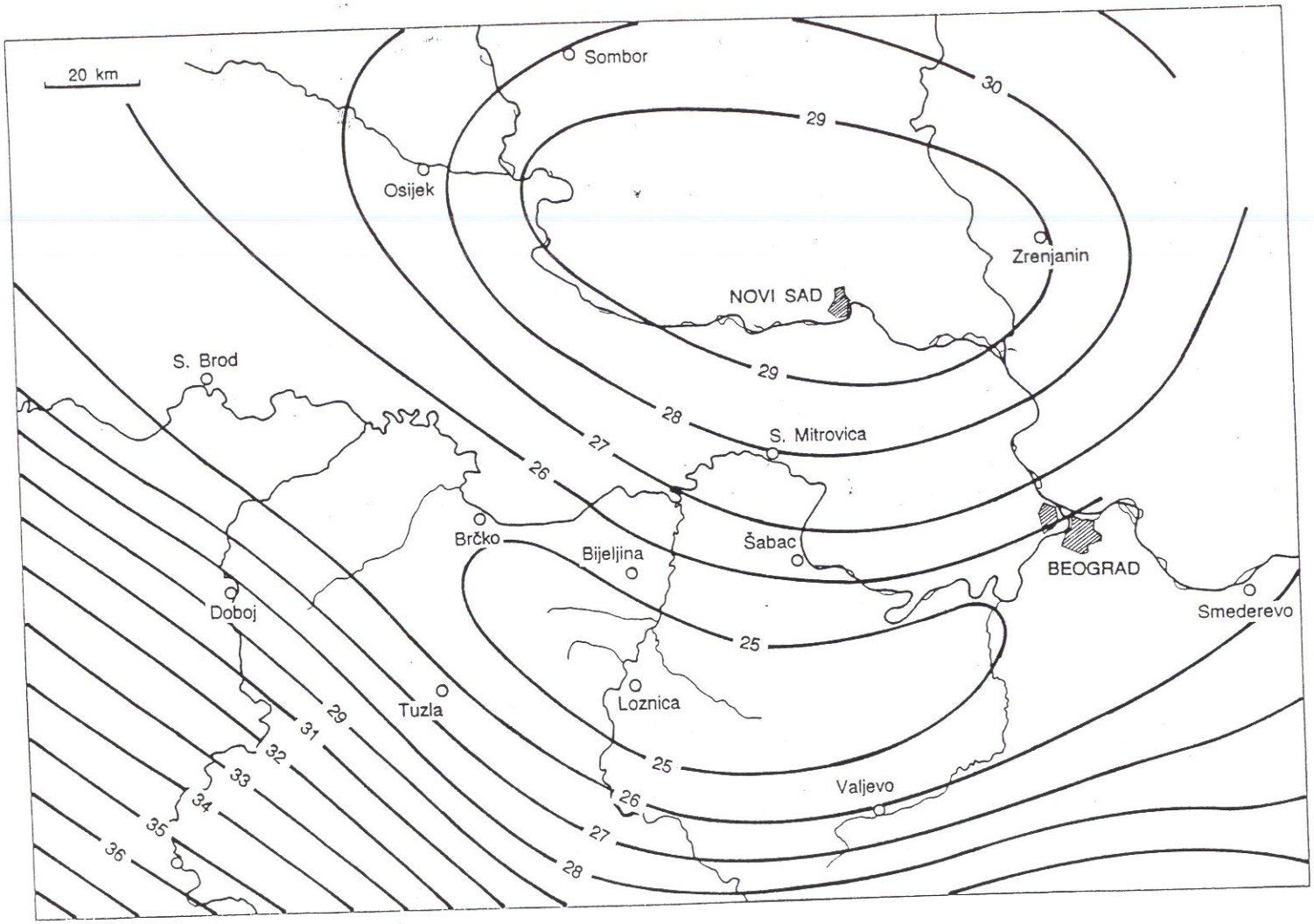
Na osnovu karte (slika 3.1) Dragaševića i dr. (1989), vidi se da se na teritoriji Srbije i zapadno od nje debljina zemljine kore brzo menja, odnosno prisutna su manja područja sa različitim delovima kore. Najmanja debljina je na području Obrenovac-Koceljeva-Loznica. Glavno anomalno područje se nalazi na teritoriji Vojvodine i pod njegovim uticajem je debljina zemljine kore u severnoj Srbiji i severnom delu Republike Srpske, tj. duž južnog oboda Panonskog basena.

Na teritoriji Semberije debljina zemljine kore je od 25-27 km. Važno je istaći da se anomalno područje sa malom debljinom kore, 24-25 km, koje je ujedno i područje minimuma debljine ovog parametra na celoj teritoriji bivše SFRJ, pruža od Brčkog na zapadu, Zvornika na jugu i Janje na severu, i Drine na istoku, odnosno dalje sve do Obrenovca (slika 3.1). Severno od ove anomalije debljina kore postepeno raste i ispod ušća Drine u Savu dostiže 27 km. Takodje, i južno od anomalije debljina zemljine kore raste u početku sporo a zatim sve brže što se više ulazi u Dinaride. Na osnovu napred iznetog, kao i sa slike 3.1. se vidi da područje Semberije pripada Panonskom Basenu.

Rezultati navedenih seizmičkih ispitivanja poslužili su i da se izdvoji sedimentni "sloj" u zemljinoj kori, odnosno da se odredi dubina "baze" sedimenata. Izolinije dubine do površi koja predstavlja donju granicu sedimentnih stena prikazane su na slici 1.4.

3.2.2. **Neotektonska kretanja**

Teren područja istraživanja u toku neogena i kvartara bio je zahvaćen intenzivnom tektonskom aktivnošću. Ta neotektonska etapa traje od srednjeg miocena pa do danas. Zbog tako dugog perioda pojedini tektonski blokovi i geotektonske jedinice su se različito tektonski ponašali u pojedinim periodima.



Slika 3.1. **Karta izolinija jednake dubine (km) do Mohorovičićevog diskontinuiteta u području šire okoline područja istraživanja** (Dragašević i dr., 1989)

Vrednosti savremenih vertikalnih pomeranja zemljine kore u području istraživanja, odnosno na području bivše Jugoslavije dobijene su na osnovu preciznih nivelmanskih merenja visoke tačnosti izvršenih prvi put pre dvadeset sedam godina (Jovanović, 1968). Prema ovim rezultatima, područje Semberije nalazi se u obimu velikog bloka koji se lagano izdiže. Brzina izdizanja iznosi od 0-2 mm/god (S.G.U., 1971).

Od početka neotektonskog perioda, tj. od srednjeg miocena, vertikalna kretanja zemljine kore bila su intenzivna i vršila su se u oba smera. U susednim područjima, koja ustvari predstavljaju u preneogenom periodu formirane tektonske blokove, iznos vertikalnih kretanja u neogenu i kvartaru bio je veći od 1000 m, pa i 2000 m.

Najintenzivnija spuštanja su vršena u obimu nekadašnjih depresija formiranih u neogenu. Neke od njih su imale od tada pa do danas tendenciju stalnog spuštanja. Druge su za razliku od njih u kvartaru počele da se izdižu. Sve ove depresije danas predstavljaju ustvari nekadašnje tercijarne sedimentne basene i poklapaju se sa prostranstvom tercijarnih-neogenih i kvartarnih sedimenata. Prema tome, Semberija predstavlja depresiju-tercijarni i kvartarni sedimentni basen, koji je spuštan do nedavno, a zatim je počeo da se lagano izdiže sa napred navedenom brzinom od 0-2 mm/god. Prema neotektonskoj karti bivše Jugoslavije, južni obod Panonskog basena, tj. područje severne Bosne i Srbije, pripada neotektonskoj Ia zoni. Ova zona se karakteriše dugotrajnim spuštanjem-tonjenjem dna basena, tako da je ona akumulativna nizija. Na to ukazuje velika debljina kvartarnih sedimenata. Spuštanje je iznosilo više od 1000 m (Arsovski i dr., 1975).

Na osnovu iznetih podataka može se zaključiti da navedeni autori nisu u svojim radovima vršili uporedjivanje, odnosno korelaciju brzina današnjih vertikalnih pomeranja zemljine kore sa važećim geotektonskim podelama, neotektonskim zonama i vrednostima ukupnih neotektonskih pomeranja. Rezultati korelacije vrednosti današnjih brzina vertikalnih kretanja zemljine kore i vrednosti gustine terestričnog toplotnog toka pokazuju da je ona pozitivna za područja koja se izdižu i to utoliko više što su ta izdizanja brža (Vyskočil, 1979). Prema tome, na području Semberije vrednosti gustine toplotnog toka treba da su zbog toga visoke.

3.2.3. **Geotermalno polje**

Geotermalno polje je jedan od najvažnijih parametara koji karakteriše sadržaj geotermalne energije u nekom terenu, odnosno u delu zemljine kore gde se dati teren nalazi. Njega sačinjavaju toplotno polje, tj. vrednosti gustine terestričnog toplotnog toka, i temperaturno polje, tj. vrednosti temperature na različitim dubinama u zemljinoj kori.

Vrednosti gustine terestričnog toplotnog toka na teritoriji Opštine ne mogu se izdvojeno posmatrati u sklopu objašnjenja njegovog porekla, već u sklopu vrednosti na teritoriji susednih područja Jugoslavije i Republike Srpske, odnosno Panonskog basena i Dinarida, kao i ovog dela Evrope i Balkanskog poluostrva.

Merenja vrednosti gustine terestričnog toplotnog toka u Semberiji nisu vršena organizovano, odnosno namenski za te svrhe, već su vrednosti potrebnih parametara za njegovo odredjivanje dobijene u toku izvodjenja drugih istraživanja i ispitivanja.

Prve podatke o vrednostima gustine terestričnog toplotnog toka u Semberiji dali su Milivojević & Perić (1982), uglavnom na osnovu opštih geotermalnih indikatora, a u manjoj meri na osnovu direktnih ili procenjenih vrednosti merenja potrebnih parametara. Oni su tada izvršili i rejonizaciju teritorije bivše SFRJ na geotermalne provincije. Po njima, vrednosti gustine terestričnog toplotnog toka u Semberiji treba da iznose oko 100 mW/m^2.

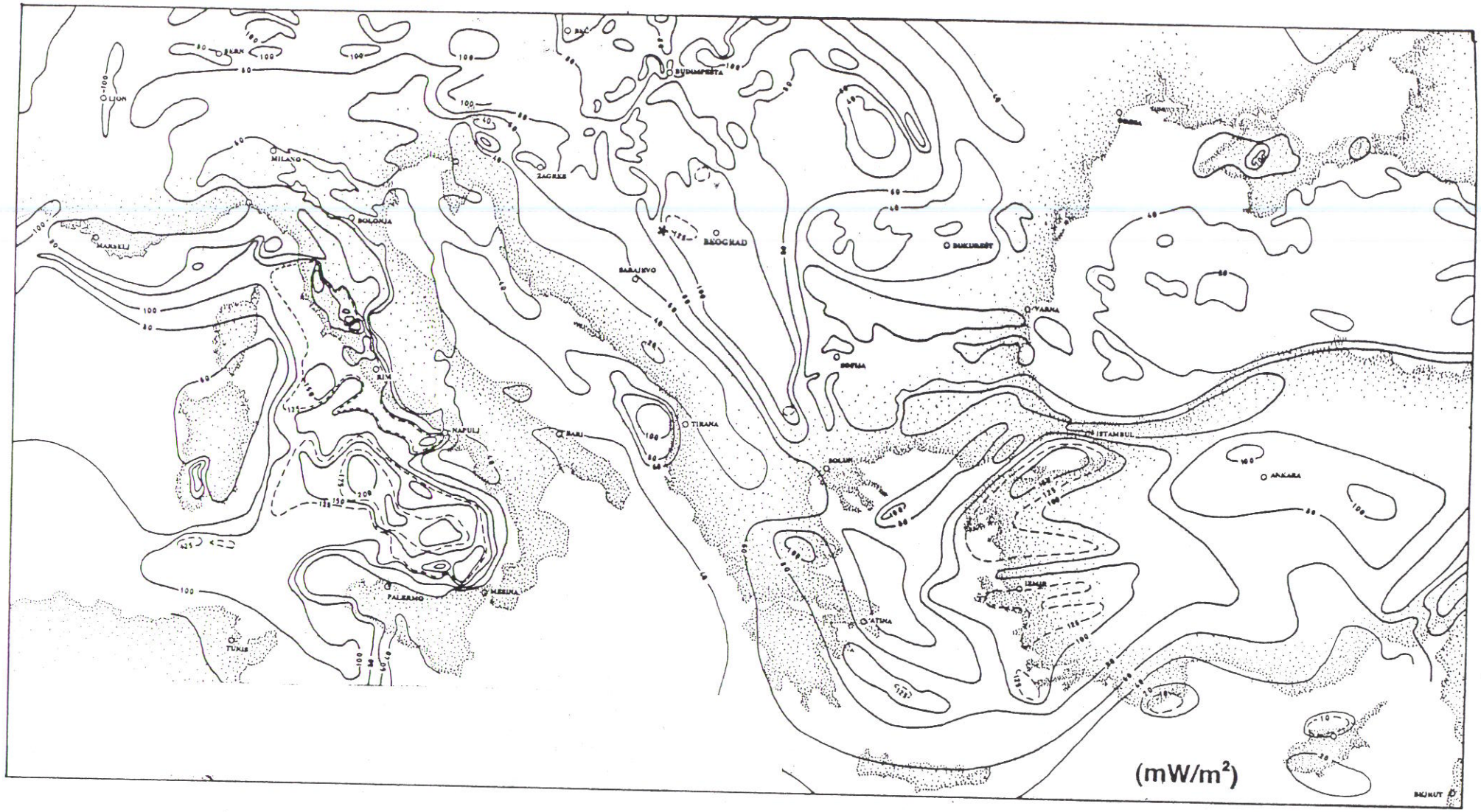
Vrednosti gustine terestričnog toplotnog toka u Semberiji su prikazane prvi put kvalitativno na Karti gustine toplotnog toka SFRJ (Milivojević i dr., 1987) u razmeri 1:2.500.000, odnosno u Evropskom atlasu čiji je jedan deo prikazan na slici 3.2.

Ova karta je izradjena na osnovu podataka temperaturnih merenja u dubokim bušotinama, kao i na osnovu direktno ili indirektno odredjenih vrednosti toplotne provodljivosti stena koje su u geotermalno relevantnim bušotinama odredjene. Sa nje se vidi da su vrednosti toplotnog toka u Semberiji od 90-110 mW/m^2. Ove vrednosti su za oko 50-80 % veće od prosečne vrednosti gustine terestričnog toplotnog toka za kontinentalni deo Evrope, koja iznosi oko 60 mW/m^2. Takodje sa karte se vidi da anomalne vrednosti toplotnog toka u Semberiji pripadaju velikoj geotermalnoj anomaliji Mačve, tj. da se Semberija u tom pogledu nalazi na njenom zapadnom delu.

Za konstruisanje izolinija toplotnog toka u Semberiji, poslužili su podaci iz dubokih naftnih bušotina Bij-1 kod Bijeljine (dubina 2479 m) i S-1 kod Dvorova (dubina 1275 m). U području bušotine Bij-1 toplotni tok ima gustinu od 95 mW/m^2, a u području bušotine S-1 oko 110 mW/m^2. Za odredjivanje u bušotini Bij-1 korišćen je interval od 500-2000 m, a u bušotini S-1 interval od 500-1000 m dubine.

Temperaturno polje, odnosno vrednosti temperature u plićem delu zemljine kore neophodno je poznavati za potrebe ocene geotermalnog potencijala i prognozu rezervi geotermalnih nalazišta, jer je to jedan od glavnih parametara za takve svrhe. U plitkim delovima zemljine kore, ustvari u terenu u geološkom pogledu, temperaturno polje je pored drugih uticaja i pod velikim uticajem temperaturnog polja iz dubljih delova zemljine kore, pa i gornjeg omotača.

Temperaturno polje na velikim dubinama odredili smo na osnovu modelskih proračuna temperature od strane Milivojevića (1989). Prema tim podacima temperatura na dubini od 5 km treba da bude oko 230 °C, na dubini od 7 km oko 300 °C, i na dubini od 10 km oko 420 °C. Na Mohorovičićevom diskontinuitetu vrednost temperature treba da bude oko 800 °C.



Slika 3.2. **Karta gustine terestričnog-geotermalnog toplotnog toka** (mW/m^2) **na području JI Evrope i Zapadne Turske** (Hurtig et all., 1992), (zvezdica zapadno od Beograda predstavlja područje opštine Bijeljina)

3.2.4. Starost i vrsta magmatskih procesa

Magmatski procesi imaju sasvim sigurno uticaj na geotermalno polje u plićim delovima zemljine kore. Taj uticaj je veći što je starost magmatske aktivnosti manja. Ona zavisi i od vrste magmatizma. Poznato je da kisele intruzije izazivaju velike geotermalne anomalije u plitkim delovima zemljine kore, tako da se najveći broj današnjih visokotemperaturnih hidrogeotermalnih sistema nalazi iznad ili u njihovoj blizini. Dosadašnjim istraživanjima u Semberiji nije konstatovana nijedna pojava kiselih ili njima sličnih stena koja bi ukazala na prisustvo mladih, odnosno intruzija tercijarne starosti. Zapadno od Semberije, tj. južno od Teočaka prisutno je nekoliko pojava vulkanskih stena (dacita i kvarclatita) tercijarne starosti. Nabliže magmatsko područje tercijarne, tj. neogene starosti nalazi se u području Cera, gde su prisutni granitoidni masivi Cera i Stražanice. Njihova starost je od 17-10 miliona godina. Najnovija otkrića magmatskih stena kiselog sastava potiču iz Mačve. U tom području istražnim bušenjem ispod neogenih sedimenata otkrivene su piroklastične i intruzivne stene tercijarne starosti. Od njih je najznačajnije otkriće plagiogranita u Bogatiću u bušotini BZ-2 na dubini od 1300-1500 m (Milivojević, 1992). Ova pojava nije bila poznata ranije, ali je bila pretpostavljena od strane Milivojević & Perić (1984). Može se pretpostaviti da se jedan deo ovog granitoidnog plutona prostire od Bogatića prema Semberiji, odnosno da i on sa povišenim sadržajem radiogenih elemenata i njihovom radiogenom toplotom doprinosi porastu gustine terestričnog toplotnog toka u ovom području.

3.3. GEOTERMALNI SISTEMI

Pod geotermalnim sistemom podrazumeva se deo zemljine kore u obimu geotermalnog regiona sa specifičnim geološkim, hidrogeološkim i geotermalnim karakteristikama u kome je zemljina toplota koncentrisana u toj meri da se može koristiti kao energetski izvor komparativan sa drugim konvencionalnim izvorima energije (Milivojević, 1989).

Na osnovu rezultata dosadašnjih geoloških, geofizičkih, hidrogeoloških i geotermalnih istraživanja može se zaključiti da Semberija i Brčanska Posavina zajedno sa Mačvom, Sremom i Posavo-Tamnavom pripadaju jednom velikom geotermalnom sistemu. On se prostire na površi od oko 6.000 km^2 (Perić & Milivojević, 1986).

Geotermalna energija akumulirana u tom velikom geotermalnom sistemu prouzrokovana je nadprosečno visokim vrednostima gustine regionalnog terestričnog toplotnog toka (slika 3.2), koji iznosi od 95-112 mW/m^2 (Milivojević & Perić, 1988). Glavni uzrok takvog stanja je mala debljina zemljine kore oko 25 km, prisustvo debelog granitskog sloja u kori i relativno mlad kiseli magmatizam u području Cera, Boranje, Stražanice i Bogatića.

Na teritoriji Semberije prisutna su 4 različita geotermalna sistema sa termalnim vodama, tj. 4 hidrogeotermalna sistema.

Prvi od njih je otvorenog tipa i nalazi u freatskoj izdani Semberije. Drugi je konduktivnog tipa i nalazi se u neogenim sedimentima. Treći je konvektivnog tipa i nalazi se u krednim krečnjacima. Četvrti je takodje konvektivnog tipa i nalazi se u trijskim krečnjacima.

Od svih sistema prva dva su niskih energetskih mogućnosti, ali su zbog male dubine svakome dostupni. Druga dva su velikih energetskih mogućnosti, ali se nalaze na dubinama od 800-2.500 m.

Ima indikacija da su treći i četvrti hidrogeotermalni sistemi ustvari jedan sistem, koji po svemu sudeći predstavlja jedan deo ogromnog hidrogeotermalnog sistema koji se prostire na području Srema, Posavo-Tamnave, Mačve i naravno Semberije.

3.3.1. **Konvektivni hidrogeotermalni sistem sa rezervoarom u mezozojskim krečnjacima i dolomitima ispod tercijarnih sedimenata**

Pod hidrogeotermalnim sistemom podrazumeva se onaj deo zemljine kore u kome se pored konduktivnog prenosa, geotermalna energija kroz stenske mase sa funkcijom hidrogeoloških izolatora vrši i njen konvektivni prenos u (većoj meri) kroz stenske mase sa funkcijom hidrogeološkog kolektora ispunjenih hidrogeotermalnim fluidima, koji se mogu racionalno eksploatisati i koristiti kao energetski izvor komparativan sa drugim konvencionalnim izvorima energije (Milivojević, 1989).

Ispod teritorije Opštine Bijeljina nalazi se deo jednog velikog konvektivnog hidrogeotermalnog sistema, koji zahvata područje Srema, Posavo-Tamnave i Mačve (Milivojević & Perić, 1986).

3.3.1.1. Povlatni izolator

Kako svaki hidrogeotermalni sistem mora da se u vertikalnom preseku sastoji od dve jedinice sa različitim hidrogeološkim karakteristikama, to u terenu Semberije izdvajamo tercijarne (izolator) i mezozojske sedimente (kolektor).

Tercijarni kompleks stena u okviru sistema ima ulogu povlatne hidrogeološke i termičke barijere. U prethodnom tekstu on je definisan kao konduktivni hidrogeotermalni sistem. Tada su iznete sve njihove karakteristike. Sedimentni paket se sastoji od slojeva glina, lapora, peska i šljunka, koji se medjusobno smenjuju. S obzirom da slojevi peska sa kolektorskim karakteristikama imaju nekoliko puta manje debljine od glina kao izolatora, one nemaju veći uticaj na ukupnu termičku ulogu celog sedimentnog paketa. Može se zaključiti da kompleks tercijarnih sedimenata ima malu vrednost toplotne provodljivosti i da je on, pored visokog toplotnog toka, jedan od uzroka visokih temperatura u rezervoaru sistema.

3.3.1.2. Rezervoar

Rezervoar konvektivnog hidrogeotermalnog sistema Semberije nalazi se u mezozojskim sedimentima i čine ga kredni krečnjaci i trijaski krečnjaci i dolomiti (slika 3.3).

Geološki sastav. Njegov geološki sastav upoznat je na osnovu rezultata izrade dubokih istražnih bušotina za naftu i gas i na osnovu rezultata geotermalnih istraživanja u susednoj Mačvi (slika 1.6).

Najbliži izdanci podloge tercijarnih sedimenata, odnosno rezervoara, nalaze se po obodu uže istraživanog terena, odnosno u slivu reke Tavne, u Pocerini, u okolini Banje Koviljače i na južnim padinama Fruške Gore. Najveće prostranstvo zauzimaju kredni, pa trijaski sedimenti.

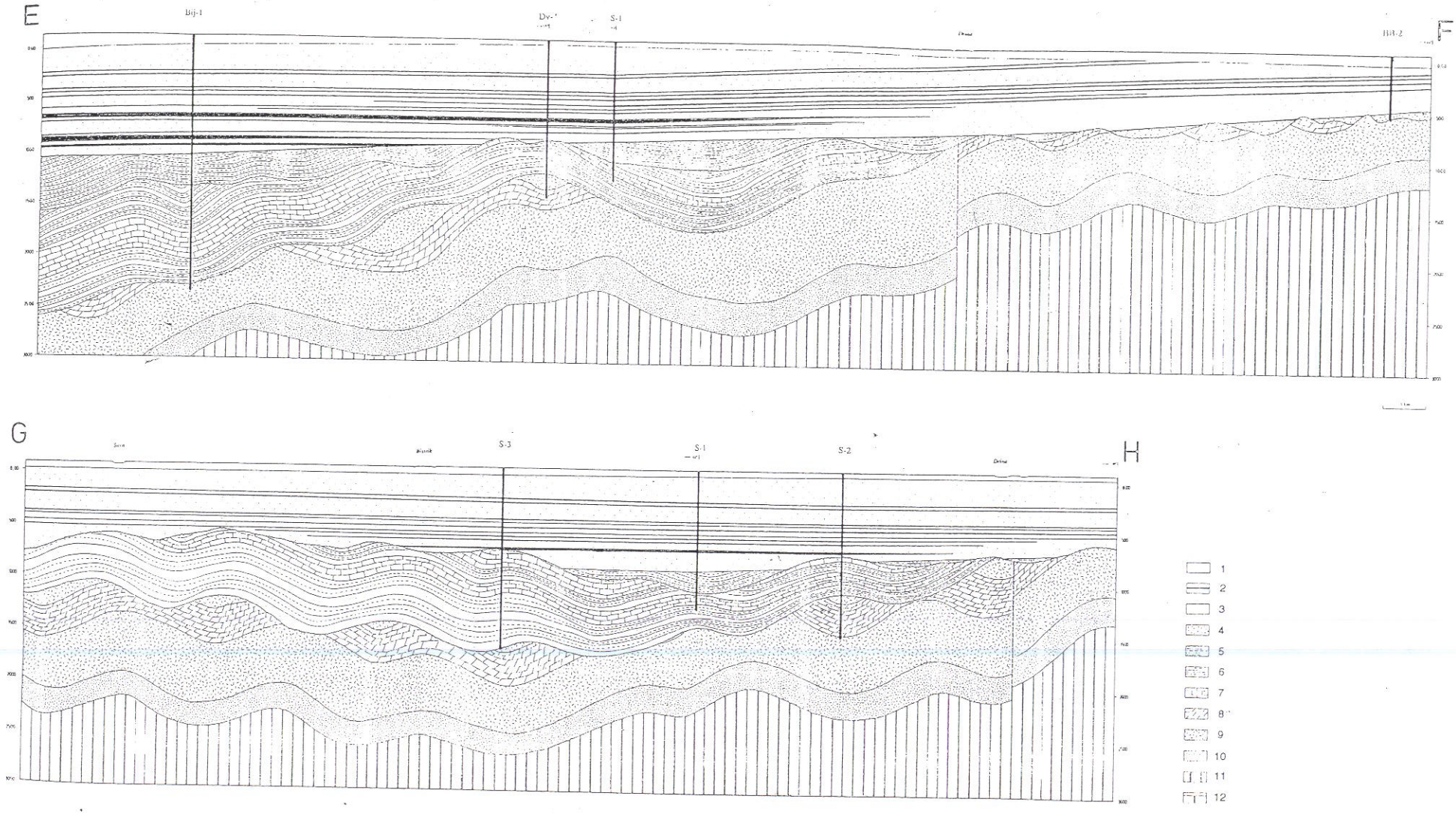
Donji trijas je predstavljen krečnjacima, peščarima i glincima. On je konkordantan preko krečnjaka gornjeg perma, a pokriven je krečnjacima i dolomitima srednjeg trijasa, ili transgresivnim sedimentima gornje krede i tercijara. Nijedna od dubokih naftnih bušotina nije ušla u ovu sredinu.

Sedimenti srednjeg i gornjeg trijasa na području Semberije i Brčanske Posavine konstatovani su u dubokim istražnim bušotinama S-2, S-3, Bij-1, Dv-1. Registrovani su na dubinama od 1250 m (S-2) do 2.410 m (Bij-1). Nijedna od gore pomenutih bušotina nije prošla kroz celu debljinu ovih sedimenata. Predstavljeni su krečnjacima, dolomitičnim krečnjacima i dolomitima. Prema mikro facijama, koje se nalaze u srednjem i gornjem trijasu, ove dve stratigrafske jedinice se ne mogu razdvojiti. Konstatovana debljina iznosi oko 600 m, dok je stvarna debljinu sigurno veća (slika 3.3).

Transgresivno i diskordantno preko trijasa leže gornjokredni sedimenti. Kreda je predstavljena najvećim delom sedimentima senonskog kata, a manje turonskim i danskim katom. U litološkom pogledu predstavljeni su krečnjacima i serijom sastavljenom od peščara, konglomerata, glinaca i krečnjaka.

Za geotermalnu potencijalnost najbitniji je paket krečnjaka koji ima veliko rasprostranjenje na ovom području. Oni su masivni, bankoviti, a redje slojeviti. Karstifikacija je mestimično veoma dobro izražena. Preko njih leži kredni fliš, koji prelazi u paleogen. Najveća debljina ovih krednih sedimenata je baš na području grada Bijeljine. Tu iznosi oko 950 m. Prostirući se prema obodnim delovima Semberije i Posavine ona se postepeno smanjuje, da bi na južnom i zapadnom delu izbila na površinu (Tavna, Teočak), a na istoku, prema Mačvi iščezava.

Hidrogeološke karakteristike. Rezultati izrade dubokih istražnih bušotina na području Semberije i Mačve pokazuju da trijaski i kredni karbonatni sedimenti imaju veoma dobre kolektorske karakteristike.



Slika 3.3. **Hidrogeotermalni preseci terena Semberije**
(1-kvartarni aluvijalni sedimenti-rezervoar "hladnih" voda; 2-neogeni peskovi-rezervoar "hladnih" i mlakih termalnih voda; 3-neogene gline-povlatni hidro i termo izolator; 4-neogeni vulkaniti-rezervoar termalnih voda; 5-paleogeni flišoliki sedimenti-povlatni hidro i termo izolator; 6-gornjokredni fliš-povlatni hidro i termo izolator; 7-gornjokredni krečnjaci-glavni rezervoar termalnih voda; 8-srednjo i gornjotrijaski dolomiti-glavni (najbolji) rezervoar termalnih voda; 9-srednjo i gornjotrijaski krečnjaci-glavni (najbolji) rezervoar termalnih voda; 10-donjotrijaski peščari, glinci i krečnjaci-podinski izolator; 11-paleozojski škriljci, peščari i kvarciti-podinski izolator; 12-izv[illegible] istraž[illegible]ftna i [illegible]erma[illegible]šotin

U bušotini S-1 termalne vode prvo su konstatovane na dubini izmedju 1.159 m i 1.206 m. Voda je imala arteski karakter, sa izdašnošću od 17,2 l/s i pritisak na ustima bušotine 2,5 atm. Temperatura vode je bila 71°C (28.02.1957.). U toku izvodjenja bušotine ovaj interval je cementiran. Nakon završenja bušotine aktiviran je vodonosni sloj na dubini ispod 1.159 m debljine 106 m. Izdašnost je zbog neadekvatne razrade znatno smanjena na 4,44 l/s, dok je temperatura iznosila 61°C (15.05.1957.). Sadašnja izdašnost bušotine S-1 iznosi 7,5 l/s pri samoizlivu.

Bušotina Bij-1 je prošla kroz celu kredu i ušla u trijas i time dala najvažnije litostratigrafske podatke. Ukupna debljina krednih sedimenata iznosi 955 m, a debljina krečnjaka koji se nalaze na dubini od 1.904 m do 2.153 m iznosi 249 m (slika 1.6 i 3.3). Ovi kredni krečnjaci se stratigrafski i litološki korelišu sa nabušenim krednim krečnjacima u ostalim bušotinama Semberije i Brčanske Posavine (slika 3.3), kao i sa izdancima krednih krečnjaka na površini terena po obodu ovog područja.

Medjutim mnogo bolje kolektorske osobine pokazali su trijaski krečnjaci, odnosno breče od ovih krečnjaka. U bušotini Bij-1 one su nabušene u intervalu 2.410-2.479 m. Uzorci jezgra iz bušotine Bij-1 su laboratorijski ispitivani i kao rezultat je dobijena efektivna poroznost za kredne krečnjake 4,4 % i 2,11 % za trijaske krečnjake. Karotažnim merenjima dobijeni rezultati efektivne poroznosti su duplo veći. Na dubini od 2.479 m došlo je do totalnog gubitka isplake i propadanja pribora, što ukazuje na aktivnu karstnu poroznost u trijaskim krečnjacima. Zbog nemogućnosti da se otkloni zaglava bušaćeg pribora, dalje bušenje je obustavljeno.

Slično se desilo kod izrade bušotine S-2 gde je na 1.255 m, u trijaskim dolomitima došlo do naglog gubitka isplake. U bušotini Dv-1 na dubinama 1.351 m i 1.403 m, u trijaskim krečnjacima došlo je do totalnog gubitka isplake. Takodje, i pri izradi bušotine S-1 u krednim krečnjacima više puta je dolazilo do gubitka isplake i zaglave bušaćeg pribora.

S obzirom na gore navedene činjenice može se sa sigurnošću tvrditi da gornjekredni i trijaski krečnjaci i dolomiti imaju izvanredne hidrogeološke karakteristike karstnog tipa poroznosti. Oni su na najvećem delu terena medjusobno razdvojeni gornjokrednim flišom, ali verovatno postoje i delovi terena gde su oni u direktnom kontaktu. Zbog toga se može predpostaviti da izmedju izdani u trijaskim i izdani u krednim krečnjacima postoji hidraulička veza. Pošto se pri izradi naftnih bušotina nije vodilo računa o hidrogeološkom aspektu, testiranja bušotina nisu izvršena, pa nisu egzaktno definisani hidrogeološki parametri u kolektorskim horizontima. Hidraulički mehanizam izdani je arteski.

Temperaturne karakteristike rezervoara. U istražnim bušotinama Semberije i Brčanske Posavine temperaturna merenja nisu vršena namenski za geotermalne svrhe ili su vršena na način koji za njihove svrhe nije dovoljno merodavan. Zbog toga su vrednosti geotermalnih parametara za ova područja uglavnom prognozirane sa relativno velikom verovatnoćom. Temperaturne karakteristike terena su veoma povoljne, naročito u

hidrogeotermalnim rezervoarima od gornjokrednih i trijaskih krečnjaka i dolomita. Tome su posebno doprinele strukturne karakteristike mezozojskog kompleksa i konvekcija u rezervoarima.

Na nekim od pomenutih istražnih dubokih naftnih bušotina su izvedena temperaturna karotažna merenja u intervalima pojedinih litostratigrafskih jedinica ili duž cele bušotine. Tačkasta merenja temperature sa maksimalnim živinim termometrom vršena su samo u bušotini Bij-1 (Miošić i dr., 1985.). Za bušotinu S-1 u Dvorovima postoje različiti rezultati merenja temperature vode na površini terena, koja iz nje ističe samoizlivom.

Temperatura po dubini u bušotini S-1 je izmerena prvi put 1971. godine, tj. 14 godina posle njene izrade, dok je temperatura vode pri samoizlivu merena u više navrata. Ne postoje podaci o uslovima pod kojim su izvedena elektrokarotažna merenja. Prema dobijenim rezultatima, može se pretpostaviti da je bušotina bila predhodno ispunjena isplakom, odnosno izvršeno je ugušivanje isticanja vode.

Minimalna vrednost temperature je izmerena na dubini od 200 m i iznosi 20°C, a maksimalna na dubini od 1.000 m iznosi 63,2°C. Nije poznat razlog zašto merenja nisu izvršena do dna bušotine. Ponovnim otvaranjem bušotine, posle elektrokarotažnih merenja, izmerena temperatura pri samoizlivu u količini od 17 l/s je iznosila 75°C. Pri prvom otvaranju bušotine 1957., posle završetka njene izrade izmerena je temperatura od 71°C, pri samoizlivu od 17,2 l/s. U okviru kratkotrajnog testiranja bušotine 19.03.1985. pri samoizlivu u količini od 8 l/s izmerena je temperatura od 75°C (Miošić, 1985.). Sa rezervom treba prihvatiti vrednost izmerenu 1971. godine, jer je malo verovatno da je temperatura ostala ista pri navedenim vrednostima izdašnosti.

U bušotini Bij-1 su uradjena tačkasta merenja na različitim dubinama sa velikim medjurastojanjima. Rezultate ovih merenja, kao i merenja ostalih geotermalnih parametara, interpretirali su N. Miošić i I. Krušić u "Elaboratu geotermalnih istraživanja duboke istražne bušotine na naftu i plin Bij-1 - Bijeljina" (1985.). Oni su usvojili vrednost temperature na 2.450 m dubine od 130°C.

U bušotini Dv-1 na dubini 1.210 m izmerena je temperatura 61°C, a na dubini od 1.373 m 82°C. Merenje je izvedeno pomoću maksimalnog termometra, što ukazuje da je stvarna temperatura znatno viša. Karotažno merenje temperature je uradjeno 24.05.1989. godine u intervalu dubine 1.200-1480 m u bušotini ispunjenoj bentonitskom isplakom (1,19 t/m^3). Na dubini od 1.200 izmerena je temperatura 78,5°C, a na 1.435 m 87,0°C. Podaci temperatura su, kao što se vidi, dobijeni u uslovima nestacionarnog temperaturnog polja, pa se zbog toga može smatrati da su realne vrednosti znatno više (tabela 3.1).

Tabela 3.1. Prognozne vrednosti temperature stenskih masa i geotermalnih fluida u izvedenim bušotinama Semberije i Brčanske Posavine (°C)

Bušotina	Dubina (m)						
	500	750	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000
V-1	35,2'	47,3'	53,2'	67,6"	86,4"		
V-2	31,1'	41,2'	51,2'	71,3"	91,4"		
V-3	36,5'	49,2'	61,9'	87,4"	112,8"		
Po-3	34,8'	46,6'	58,5'	82,3"	106,0"		
S-1		50,6'	63,0'	88,3"			
Bij-1		49,8'	62,1'	81,5'	101,0'	123,0"	145,0"
Dv-1		52,6'	65,9'	92,3"	116,2"		

' interpolovane vrednosti temperature " ekstrapolovane vrednosti temperature

Hidrohemijske karakteristike termalnih voda u rezervoaru od krednih i trijaskih krečnjaka i dolomita. U okviru hidrogeotermalnih istraživanja ispitivanje hemizma podzemnih voda je veoma važno. Na osnovu poznatog hemijskog sastava može da se prognozira vrednost temperature unutar hidrogeotermalnog rezervoara sa termalnom vodom. Isto tako, na osnovu sadržaja i odnosa pojedinih karakterističnih komponenti može se govoriti o vrsti stene od koje je sačinjen rezervoar, tj. kolektor termalnih voda.

Na području Semberije skoro sve hemijske analize se odnose na vode iz bušotine S-1. Prva hemijska analiza je uradjena 28.01.1957. godine pri izradi bušotine S-1 za interval 1.159-1.206 m dubine. Njeni, kao i rezultati kasnijih analiza su pokazali da je termalna voda hidrokarbonatno-hloridno-natrijumskog tipa sa ukupnom mineralizacijom od 620 mg/l (tabela 3.2).

Iz bušotine S-2 radjene su preliminarne ("kratke") hemijske analize na uzorcima uzetim iz dva intervala dubine u toku bušenja. Analize su izradjene u toku 1958. godine. Salinitet prvog uzorka iznosi 2,96 gr NaCl/l, dok drugi uzorak ima nešto manji salinitet 2,82 gr NaCl/l. Po svom karakteru one su alkalne vode. S obzirom da su analize radjene u toku bušenja kada su uzorci sigurno bili zagadjeni isplakom, te se podaci ne mogu uzeti u interpretaciju, tj. kao eventualni dokaz da su termalne vode u istom rezervoaru u okolini bušotine S-2 veoma različitog hemijskog sastava od termalnih voda u okolini bušotine S-1.

Tabela 3.2. **Uporedni pregled hemijskog sastava nekih pojava termalnih voda u mezozojskim krečnjacima i dolomitima na području Semberije, Mačve, Podrinja (BK-1) i Srema**

Analizirana komponenta	Semberija		Mačva			Srem	
	S-1	Tavna	BK-1	BB-1	DB-1	Kup-1/H	Indj-1
Katjoni							
NH_4^+	0,1	0,04	0,0	1,5	2,1	4,8	12,0
Fe^{3+}	0,9	0,02	0,2	0,3	1,2	0,04	0,35
Fe^{2+}	0,0	-	0,0	0,0	0,0	0,32	0,5
Na^+	100,0	1,8	110,8	155,5	158,5	170,0	1350,0
K^+	8,2	1,1	9,6	11,2	13,0	7,0	21,0
Mg^{2+}	9,4	29,0	42,7	9,8	7,3	14,0	8,38
Ca^{2+}	36,0	84,7	90,0	40,0	50,0	15,0	8,2
Anjoni							
NO_2^-	0,0	0,05	0,15	0,0	0,0	0,14	-
NO_3^-	2,06	-	0,43	0,0	0,0	1,4	0,1
CO_3^{2-}	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1063,0
HCO_3^{2-}	311,0	375,8	628,3	408,7	524,0	370,0	-
SO_4^{2-}	14,0	10,6	32,0	4,0	2,0	92,4	-
Cl^-	64,0	12,3	74,5	107,0	42,6	53,2	1.489,0
SiO_2	43,0	0,3	22,0	57,0	24,0	-	-
HBO_2	5,7	0,10	11,1	-	3,5	-	42,0
F	1,16	2,2	0,4	1,68	3,36	-	3,23
Gasovi							
CO_2	52,50	4,6	13,2	43,6	45,0	-	44,0
H_2S	0,12	0,1	0,0	0,35	0,10	-	-
O_2	3,42	9,0	4,75	3,7	7,02	-	-
Mikroelementi							
Li	0,12	0,01	0,11	0,16	0,15	0,40	0,5
Rb	0,03	0,02	0,05	-	0,36	-	-
Sr	0,66	0,07	0,53	-	1,06	0,05	0,0013
P	0,02	0,05	0,03	-	0,04	-	-
Ba	0,70	0,01	0,15	-	0,05	-	11,42
J	0,10	-	0,05	-	0,02	-	-
Zn	0,01	-	0,0	-	0,01	0,034	-
Cu	0,00	0,005	0,0	-	0,00	0,016	-
Pb	0,00	0,005	0,0	-	0,00	0,08	-
Mn	0,01	0,01	0,02	-	0,03	-	0,005
Cr	0,00	0,005	0,0	-	0,00	-	-
Al	0,20	0,05	11,36	0,05	0,10	-	-
Mineralizacija (mg/l)	600	515	600	807	884	1229	3.967,3
Suvi ostatak (mg/l)	443	350	443	600	597	952	3.738,0
pH	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,34	7,6

Na osnovu tih podataka može se zaključiti da se radi o ogromnoj jedinstvenoj karsnoj izdani, što je bilo predpostavljeno na osnovu drugih podataka. Sve vode su male mineralizacije sa povećanim sadržajem pojedinih komponenti kao posledicom dubine.

Poreklo termalnih voda u krednim i trijaskim krečnjacima na području Semberije. Što se tiče porekla termalnih voda u rezervoarima konvektivnog hidrogeotermalnog sistema Semberije, može se reći da postoje podaci, iako oskudni, koji indiciraju da se ono može smatrati poznatim.

Prvi indikator koji ukazuje da su termalne vode u krednim i trijaskim krečnjacima vadoznog porekla, je njihova mala mineralizacija. Ona govori da kroz ove rezervoare postoji aktivan protok voda od područja prihranjivanja prema još nepoznatoj zoni isticanja.

Drugi glavni indikator je izotopski sastav termalne vode iz bušotine S-1 (Dvorovi) i voda iz bušotina u Mačvi (Milivojević, 1989). Većina od ovih voda sadrži tritijum što ukazuje da postoji mešanje mladih voda (mladjih od 50 godina) sa starim vodama, čija je starost prema sadržaju izotopa ^{14}C od 16.000-24.000 godina.

Na osnovu nje se može zaključiti da se glavno prihranjivanje sistema vrši sa njegove južne strane, što je geološki i hidrogeološki logično i uklapa se u starije nezavisne interpretacije tog tipa.

3.4. GEOTERMALNA POTENCIJALNOST TERENA

Na teritoriji opštine Bijeljina prisutna su četiri geotermalna nalazišta.

Prvo nalazište se nalazi unutar freatske izdani pijaćih voda na teritoriji Semberije. Geotermalni resurs predstavlja toplota pijaćih voda koja je geotermalnog porekla.

Drugo nalazište se nalazi unutar sedimentnih stenskih masa pliopleistocenske starosti i neogene starosti na teritoriji cele Opštine. Geotermalni resurs predstavlja toplota stenskih masa sa funkcijom hidrogeoloških izolatora i toplota termalnih voda u arteskim izdanima unutar peskovitih horizonata u pomenutim sedimentima.

Treće nalazište se nalazi u gornjokrednim krečnjacima. Geotermalni resurs predstavlja toplota termalnih voda arteske izdani u njima.

Četvrto nalazište se nalazi u srednjo i gornjotrijaskim krečnjacima i dolomitima. Geotermalni resurs predstavlja toplota termalnih voda arterske izdani u njima. Položaj ovih nalazišta je prikazan na slici 3.4.

Nalazište geotermalne energije u aluvijalnim sedimentima Semberije. Vode freatske

izdani, koje se inače koriste za piće, imaju temperaturu od 12-14 °C i sadrže odredjenu količinu toplote geotermalnog porekla. Ova toplota se u zemljama, koje su izgradile pravu nacionalnu energetsku strategiju, racionalno koristi svugde gde ima takvih voda i potrošača pomoću toplotnih pumpi na podzemnu vodu. U nekim zemljama geotermalna energija se izvlači i iz pijaće vode pre njenog uvodjenja u vodovodsku mrežu. Geotermalna energija u ovim vodama se brzo obnavlja. Zbog toga ovaj geotermalni resurs treba bilansirati jer pruža mnogobrojne koristi. Osnovni razlog za to je što je za rad toplotne pumpe, koja zadovoljava potrebe grejanja stambenog ili radnog prostora jednog domaćinstva (100 m^2), potrebna je stalna količina izdanske vode od samo 0,2 l/s temperature od 10-14 °C.

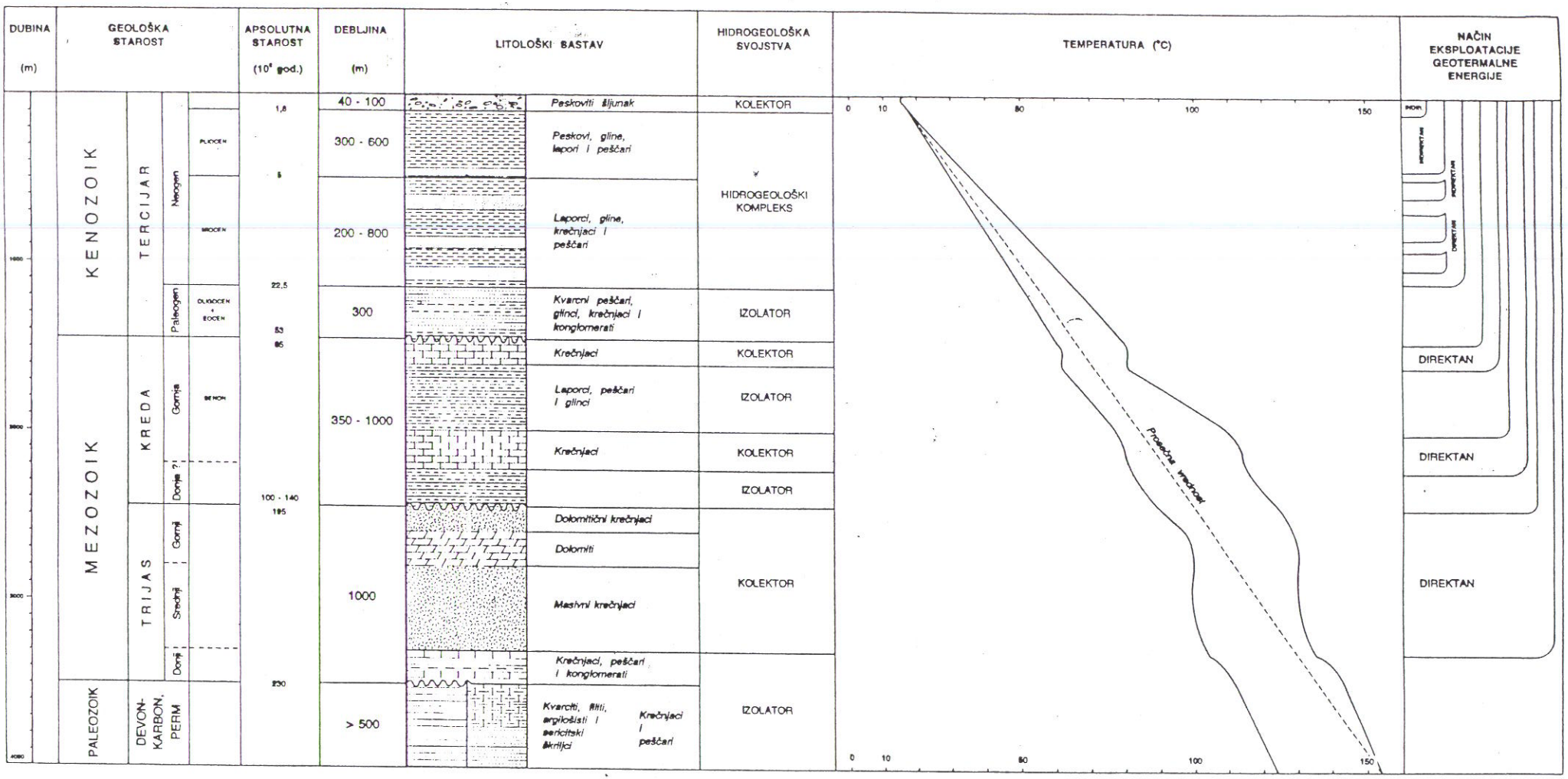
Na osnovu ovih parametara geotermalni potencijal freatske izdani (za rad toplotnih pumpi) iznosi oko $63 \cdot 10^{12}$ kJ.

Prognozne rezerve geotermalne energije sračunate preko rezervi izdanskih voda iznose oko $0,4 \cdot 10^{12}$ kJ/god za A kategoriju, oko $0,9 \cdot 10^{12}$ kJ/god za B kategoriju, i oko $2 \cdot 10^{12}$ kJ/god za C1 kategoriju.

S obzirom na eksploatacione mogućnosti freatske izdani broj korisnika geotermalne energije iz njenih voda je praktično neograničen.

Nalazište geotermalne energije u pliokvartarnim (pliopleistocenskim) i neogenim sedimentima. Nalazišta "hladnih i mlakih" voda u ovim sedimentima su malih eksploatacionih mogućnosti da bi se one mogle koristiti masovno kao vode freatske izdani. Njihova temperatura se kreće od 15-20 °C, tako da su i one veoma pogodne za primenu toplotnih pumpi. Geotermalni potencijal celog paketa ovih sedimenata iznosi oko $5 \cdot 10^6$ tona termalno ekvivalentne nafte. Medjutim, prethodni razlog-male količinske rezerve tih voda onemogućuju da se one koriste za rad toplotnih pumpi u otvorenom sistemu, tj. da voda prodje kroz nju a zatim se ispusti u recipijent, ali njihova geotermalna energija, kao i geotermalna energija sadržana u glinovitim slojevima omogućuje rad toplotnih pumpi i eksploataciju te geotermalne energije u zatvorenim sistemima pomoću "vertikalnih bušotinskih izmenjivača toplote". Zahvaljujući tom načinu eksploatacije moguće je iskoristiti jedan deo od pomenutog ukupnog energetskog potencijala. Na taj način se dolazi do toga da je broj mogućih korisnika ovog geotermalnog resursa praktično neograničen, kao i za resurs u aluvijalnim sedimentima.

Nalazište geotermalne energije u gornjokrednim krečnjacima. Termalne vode u gornjokrednim krečnjacima se eksploatišu i koriste za balneoterapeutske svrhe i grejanje u Dvorovima, kao jedinoj lokaciji gde se koristi geotermalna energija na teritoriji opštine Bijeljina. Nalazište termalnih voda u ovim stenskim masama se prostire po svemu sudeći na celoj teritoriji Opštine. Njegov ukupni geotermalni energetski potencijal iznosi oko $230 \cdot 10^6$ tona termalno ekvivalentne nafte. Prognozne rezerve geotermalne energije u stenskoj masi i termalnoj vodi ovog rezervoara procenjuju se na $57 \cdot 10^6$ tona termalno ekv. nafte, a rezerve samo u termalnoj vodi oko $2 \cdot 10^6$ tona termalno ekvivalentne nafte.



Slika 3.4. **Hidrogeotermalni stub Semberije**

Geotermalna energija iz rezervoara od gornjokrednih krečnjaka i iz njegovih termalnih voda može se jedino eksploatisati pomoću vertikalnih ili kosih bušotina. Najracionalniji način eksploatacije za ovaj rezervoar bi bili reinjekcioni ili "dubl" sistemi. Izlazne temperature termalnih voda iz gornjokrednih krečnjaka treba na celom području da budu > 75 °C.

Nalazište geotermalne energije u trijaskim krečnjacima i dolomitima. Ove stenske mase bi trebalo da predstavljaju glavni hidrogeotermalni rezervoar na teritoriji Opštine. Ova predpostavka se zasniva na rezultatima geotermalnih istraživanja u Mačvi i na osnovu izrade dubokih bušotina u Semberiji. Naime, trijaski karstifikovani krečnjaci i dolomiti su konstatovani u svim dubokim bušotinama u Semberiji i u njima su se dešavali potpuni gubici isplake, a iz tih stena ističu termalne vode u Mačvi.

Ukupan geotermalni energetski potencijal rezervoara od trijaskih krečnjaka i dolomita iznosi oko $1170 \cdot 10^6$ tona termalno ekvivalentne nafte.

Prognozne ukupne rezerve geotermalne energije u njemu (stena + voda) iznose oko $315 \cdot 10^6$ tona termalno ekvivalentne nafte, a samo u termalnoj vodi oko $20 \cdot 10^6$ tona termalno ekvivalentne nafte.

Način eksploatacije geotermalne energije iz trijaskih krečnjaka i dolomita je isti kao i za kredne krečnjake, tj. pomoću vertikalnih i kosih bušotina i "dubl" sistema.

Izlazne temperature termalnih voda iz ovog rezervoara će biti od 80-100 °C.

Na bazi nalazišta geotermalne energije u trijaskim krečnjacima i dolomitima moguće je formirati geotermalna izvorišta za najveće potrošače toplotne snage 50-100 MW_t, kao što je naprimer budući toplofikacioni sistem Bijeljine, ili neki budući veliki agroindustrijski potrošači.

Magnitude svih nalazišta su prikazane na slici 3.5.

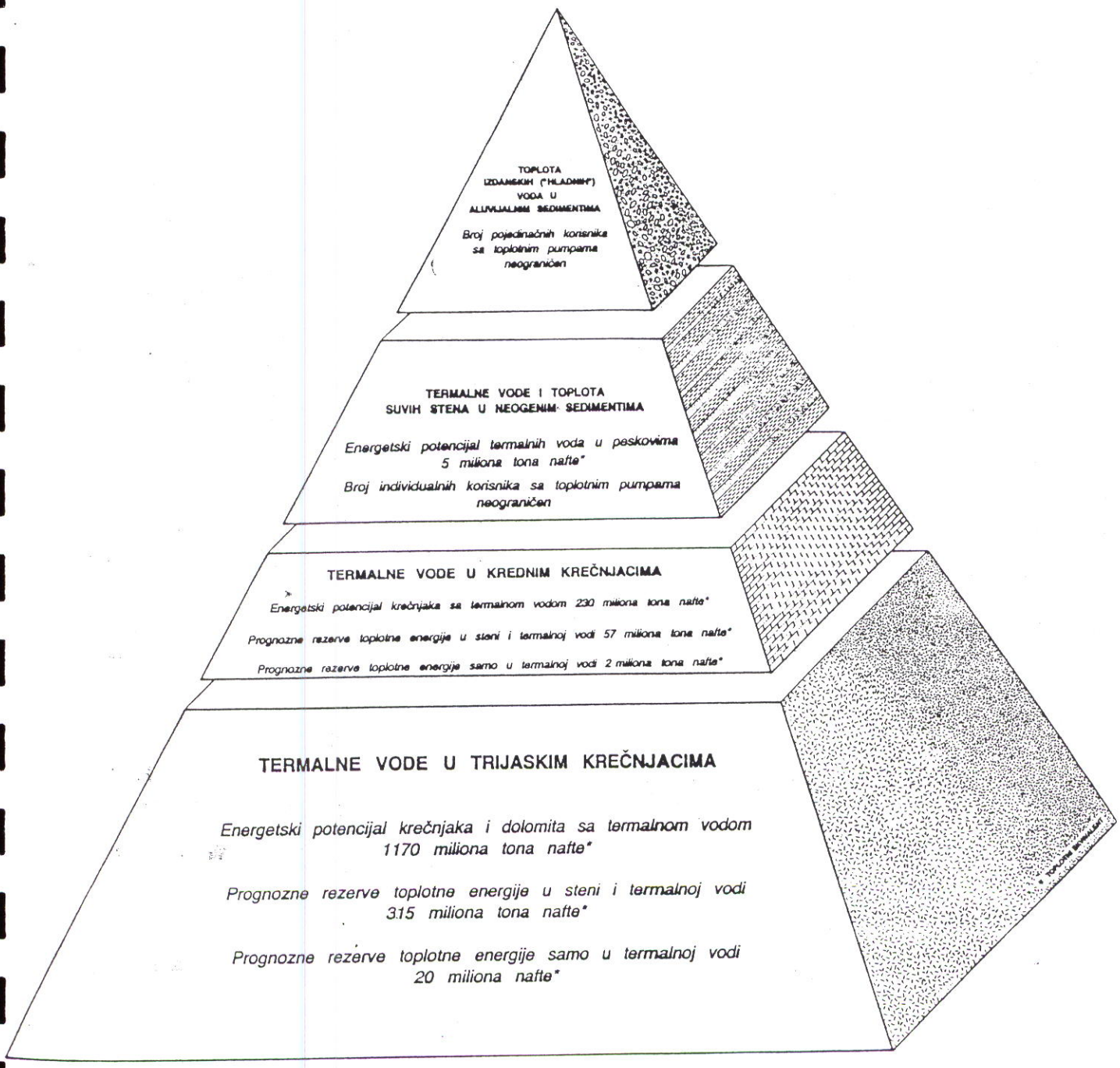
3.5. STRATEGIJA EKSPLOATACIJE I KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

Na teritoriji opštine Bijeljina, kao što je izneto u prethodnom tekstu, prisutna su četiri geotermalna nalazišta.

Prvo nalazište se nalazi unutar freatske izdani pijaćih voda na teritoriji Semberije. Geotermalni resurs predstavlja toplota pijaćih voda koja je geotermalnog porekla.

Drugo nalazište se nalazi unutar sedimentnih stenskih masa pliopleistocenske starosti i

neogene starosti na teritoriji cele Opštine. Geotermalni resurs predstavlja toplota stenskih masa sa funkcijom hidrogeoloških izolatora i toplota termalnih voda u arteskim izdanima unutar peskovitih horizonata unutar pomenutih sedimenata.



Slika 3.5. **Magnitude geotermalnih resursa teritorije opštine Bijeljina**

Treće nalazište se nalazi u gornjokrednim krečnjacima. Geotermalni resurs predstavlja toplota termalnih voda arteske izdani u njima.

Četvrto nalazište se nalazi u srednjo i gornjotrijaskim krečnjacima i dolomitima.

Geotermalni resurs predstavlja toplota termalnih voda arterske izdani u njima.

Pijaće vode u freatskoj izdani Semberije, iako su "hladne", sadrže odredjenu, relativno malu, specifičnu količinu geotermalne energije, ali koja se zbog velikih količina tih voda i velikog prostranstva izdani u najurbanizovanijem delu Opštine, može racionalno eksploatisati i koristiti, kao što je napred rečeno, sa toplotnim pumpama iz sledećih razloga:

- geotermalni resurs u pijaćim vodama, kao i u vodama freatske izdani koje su zagadjene i nisu više pogodne za piće, je dostupan svakome ko poseduje zemljište u području prostranstva freatske izdani;

- ovaj resurs traži najmanje sredstava za ulaganje u finansiranje njegove eksploatacije i korišćenja;

- u području freatske izdani Semberije skoro svi potencijalni budući eksploatatori i potrošači geotermalne energije iz njenih voda već imaju izgradjene eksploatacione objekte u vidu kopanih bunara;

- geotermalni resurs freatske izdani je po platežnim-finansijskim mogućnostima potencijalnih eksploatatora i korisnika geotermalne energije dostupan za korišćenje;

- za eksploataciju ovog resursa postoje potrebni preduslovi: proizvodjači opreme i električna energija;

- eksploatacija i korišćenje ovog resursa ima širok opseg mogućnosti korišćenja u individualnoj poljoprivrednoj proizvodnji i grejanju;

- korišćenjem geotermalne energije iz ovog resursa omogućuje se poboljšanje kvaliteta života zato što u Semberiji nema drugih energetskih goriva u dovoljnim količinama ni za kvalitetno grejanje, pa ni za intenzivnu individualnu agrikulturnu proizvodnju;

- korišćenjem geotermalne energije iz ovog resursa smanjuje se potrošnja električne energije, što se može smatrati povoljnom okolnošću zato što su resursi za njenu proizvodnju ograničeni i vremenom će se sve više smanjivati, tako da će se povećati zavisnost od uvoza.

Pijaće vode i stenske mase pliopleistocenskih i neogenih sedimenata sadrže znatno veće specifične i prostorne količine geotermalne energije, i imaju prostranstvo na celij teritoriji Opštine. Iako su količine termalnih voda u peskovitim kolektorima unutar ovih sedimenata relativno male, a one "hladne" i mlake, njihova geotermalna energija se može racionalno eksploatisati i koristiti na isti način kao i geotermalna energija u vodi

freatske izdani, tj. najvećim delom sa toplotnim pumpama i manjim delom direktno.

Eksploatacija ovog resursa se može vršiti na više načina:

- arteska termalna voda može se zavisno od temperature u pojedinim slučajevima direktno koristiti u sistemima podnog i panelnog grejanja. Ova mogućnost je veoma ograničena zbog ograničenih mogućnosti arteskih izdani;

- arteska termalna voda se može koristiti u sistemu za eksploatacioju i korišćenje geotermalne energije sa toplotnom pumpom, što u odnosu na prethodni slučaj pruža mnogo veće mogućnosti po broju svrha korišćenja, ali je ograničena po broju korisnika;

- geotermalna energija iz stenskih masa ovih sedimenata koji su termo i hidroizolatori može se racionalno koristiti sa toplotnim pumpama sa svim prednostima koje će biti prisutne pri eksploataciji i korščenju geotermalne energije iz voda freatske izdani. Takvo korišćenje omogućuje način eksploatacije geotermalne energije sa takozv. "vertikalnim izmenjivačima toplote" ugradjenim u vertikalne bušotine do dubine od 300 m;

- geotermalna energija iz arterskih voda "in situ", tj. u njihovim kolektorima, takodje se može racionalno koristiti pomoću toplotnih pumpi uz sve prednosti koje će biti prisutne pri eksploataciji i korišćenju geotermalne energije iz voda freatske izdani. Takvo korišćenje omogućuje, takodje, način eksploatacije geotermalne energije sa "vertikalnim izmenjivačima toplote" u zoni kolektora;

- eksploatacija i korišćenje geotermalne energije iz ovih resursa može se vršiti na teritoriji cele Opštine sa svim prednostima koje bi se ispoljile i pri korišćenju voda freatske izdani.

Termalne vode u gornjokrednim krečnjacima, koji su po svemu sudeći prisutni na teritoriji cele Opštine, mogu se racionalno eksploatisati pomoću vertikalnih i kosih bušenih bunara pri samoizlivu ili crpenjem termalnih voda, a njihova geotermalna energija racionalno koristiti na direktan način za neke od mnogobrojnih oblasti korišćenja, koje omogućuje njihova maksimalna temperatura.

- ovaj geotermalni resurs nije dostupan svakome da ga eksploatiše, već odredjenom broju direktnih eksploatatora;

- njegovi eksploatatori, tj. vršioci eksploatacije moraju da imaju odredjene finansijske mogućnosti da bi izgradili sisteme za eksploataciju ovog resursa;

- za razliku od prethodna dva resursa, čija je prednost bila velika disperzivnost eksploatacije, odnosno velika geografska gustina vršioca eksploatacije , ovaj resurs

to ne omogućuje u istoj meri,

- pojedinačna toplotna snaga njegovih sistema za eksploataciju je mnogo veća.

Termalne vode u trijaskim krečnjacima i dolomitima, koji su , takodje, po svemu sudeći prisutni ispod cele teritorije Opštine, predstavljaju glavni geotermalni resurs. Zbog toga on najviše utiče na strategiju eksploatacije i korišćenja geotermalne energije u opštini Bijeljina. Razloga za to ima više:

- trijaski krečnjaci i dolomiti su najverovatnije rasprostranjeni ispod cele teritorije Opštine;
- geotermalni resurs predstavljaju termalne vode visoke temperature, prosečno od 90-100 °C;
- eksploataciju ovog resursa mogu da vrše samo vršioci odredjenih finansijskih mogućnosti;
- gustina budućih potencijalnih vršioca eksploatacije ovog resursa biće mala u odnosu na resurse geotermalne energije u freatskoj i arteskoj izdani;
- toplotna snaga pojedinačnih sistema za eksploataciju je velika, odnosno najveća u odnosu na sve prethodno navedene resurse;
- mogućnosti korišćenja su najveće pošto je temperatura voda ovog resursa visoka;
- korišćenjem ovog resursa stvaraju se veliki sistemi koji će omogućiti ubrzan ekonomski razvoj celoj regiji;
- veliki sistemi za eksploataciju omogućuju veliku gustinu korisnika geotermalne energije.

Na osnovu prethodnih konstatacija smatramo da bi glavni elementi strategije eksploatacije i korišćenja geotermalnih resursa opštine Bijeljina trebalo da budu sledeći:

1) **INDIVIDUALNI, MALI POTROŠAČI**

Za potrebe pojedinčnih, relativno malih potrošača, kao što su seoska (i gradska?) domaćinstva, eksploatacija geotermalne energije treba da se vrši iz geotermalne toplote koju sadrže "hladne" vode freatske izdani pomoću toplotnih pumpi, i iz "suvih" stena i termalnih ("hladnih i mlakih") voda u pliopleistocenskim i neogenim sedimentima do dubine od oko 300 m, takodje sa toplotnim pumpama.

Sa toplotnim pumpama omogućuje se racionalno, pouzdano i ekološki potpuno

čisto korišćenje ovih resursa za sve njegove vrste gde je potrebna toplota na temperaturnom nivou do 70 °C. Na taj način svako domaćinstvo može imati ekonomično, pouzdano i potpuno ekološki čisto grejanje stambenog prostora u zimskom-grejnom periodu, i toplu sanitarnu vodu preko cele godine. Leti, u toplom periodu sa istim sistemom se može vršiti hladjenje, tj. toplotna pumpa omogućuje potpunu klimatizaciju stambenih objekata u toku cele godine. Sa ovom toplotnom mašinom može se vršiti intenziviranje agrikulturne proizvodnje, jer se mogu zagrevati staje; živinarnici, plastenici i staklenici za rasad i gajenje, cveća, povrća i gljiva.

2) **VELIKI POTROŠAČI**

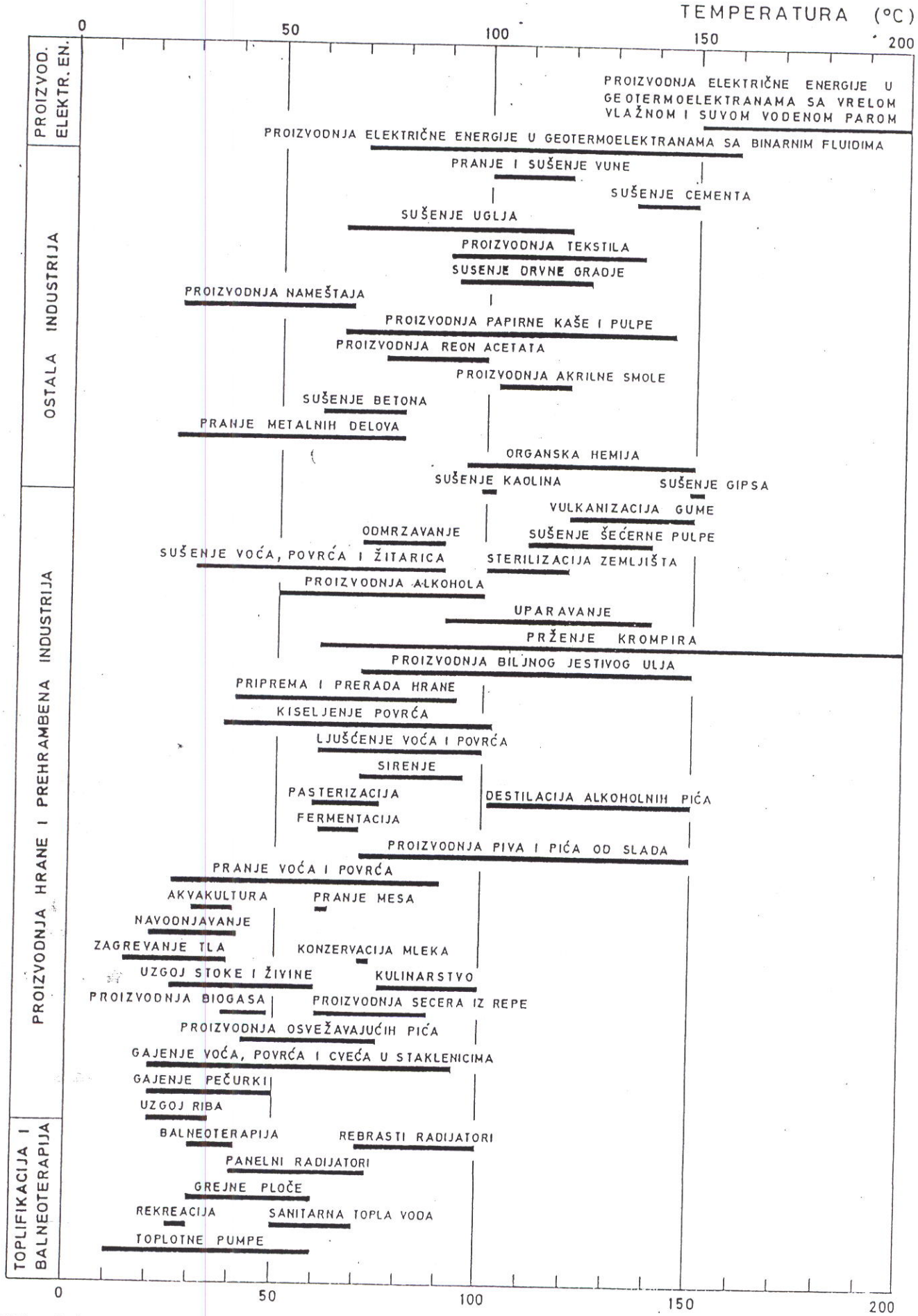
Za potrebe velikih potrošača, kao što su toplifikacija naselja i za potrebe industrije, odnosno za potrebe kompleksnog i kaskadnog samostalnog ili u kombinaciji sa nekim drugim klasičnim energentom-integralnog korišćenja, eksploatacija geotermalne energije treba da se vrši iz nalazišta u krednim a naročito iz nalazišta u trijaskim krečnjacima i dolomitima.

Sa geotermalnom energijom iz navedenih resursa, odnosno nalazišta moguće su sve oblasti njenog korišćenja do temperaturnog nivoa od 100 °C, pa i više, odnosno od 75-100 °C, koje su date na slici 3.6. Moguća je i proizvodnja električne energije za lokalne potrebe.

Potrošači geotermalne energije iz termalnih voda u krednim i trijaskim krečnjacima i dolomitima treba da budu što veći kako bi se pretvorili u centre ekonomskog razvoja cele opštine i regiona. To je već dokazano u svetu. Drugim rečima, regionalni razvoj nije moguć bez korišćenja geotermalne energije.

Kaskadno korišćenje treba da bude osnova svih geotermalnih projekata iz ovih resursa. Takodje, ono treba da se vrši tokom cele godine.

Pošto istraživanja nisu završena, kao ni ocena rezervi geotermalne energije u otkrivenim nalazištima, to eksploatacija i korišćenje treba da počne na lokacijama postojećih individualnih većih potrošača gde ima mogućnosti da se njihov broj proširi. Tek kada se završe istraživanja i ocena rezervi za celo područje Semberije, treba započeti intenzivnu eksploataciju za potrebe velikih potrošača kao krajnjeg cilja, koja treba da pruži najveće efekte i omogući ubrzan razvoj cele regije. Prema sadašnjoj situaciji najveći budući potrošač geotermalne energije na području Semberije, odnosno Opštine je toplifikacioni sistem Bijeljine. On treba da postane zamajac razvoja geotermalnih resursa, odnosno geotermalne energije, jer svetska iskustva pokazuju da takvi veliki sistemi, koji troše velike količine toplote na odredjenom (višljem) temperaturnom nivou, istovremeno omogućuju, i naprosto teraju na korišćenje preostalog dela geotermalne energije za industriju, agri i akvakulturu, turizam i druge oblasti.



Slika 3.6. **Mogućnosti korišćenja geotermalne energije u zavisnosti od temperature hidrogeotermalnog fluida**

3.6. MOGUĆNOSTI EKSPLOATACIJE GEOTERMALNE ENERGIJE

Na teritoriji opštine Bijeljina prisutna su četiri geotermalna resursa. Po tome se ona može smatrati kao veoma bogato područje, a Semberija unutar njega kao veoma konkurentna regija.

Prvi geotermalni resurs predstavlja geotermalna toplota akumulirana u "hladnoj" vodi freatske izdani u aluvijalnim sedimentima Semberije.

Drugi geotermalni resurs predstavljaju "hladne i mlake" vode u peskovitim kolektorima unutar pliopleistocenskih i drugih starijih neogenih sedimenata koji su razdvojeni glinovito-laporovitim sedimentima. U ovaj resurs spada i toplota koju sadrže ti glinoviti sedimenti koji razdvajaju slojeve peska.

Ovi resursi su nesumnjivi, ali dosad nije bili uobičajeno da se "hladne" i "mlake" vode sa temperaturom od 12-15 °C, odnosno od 15-20 °C ubrajaju u geotermalne resurse, a pogotovo slabo zagrejane glinovite naslage. Medjutim, najnovije tehnologije eksploatacije geotermalne energije omogućuju da se takvi mali sadržaji toplote po jedinici zapremine na niskom temperaturnom nivou mogu racionalno eksploatisati. Na taj način, velika količina geotermalne toplote sadržana u velikoj masi takvih prostranih hidro i petroresursa postaje dostupna, odnosno geotermalna energija postaje univerzalna ili globalna energija za korišćenje.

Treći geotermalni resurs predstavlja geotermalna toplota sadržana u gornjokrednim krečnjacima i termalnim vodama u njihovim pornim agregatima.

Četvrti geotermalni resurs predstavlja geotermalna toplota sadržana u srednjo i gornjotrijaskim krečnjacima i dolomitima i termalnim vodama u njihovim pornim agregatima.

3.6.1. **Mogućnosti eksploatacije geotermalne energije iz "hladnih" voda freatske izdani**

Temperatura izdanskih voda u aluvijalnim sedimentima Semberije se kreće od 12-14 °C a količina toplote koju sadrži njen 1 m^3 u temperaturnom intervalu od 8-14 °C iznosi oko $25 \cdot 10^3$ kJ. Ova količina toplote geotermalnog porekla može se "izvući" iz "hladnih" voda ove izdani i preneti do potrošača uz povišenje temperaturnog nivoa uz pomoć toplotne mašine, koja se zove "toplotna pumpa" ili "dizalica toplote". Ovaj uredjaj uz ulaganje jednog dela električne energije za mehanički pogon kompresora proizvodi zajedno sa geotermalnom toplotom iz "hladne" vode tri puta veću količinu korisne toplote na temperaturnom nivou do 70 °C. Prema tome, racionalne mogućnosti za eksploataciju geotermalne energije iz voda freatske izdani na području Semberije postoje, pogotovo što za te svrhe nisu potrebni specijalni eksploatacioni bunari za crpenje vode, već su za to sasvim dovoljni i postojeći kopani ili bušeni bunari. Sistem

može biti otvoren kada se voda uzima iz izdani a ne vraća nazad u nju, i zatvoren, kada se voda uzima iz jednog bunara, a vraća kroz drugi kopani bunar u izdan (slika 3.7).

3.6.2. Mogućnosti eksploatacije geotermalne energije iz "hladnih i mlakih" voda i stenskih masa pliokvartarne i neogene starosti

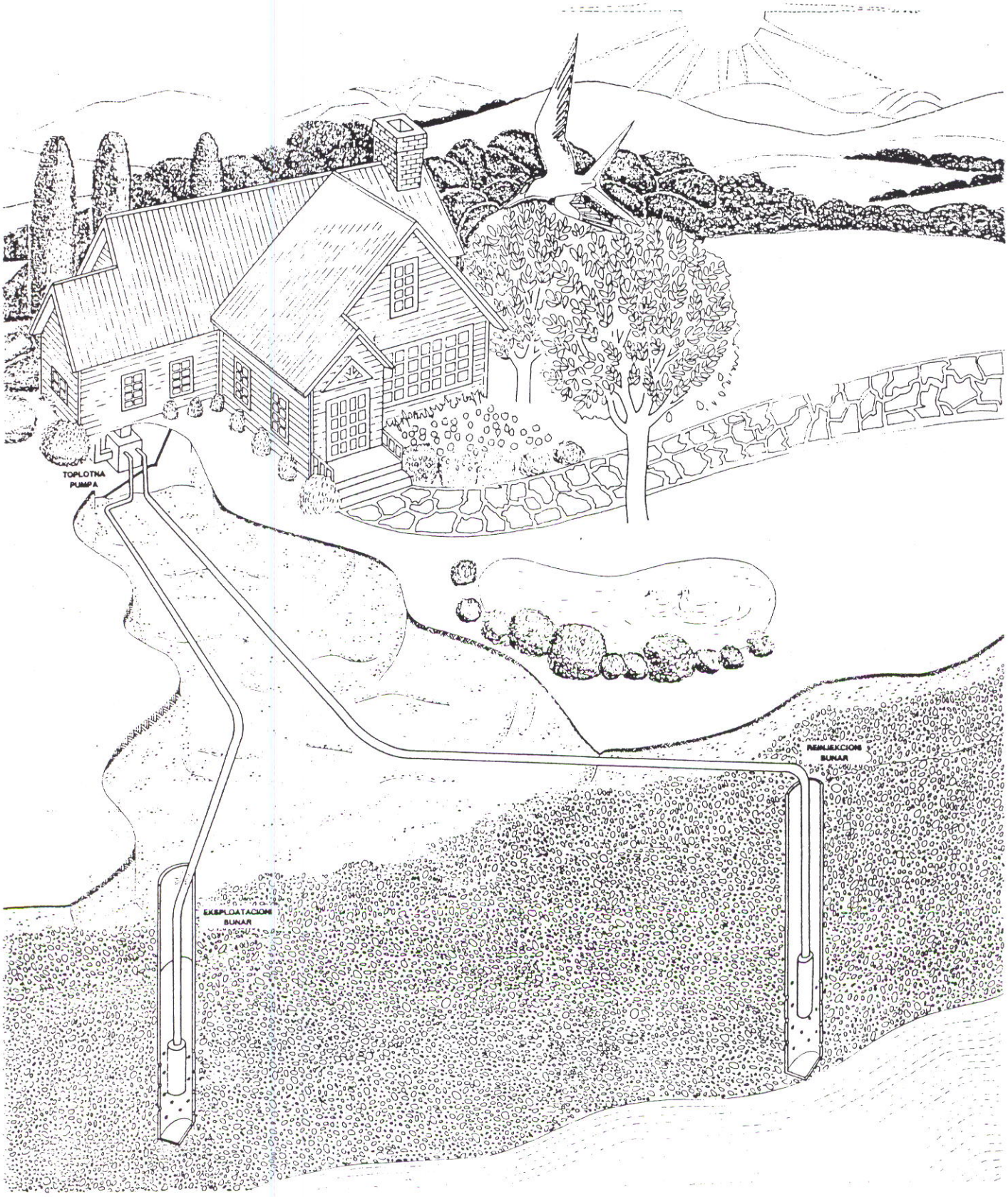
Geotermalna energija u ovom kompleksu sedimentnih stena akumulirana je u arteskim izdanskim vodama u peskovitim horizontima i u glinovito-laporovitim slabo vodopropusnim ili vodonepropusnim stenama, koje razdvajaju slojeve peska. Debljina ovog kompleksa je do 250 m. Temperatura u njemu je od 15-25 °C.

Eksploatacija geotermalne energije iz voda arterske (ili arteskih?) izdani s obzirom na njihove temperature može se racionalno, sigurno i pouzdano vršiti jedino pomoću toplotnih pumpi.

Pošto se radi o izdani (ili izdanima?) male debljine i relativno malih vodnih rezervi, mora se promeniti način njihove eksploatacije, odnosno njihove geotermalne energije u odnosu na način eksploatacije geotermalne energije iz voda freatske izdani. Zbog toga postoji mogućnost, ako se izradi veći broj bunara, da nivo izdani opadne ispod površi terena, tj. da arterska izdan postane subarteska. To automatski povlači za sobom smanjenje broja vršioca njene eksploatacije i ograničenje njenih eksploatacionih mogućnosti. Da ne bi došlo do takvih neželjenih efekata zbog eksploatacije geotermalne energije, jer postojeći prirodni (arteski) hidraulički mehanizam te izdani (ili više izdani?) treba što duže čuvati, zato što se njene vode koriste za piće u za to najugroženijem-severnom delu Semberije, to eksploataciju geotermalne energije treba vršiti bez izvlačenja mase (=vode), već samo izvlačenjem toplote. Takav način eksploatacije, koji zadovoljava sve postavljene uslove, može se izvesti pomoću "bušotinskih vertikalnih izmenjivača toplote". Ovakvi sistemi su sasvim zatvoreni i sa njima se neznatno narušava samo prirodni geotermalni režim, dok se ostali parametri ne remete (hidraulički režim, kvalitet vode, rezerve).

Na isti način, tj. pomoću "bušotinskih vertikalnih izmenjivača toplote" moguće je racionalno, pouzdano i sigurno eksploatisati i geotermalnu energiju iz glinovitih stena u pomenutom sedimentnom kompleksu.

Vlasnici postojećih "arteskih" bunara mogu iz voda koje iz njih ističu samoizlivom ili se crpe pumpom, izvući geotermalnu energiju pomoću toplotne pumpe, pa tek ih posle toga koristiti za piće i druge svakodnevne životne potrebe. Ovakav sistem eksploatacije je otvoren jer se bezpovratno crpi i masa i energija. Inače, i ovaj sistem eksploatacije je, takodje, racionalan, pouzdan i siguran.



Slika 3.7. **Eksploatacija i korišćenje geotermalne energije pomoću toplotnih pumpi iz "hladnih" voda freatske izdani u aluvijalnim naslagama Semberije**

3.6.3. Mogućnosti eksploatacije geotermalne energije iz termalnih voda i stenskih masa gornjokredne i trijaske starosti

Geotermalna energija u ovom sedimentnom kompleksu velike debljine akumulirana je u arteskim termalnim vodama u gornjokrednim krečnjacima i trijaskim krečnjacima i dolomitima, kao i u samim tim stenskim masama. Dosad konstatovana ukupna debljina ovih stena iznosi oko 1.000 m, odnosno procenjuje se na oko 1.500 m maksimalno. Temperatura u njemu je od 80-130 °C.

Eksploatacija geotermalne energije samo iz termalnih voda u gornjokrednim i trijaskim krečnjacima (i dolomitima) može se racionalno vršiti pomoću pojedinačnih vertikalnih (i kosih) dubokih bušotina dubine od 1.300-3.000 m.

Intenzivna eksploatacija geotermalne energije iz ovih rezervoara, odnosno iz termalnih voda i stenske mase može se vršiti jedino pomoću reinjekcionih "dubl" sistema.

Reinjekcioni ili "dubl" sistem se sastoji od jedne eksploatacione bušotine i jedne injekcione bušotine. Injekciona bušotina služi da se kroz nju potpuno ili delimično energetski iskorišćena termalna voda vraća nazad u njen primarni rezervoar na dogrevanje od strane geotermalne energije akumulirane u stenskoj masi i od strane terestričnog toplotnog toka.

Pošto se radi o glavnom visokotemperaturnom složenom rezervoaru velike debljine i prostranstva, to je iz njega moguća najintenzivnija eksploatacija geotermalne energije sa velikom toplotnom snagom. Ovaj rezervoarski kompleks nije dovoljno istražen, pa zbog toga nisu dovoljno poznate ni njegove mogućnosti eksploatacije. Da bi se te mogućnosti mogle sagledati na nivou preliminarne ocene, kao što je ova Studija, to je zbog toga primenjena metoda hidrogeotermalnog modeliranja. Za taj proces korišćen je kompjuterski program AQVA (Vatnaskil, 1993), koji omogućuje izradu velikih regionalnih hidrogeotermalnih modela sa detaljnom mrežom, kako na makro, tako i na mikro planu.

3.6.3.1. Osnovne karakteristike hidrogeotermalnog modela

Ocena mogućnosti eksploatacije je izvršena na hidrogeotermalnom modelu, koji je izradjen na bazi geološkog modela terena. Geološki model terena je obuhvatio područje podloge tercijarnih sedimenata u kome su utvrdjene, ili se predpostavlja da će biti prisutne krečnjačke stenske mase trijaske (i kredne) starosti, kao glavni rezervoar hidrogeotermalnog konvektivnog sistema. Takav geološki, odnosno prvi ili konceptualni hidrogeotermalni model je izradjen od strane Milivojević & Perić (1986). Na tom prvom modelu, koji je obuhvatio veliku teritoriju površine oko 6.000 km^2, područje Opštine Bijeljina, odnosno Semberija, je predstavljalo jedan njegov deo zajedno sa Mačvom, Sremom i Posavo-Tamnavom. Takav konceptualni trodimenzionalni model tog velikog

hidrogeotermalnog sistema je za potrebe ove Studije dopunjen novim podacima o hidrogeotermalnim karakteristikama terena u statičkom i dinamičkom smislu da bi mogao poslužiti kao osnova za izradu matematičkog modela. To je sve bilo potrebno učiniti da bi se na tako dobijenom kompleksnom preliminarnom hidrogeotermalnom modelu mogla izvršiti prvo simulacija ponašanja hidrogeotermalnog nalazišta u prirodnim uslovima, a zatim u toku neke zadate buduće intenzivne eksploatacije.

3.6.3.2. Granice modela

Za odredjivanje granica modela poslužili su rezultati geoloških istraživanja dobijeni u toku izrade OGK SFRJ (slika 3.8), rezultati istraživanja nafte i gasa, rezultati geofizičkih istraživanja, kao i rezultati namenskih hidrogeotermalnih istraživanja. Na osnovu njihove kompleksne analize definisane su granice modela, tj. granice mogućeg rasprostranjenja jedinstvene akumulacije termalnih voda u okviru rezervoara od, uglavnom, trijaskih krečnjaka i dolomita, i manjim delom od krednih kečnjaka.

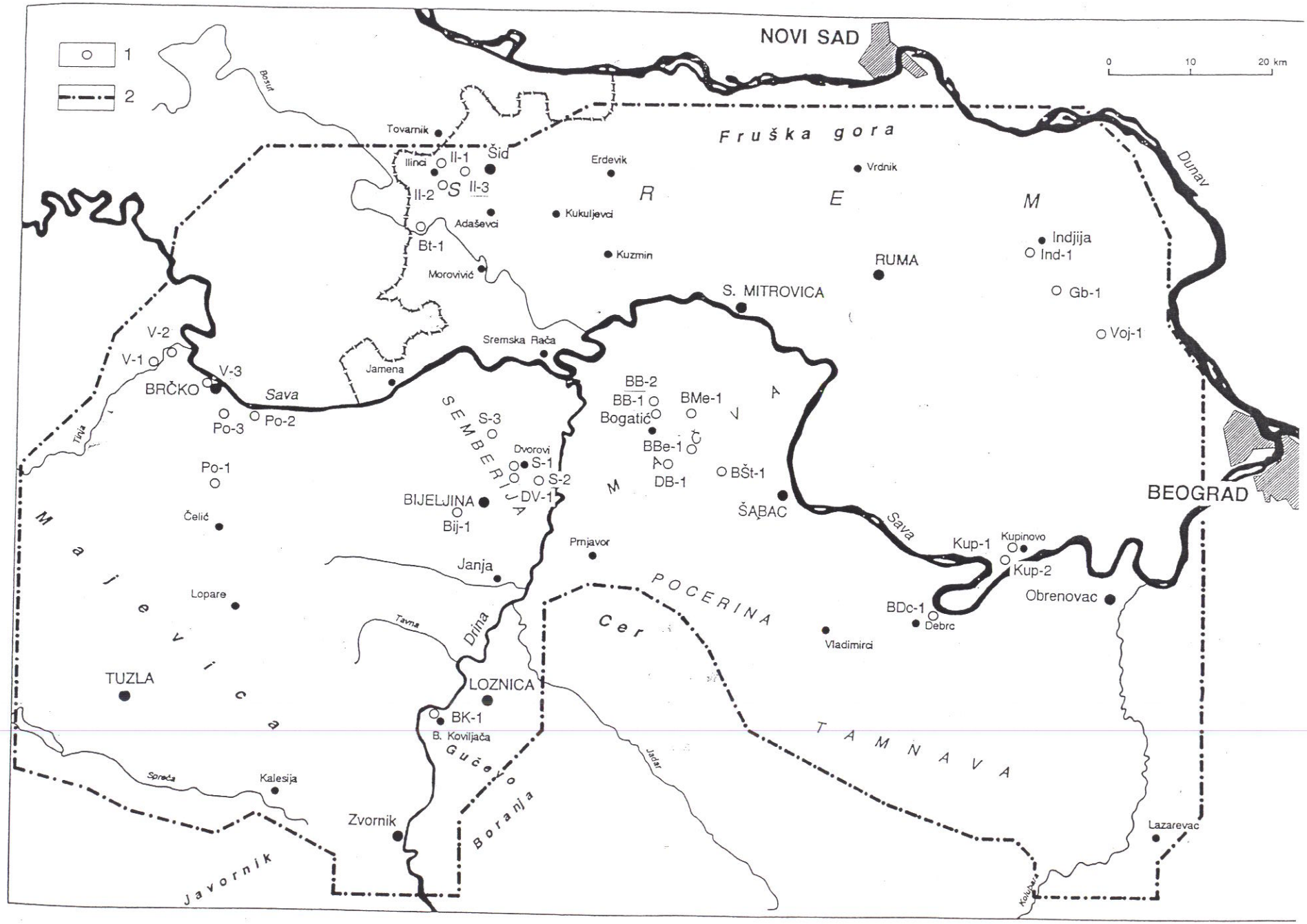
Južnu granicu modela čini Majevica, Gučevo, Cer i Vlašić. Severna granica se u užem smislu prostire do reke Save, a u širem do Fruške gore. Na zapadu model se proteže do JZ obronaka planine Majevice i reke Tinje, a na istoku do Obrenovca, Beograda i Dunava. Sve granice modela su definisane kao vodonepropusne i dovoljno su udaljene od eksploatacionog područja, tako da je njihov uticaj zanemarljiv (slika 3.8).

Model zahvata površinu od oko 6.000 km^2, koja je na matematičkom modelu diskretizovana sa 4.000 trougaonih elemenata. Veličina trouglova, tj. gustina mreže varira u zavisnosti od očekivanih hidrauličkih gradijenata. Mreža je gušća u područjima buduće eksploatacije, tj. u područjima strmih gradijenata.

3.6.3.3. Zone hranjenja i pražnjenja hidrogeotermalnog rezervoara

Hranjenje rezervoara, odnosno geotermalnog nalazišta masom, tj. vodom najverovatnije se vrši infiltracijom padavina na njegovim otkrivenim delovima unutar područja modela, i poniranjem voda reke Drine u području uzvodno od Banje Koviljače, gde se trijaski krečnjaci nalaze u samom njenom koritu, a verovatno i u području aluvijalne ravni Drine izmedju Lipnice i Lešnice, gde postoji mogućnost da su trijaski krečnjaci na maloj dubini ispod aluviona Drine.

Pražnjenje rezervoara se vrši u područjima gde su trijaske i kredne stenske mase otkrivene i nalaze se na površi terena ispod kote 90 m.n.v. (područje JI od Šabca) i pretakanjem u pliće horizonte neogene starosti. Postoji i mogućnost difuznog isticanja u korito reke Save u okolini Šabca, ali to nije potvrdjeno i kao takvo na modelu nije uzeto u obzir.



Slika 3.8. **Granice hidrogeotermalnog modela sa lokacijama dubokih istražnih bušotina koje su korišćene za njegovu izradu** (1-istražna bućotina; 2-granica hidrogeotermalnog modela)

3.6.3.4. Početni uslovi

U prvoj fazi izrade hidrogeotermalnog modela rekonstruisani su početni piezometarski nivoi unutar modela u prirodnim uslovima, tj. izradjen je model prirodnog stanja, koji je u drugoj fazi poslužio kao početni model za simulaciju njenog ponašanja u toku eksploatacije (slika 3.9). Za to su korišćeni rezultati dobijeni na svim izvedenim istražnim hidrogeotermalnim bušotinama u Mačvi, Posavo-Tamnavi, Sremu i Semberiji u kojima su mereni piezometarski nivoi u različitim temperaturnim uslovima: prilikom isticanja, tj. crpenja, odmah po zatvaranju bušotine ili nekoliko meseci posle zatvaranja. Sve ove podatke o izmerenim piezometarskim nivoima trebalo je svesti na merenja u istim temperaturnim uslovima, tj. eliminisati uticaj termolifta koji se javlja kao posledica porasta temperature u stubu bušotine, a manifestuje se kroz povećanje arteskog pritiska. Najveći uticaj termolifta zabeležen je na bušotini BB-1 u Bogatiću i iznosi više od 6 m vodenog stuba. Zbog toga su izmereni piezometarski nivoi svedeni na stacionarno stanje merenja, tj. eliminisan je uticaj termolifta. Za ova izračunavanja korišćen je program PREDIP (Bjornason, 1994).

Izvedena termokarotažna merenja u istražnim bušotinama poslužila su za izradu karte distribucije temperature u području modela, kojom su preliminarno definisane tempearturne karakteristike rezervoara (slika 3.10).

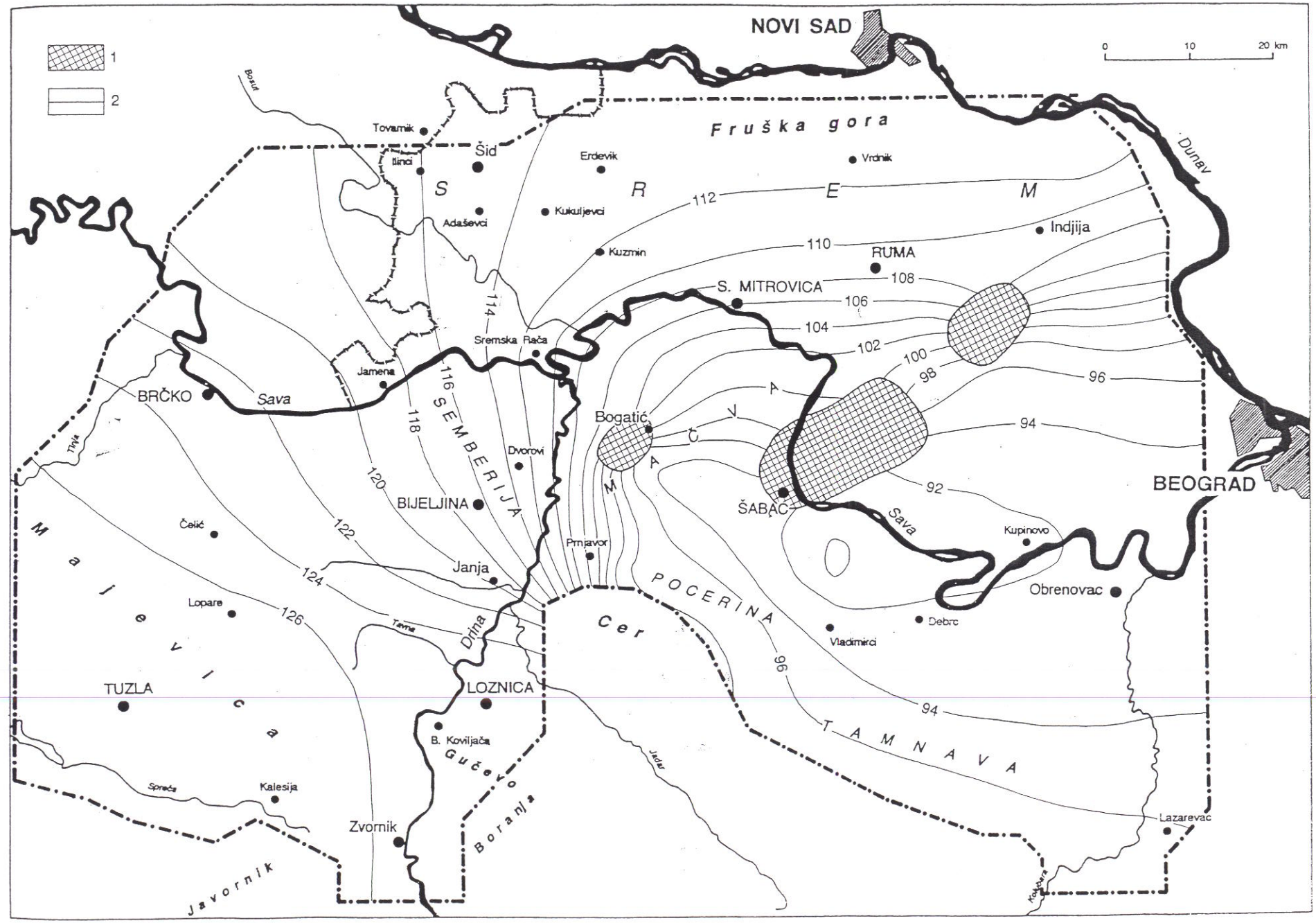
3.6.3.5. Hidrogeološki parametri

Odredjivanje hidrogeoloških parametara vršeno je na nekoliko načina u zavisnosti od podataka koji su bili na raspolaganju za pojedine delove modela.

Relativno najreprezentativniji podaci dobijeni su interpretacijom testova crpenja iz istražnih bušotina (Dvorovi, Bogatić, Dublje, Debrc, Kupinovo). Hidrogeološki parametri u područjima za koja nisu postojali egzaktni podaci odredjivani su inter i ekstrapolacijom, preslikavanjem vrednosti iz područja sa sličnim hidrogeološkim karakteristikama, kao i statističkim metodama.

Istarirana veličina propustljivosti (transmisibilnosti) za kompletno područje modela kreće se u granicama od $8 \cdot 10^{-4}$ do $6 \cdot 10^{-3}$ m^2/s, što odgovara vrednostima dobijenim interpretacijom testova crpenja.

Specifična izdašnost je u granicama $5 \cdot 10^{-4}$ do $5 \cdot 10^{-3}$. Za područje Semberije prosečna propusnost je uzeta sa vrednošću od $5 \cdot 10^{-3}$ m^2/s, a za specifičnu izdašnost je uzeta vrednost od $4 \cdot 10^{-3}$.



Slika 3.9. **Karta prirodnog početnog piezometarskog nivoa (m.n.v) nalazišta termalnih voda u rezervoaru od trijaskih i gornjokrednih krečnjaka** (1-područje u kome nema rezervoarskih krečnjačkih stena; 2-izopieza)

3.6.3.6. Metodika modeliranja i parametri simulacije eksploatacije

Izrada, tariranje i verifikacija matematičkog hidrogeotermalnog modela izvršena je u dve faze. U okviru prve faze na modelu je simulirano ponašanje rezervoara u prirodnom stanju. Cilj ove simulacije je dobijanje piezometarskih nivoa prirodnog stanja izdani i njihovo usaglašavanje sa izmerenim podacima. Model prirodnog stanja rezervoara (slike 3.8, 3.9. i 3.10), kao rezultat prve faze, poslužio je kao početni model prilikom izrade modela druge faze, tj. simulacije ponašanja rezervoara tokom eksploatacije.

Druga faza modela započela je lociranjem mogućih budućih geotermalnih izvorišta pri čemu je kao jedno od mogućih odredjeno područje Bijeljine, jer se u ovoj Studiji kao konkretan problem analizira mogućnost njene totalne toplifikacije. U vezi s tim kao polazna osnova za odredjivanje eksploatacionih količina poslužili su rezultati proračuna potrebnih količina termalnih voda za taj projekat, koji će biti najveći budući potrošač geotermalne energije, tako da se u modelske proračune i analize ušlo sa 500 l/s termalne vode temperature 80 °C (poglavlje 3.5.6).

Mikrolokacije budućih eksploatacionih bušotina odredjene su na osnovu prostornog plana Bijeljine i rasporedjene su u obliku prstena u centralnom delu grada (slika 3.11). Predvidjeno je da se eksploatacija termalnih voda za potrebe toplifikacije vrši kontinualno 6 meseci u toku godine, dok bi drugih 6 meseci bunari bili van eksploatacije.

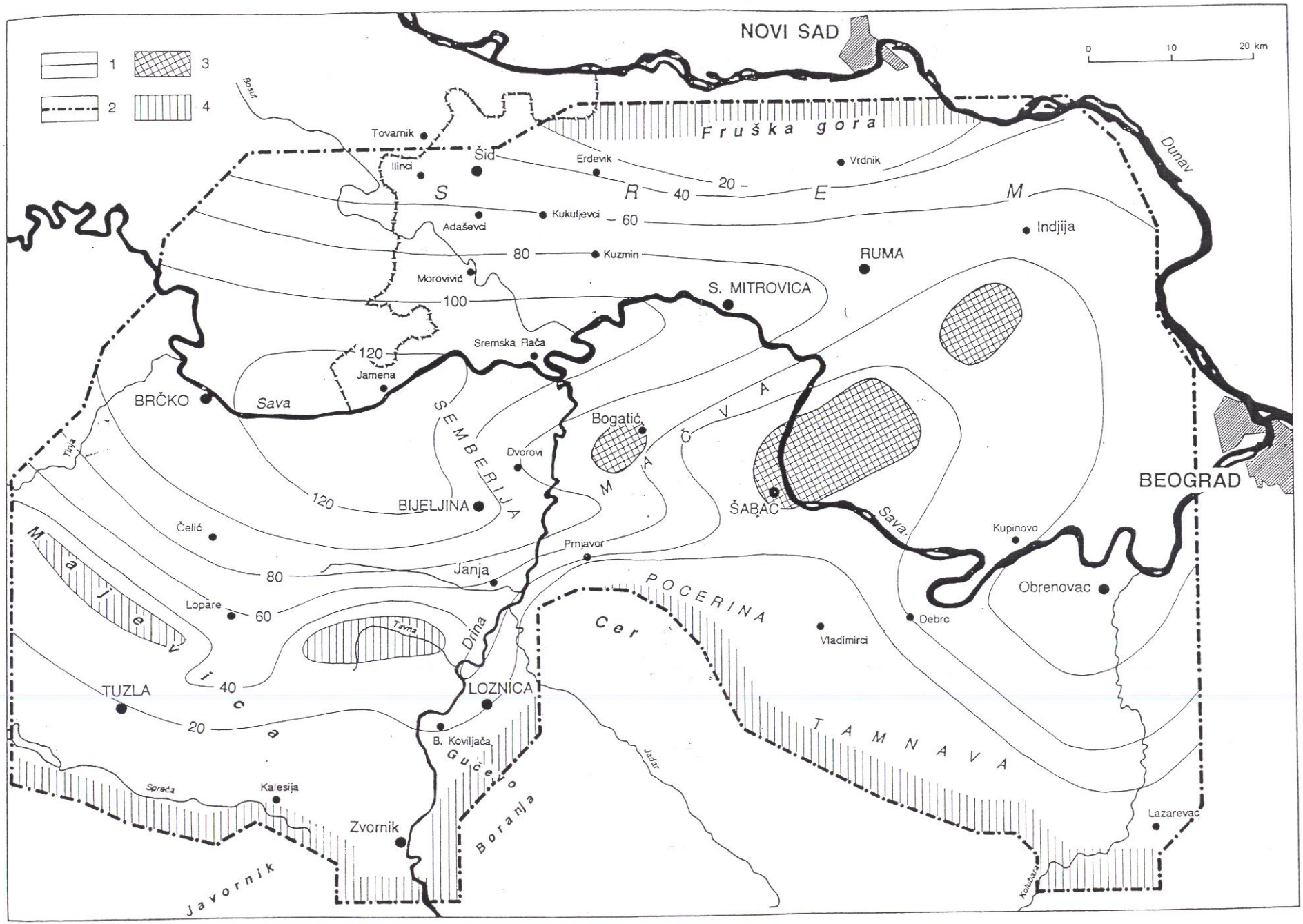
Na matematičkom hidrogeotermalnom modelu locirano je ukupno 5 istražno-eksploatacionih bunara na unapred zadatim makrolokacijama (slika 3.11) sa zadatim kapacitetom eksploatacije od 100 l/s po bunaru, tj. izvorištu.

Odredjeni kapacitet od 100 l/s ne znači da će on stvarno biti i postignut po jednom objektu, već ostavlja mogućnost da se on ostvari na datoj mikrolokaciji iz dva ili tri bunara u zavisnosti od njihovih pojedinačnih mogućnosti.

3.6.3.7. Rezultati modeliranja

Rezultati simulacije na modelu pokazuju da će maksimalno sniženje tokom prvih 180 dana eksploatacije biti od 35-40 m u eksploatacionom polju bunara B-4, ili 25 m od nivoa terena. Posle 180 dana bez eksploatacije piezometarski nivo će se vratiti do kote 114 m.n.v. uz ostatak rezidualnog sniženja od 2 m.

Simulacija tridesetogodišnje eksploatacije po dinamici crpenja 180 dana godišnje pokazuje sniženje u rasponu od 60-65 m u pojedinim izvorištima (slika 3.11). Uzimajući u obzir da će sniženje u eksploatacionom polju biti u rasponu od 60-65 m ili od 45-50 m od nivoa terena, u bunare je potrebno ugraditi bunarske pumpe. Dubina ugradnje pumpi bi se definisala posle testiranja svakog pojedinačnog eksploatacionog bunara i odredjivanja njegovih karakteristika, tj. kvaliteta njegove izrade i eksploatabilnih mogućnosti.



Slika 3.10. **Karta temperature termalnih voda (°C) na gornjoj granici rezervoara od trijaskih krečnjaka** (1-izoterma; 2-granica hidrogeotermalnog modela; 3-područje u kome nema rezervoarskih krečnjačkih stena; 4-deo krečnjačkog rezervoara sa hladnom vodom)

Rezultati tridesetogodišnje simulacije pokazuju da je moguće eksploatisati 500 l/s termalnih voda na području Bijeljine uz upotrebu bunarskih pumpi i kao takvi mogu da posluže za izradu tehno-ekonomske analize isplativosti rešenja toplifikacije Bijeljine uz korišćenje termalne vode.

Kompletna dosadašnja istraživanja i rezultati ispitivanja na opisanom preliminarnom hidrogeotermalnom modelu pokazuju i dokazuju da na području Bijeljine postoje uslovi za eksploataciju termalnih voda, tj. geotermalne energije u količinama koje omogućuju njenu totalnu toplifikaciju i mnoga druga kompleksna njena korišćenja u gradu. Zbog toga bi trebalo da se pristupi realizaciji detaljnih hidrogeotermalnih istraživanja na području grada i Semberije u cilju izrade detaljnog hidrogeotermalnog modela na mikro planu.

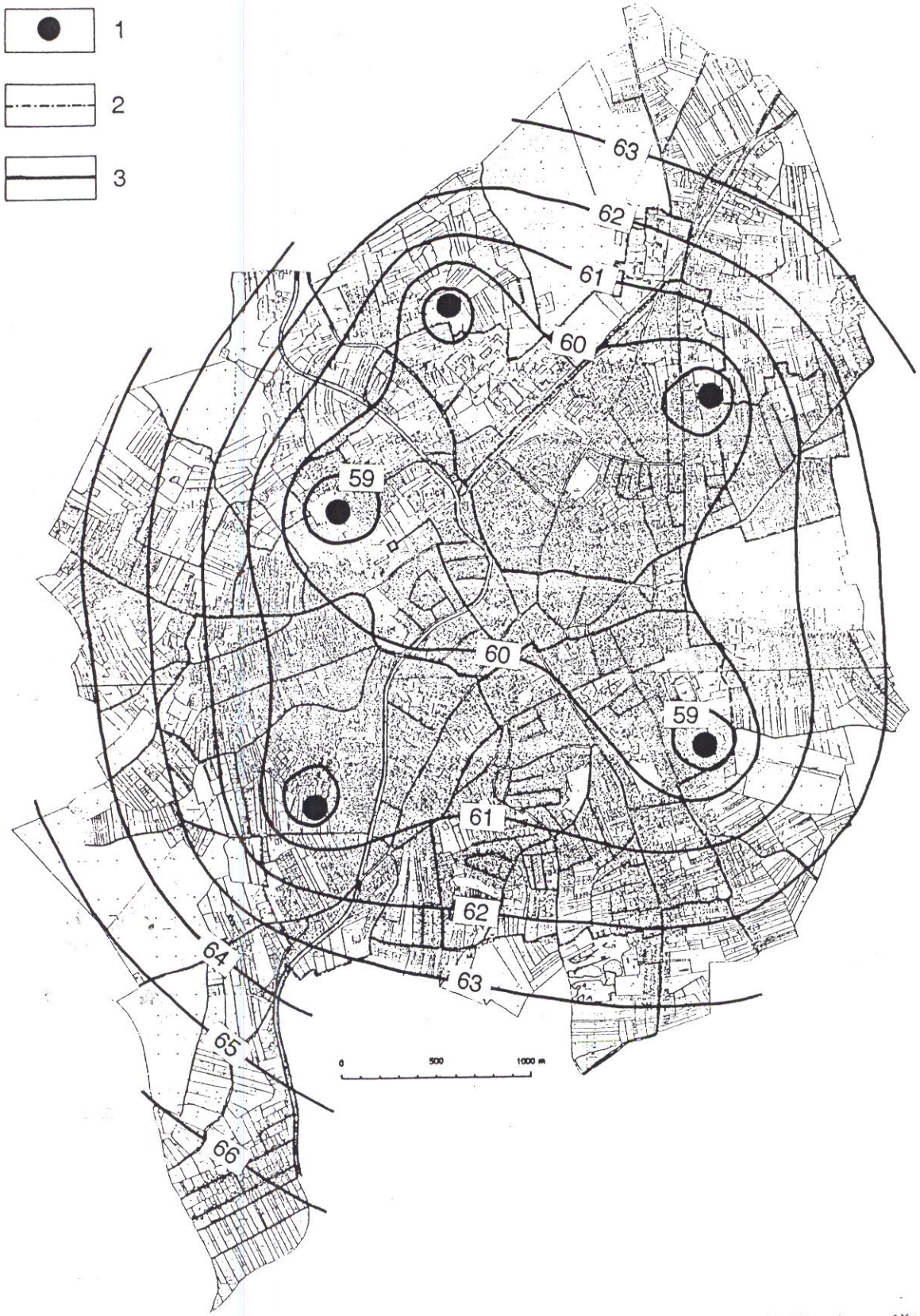
Prikazani rezultati su dobijeni za slučaj eksploatacije sa pojedinačnim nezavisnim bunarima u kojima se samo bezpovratno uzima masa-termalna voda i toplotna energija iz rezervoara. Ova varijanta je odabrana kao pesimistička da bi se sagledalo ponašanje rezervoara u tako nepovoljnim uslovima eksploatacije sa toplotnom snagom od 120 MW_t. Ovakav način eksploatacije sa bezpovratnim crpenjem fluida se sve manje primenjuje u svetu, jer se pokazao kao neracionalan zbog toga što je sa njime iskorišćenje rezervoara samo 10 %.

Pošto je prema datom modelu rezervoar izdržao proveru, to se dati kapacitet eksploatacije od 500 l/s termalne vode može smatrati kao minimalan. Zbog toga u sledećim analizama koje će se vršiti posle dobijanja prvih egzaktnih rezultata podataka o rezervoaru od trijaskih krečnjaka, kao što treba da budu rezultati testiranja nedovršene bušotine Dv-1, treba simulirati eksploataciju sa reinjekcionim "dubl" sistemima, jer je sa njima iskorišćenje rezervoara od 25-35 %.

3.6.3.8. Vrste tehničkih rešenja za intenzivnu eksploataciju geotermalne energije

Eksploatacija sa jednim bunarom može se vršiti kada je njen kapacitet mali u odnosu na rezerve fluida u nalazištu, odnosno rezervoaru i kada je hemijski sastav fluida takav da se on posle izvlačenja toplotne energije iz njega može ispuštati u neki površinski recipijent. Ekonomska pogodnost eksploatacije sa jednim bunarom je očigledna kada on zadovoljava potrebe korisnika a ne utiče na prirodno stanje rezervoara. Ovakvo rešenje eksploatacije traži relativno male investicije, naročito kada je projekat malih razmera pa nema mogućnosti za amortizaciju troškova izrade injekcionog bunara.

Nedostaci rešenja eksploatacije sa jednim bunarom su u početku tehničke prirode, ali na kraju imaju negativan uticaj na ekonomiku projekta. Naime, kao rezultat se javlja pad pritiska i uticaj na susedne bunare što dovodi do smanjenja izdašnosti svakog od njih. Taj problem se ne može rešiti novim usamljenim eksploatacionim bunarima, jer se sa njihovom izgradnjom još više smanjuje izdašnost svakog od prisutnih bunara.



Slika 3.11. **Situacioni plan Bijeljine sa lokacijama geotermalnih izvorišta i izolinijama sniženja piezometarskog nivoa termalnih voda (m.n.v.) posle 30 godina eksploatacije sa režimom od 6 meseci godišnje** (1-geotermalno izvorište; 2-granica toplifikacione zone; 3-izopieza)

Rešenje sa dva bunara ("dublet") od kojih je jedan eksploatacioni a drugi injekcioni, nudi prednost u odnosu na eksploataciju sa jednim bunarom. Te prednosti su: 1) ne vrši se termalno ili hemijsko zagadjenje recipijenta, 2) smanjuje se pad pritiska u rezervoaru, odnosno nalazištu usled njegovog obnavljanja preko injekcionog bunara, i 3) omogućuje se intenzivna eksploatacija resursa.

Lokacija injekcionog bunara se bira sa posebnom pažnjom na osnovu simulacionog hidrogeotermalnog modela da bi se za opšte prihvaćeni vek eksploatacije od 30 godina izbeglo dospevanje fronta hladjenja stenske mase rezervoara oko injekcionog bunara do eksploatacionih bunara, odnosno pad temperature dela rezervoara izmedju eksploatacionog i injekcionog bunara se programira da ne bude veći od 5 °C posle 30 godina eksploatacije.

Uticaji medjusobnog delovanja eksploatacionog i injekcionog bunara mogu se prognozirati na simulacionom hidrogeotermalnom modelu na mikro planu, a ujedno se odrediti vek eksploatacije rezervoara i njegovog nalazišta. Na ovakav način se istovremeno vrši i optimizacija izrade odgovarajućih objekata za korišćenje geotermalne energije.

Nedostaci dubleta su u tome što su troškovi duplo veći od izrade jednog bunara, potrebni su dodatni troškovi za injekcionu pumpu, cevovode, instrumente za praćenje injektiranja i rad pumpi. Medjutim, injekcioni bunar je obično u stanju da više primi nego što je izdašnost eksploatacionog bunara, što znači da je potrebno manje injekcionih bunara od eksploatacionih.

3.7. MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

Neposredno korišćenje geotermalne energije, koje se u ovoj Studiji dokazuje kao moguće za područje Bijeljine i Semberije, je rasprostranjeno širom sveta. U izvesnom broju zemalja ono je već tradicionalno (Japan, Novi Zeland, Island, Madjarska, Italija). Danas se geotermalna energija koristi u razne svrhe u širokim razmerama. Poznati svetski primeri su toplifikacija naselja na Islandu i Francuskoj, i proizvodnja hrane u "staklenim baštama" u Madjarskoj.

3.7.1. Opšte napomene o korišćenju geotermalne energije

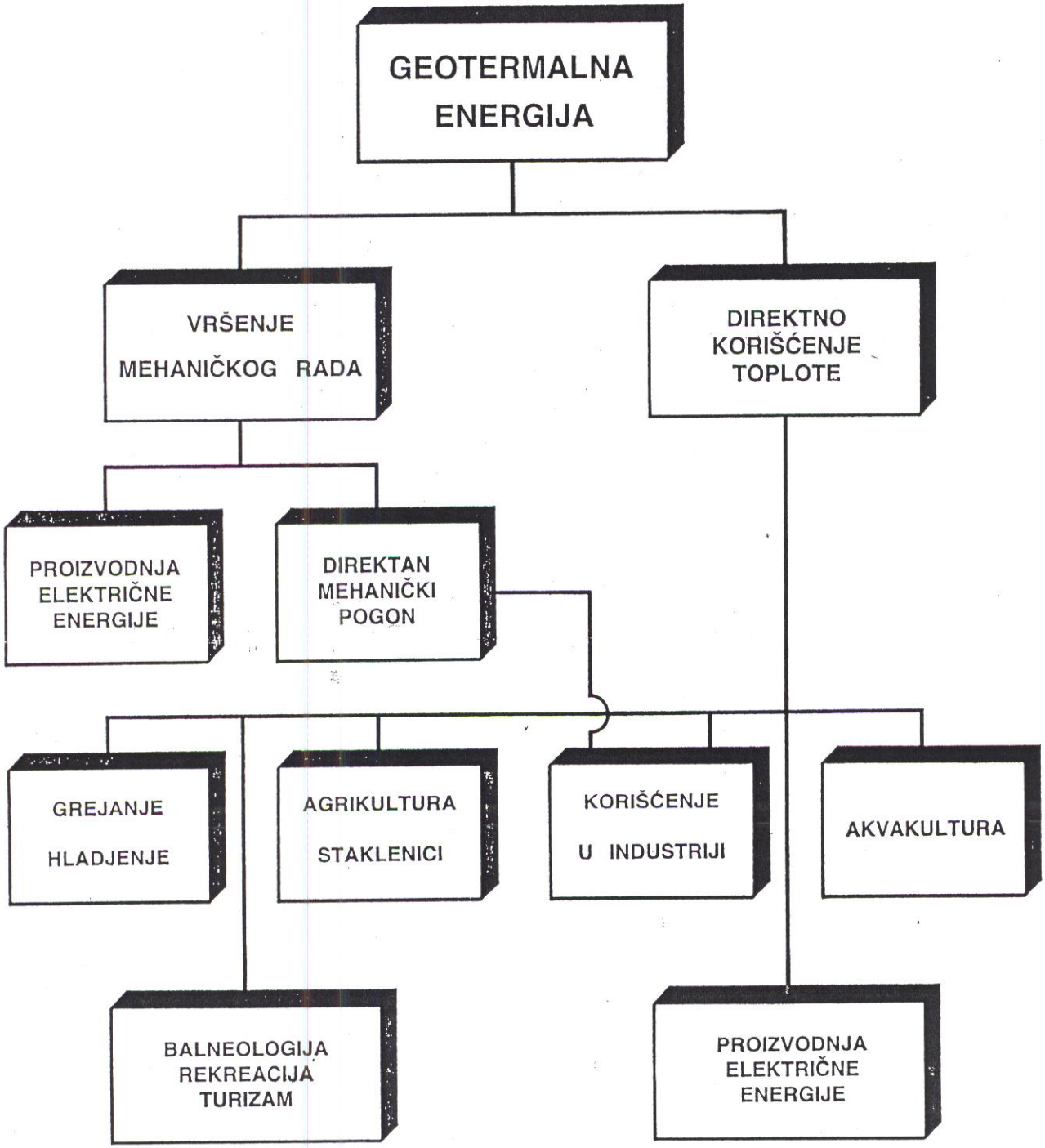
Tehnologija direktnog korišćenja geotermalne energije je veoma dobro razradjena. Može se reći da je usavršena, odnosno da je njen razvoj na vrhuncu. Medjutim, i pored svega toga u mnogim slučajevima u bivšoj SFRJ, i današnjoj SRJ, pa i u Bijeljini i Semberiji, kada se trebalo pristupiti konkretnim projektima i akcijama da se razvoj geotermalnih

resursa dovede do korišćenja, kao krajnjeg cilja, isprečile su se teškoće koje su to onemogućile. Razloga za to ima više. I pored toga što je odavno dokazano u svetu da je ekonomski efekat direktnog korišćenja geotermalne energije u prednosti nad drugim izvorima energije, poznata klasična tehnička rešenja grejanja naftom (tečna goriva), ugljem, strujom i gasom, često su prihvatljivija od manje uobičajenog geotermalnog rešenja. Šta više, kao svojevrstan apsurd, rizik za kupovinu-uvoz nafte i gasa izgleda da je manji nego rizik bušenja za dobijanje geotermalne vode, čak i tamo gde je dokazano da ga praktično neće biti. Veliki sistemi za proizvodnju i distribuciju energije ostvaruju veliku zaradu na sagorevanju uglja, uvozu nafte i gasa, a inženjeri teško prihvataju da projektuju korišćenje novog energenta zbog, takodje, više razloga. Pošto još ne vladaju ekonomski zakoni na tržištu, nisu na to primorani od svojih poslodavaca. Problem je i što geotermoenergetika još nema ravnopravan status, tako da zbog toga još nije započelo integralno korišćenje energetskih resursa. U sadašnjim uslovima vrše se i politički pritisci da se odredjeni fosilni energenti koriste zbog globalnih energetskih strategija i velikog profita vlasnika energetskih izvora. U svemu tome, krajnji ishod svih tih opstrukcija korišćenja geotermalne energije je da se poklanja pažnja onome što je skupoceno a zapostavlja se ono što je dragoceno, tj. zaboravlja se dragocena ekološka prednost korišćenja geotermalne energije i što je ona domaći nezavisni energent, koji smanjuje zavisnost od uvoza.

Današnja civilizacija se sve više suočava sa ekološkim problemima nastalim pre svega sagorevanjem fosilnih goriva: ugalj, nafta, gas, nuklearna goriva. Taj problem svakim danom postaje sve veći i već je dostigao globalne razmere zbog zagadjenja atmosfere i promena klime, čiji je glavni uzrok CO_2 nastao u procesima sagorevanja fosilnih goriva. U suštini radi se o procesu u kome težnja za sve većim profitom traži sve više energije tako da neminovno dolazi do sukoba profitnih i ekoloških ciljeva. U takvim odnosima geotermalna energija je veoma podesna zato što se njena toplota može koristiti u mnogim oblastima i procesima (slika 3.12) a da ne dodje do nikakvih zagadjenja, ili su ona tako mala da se mogu zanemariti.

Naročito su velike mogućnosti korišćenja geotermalne energije u različitim industrijskim oblastima i njihovim tehnološkim procesima. Za industriju takav izvor čiste energije je naročito važan jer u njoj skoro uvek ima mogućnosti da se vrši štednja korišćenja energije.

Termin industrijsko korišćenje geotermalne energije se koristi u geotermalnoj terminologiji za specifični deo koji se zove direktno korišćenje. Kao što se vidi na blok dijagramu na slici 3.12., korišćenje geotermalne energije se deli na korišćenje za vršenje mehaničkog rada, gde proizvodnja električne energije igra vodeću ulogu, i direktno korišćenje, koje zavisi od direktne primene toplote na mestu. Direktno korišćenje može se podeliti na nekoliko podgrupa. Jedna od njih je industrijsko korišćenje (slika 3.13).



Slika 3.12. **Glavne oblasti korišćenja geotermalne energije**

Kao što je prikazano na slici 3.13., industrijsko korišćenje ima širok spektar. Glavne operacije ili procesi industrijskog korišćenja geotermalne energije su: a) sušenje, b) isparavanje, c) destilacija, d) hladjenje, e) pečenje, f) ekstrakcija, g) pranje i bojenje, h) procesno zagrevanje, i) grejanje industrijskih prostorija.

Sušenje je uglavnom opšta operacija. Ono se primenjuje u širokom opsegu, počev od svih vrsta sušenja poljoprivrednih proizvoda, ribe i njenih produkata, do sušenja u fabrikama minerala. U većini od njih najčešće se primenjuje zagrejan vazduh, a u nekim slučajevima sušenje se vrši i direktnim kontaktom. Sušenje i dehidracija su dve, možda, najvažnije industrijske primene geotermalne energije.

Čitav niz proizvoda povrća i voća mogu se dehidrirati na temperaturama koje najčešće imaju termalne vode. Za procese dehidracije potrebne su sušare sa pokretnim trakama ili sušare sa slabije zagrejanim vazduhom, od 37-100 °C. Ventilatori za uduvavanje i izduvavanje teraju vazduh iznad cevi kroz koje cirkuliše termalna voda. Zagrejani vazduh se zatim dovodi na pokretne trake sa povrćem ili voćem radi isparavanja vlage.

Isparavanje se koristi za koncentrovanje svih vrsta. Ove operacije se koriste za ekstrakciju soli i sve vrste kristalizacije.

Destilacija uključuje separaciju dve ili više komponenti u procesu koji uključuje parnu fazu. Ovo je široko rašireno korišćenje u industriji alkoholnih pića, i u industriji nafte.

Hladjenje sa geotermalnom energijom se vrši apsorpcionim hladjenjem. Sistem se zasniva na korišćenjem litijumbromida i amonijaka.

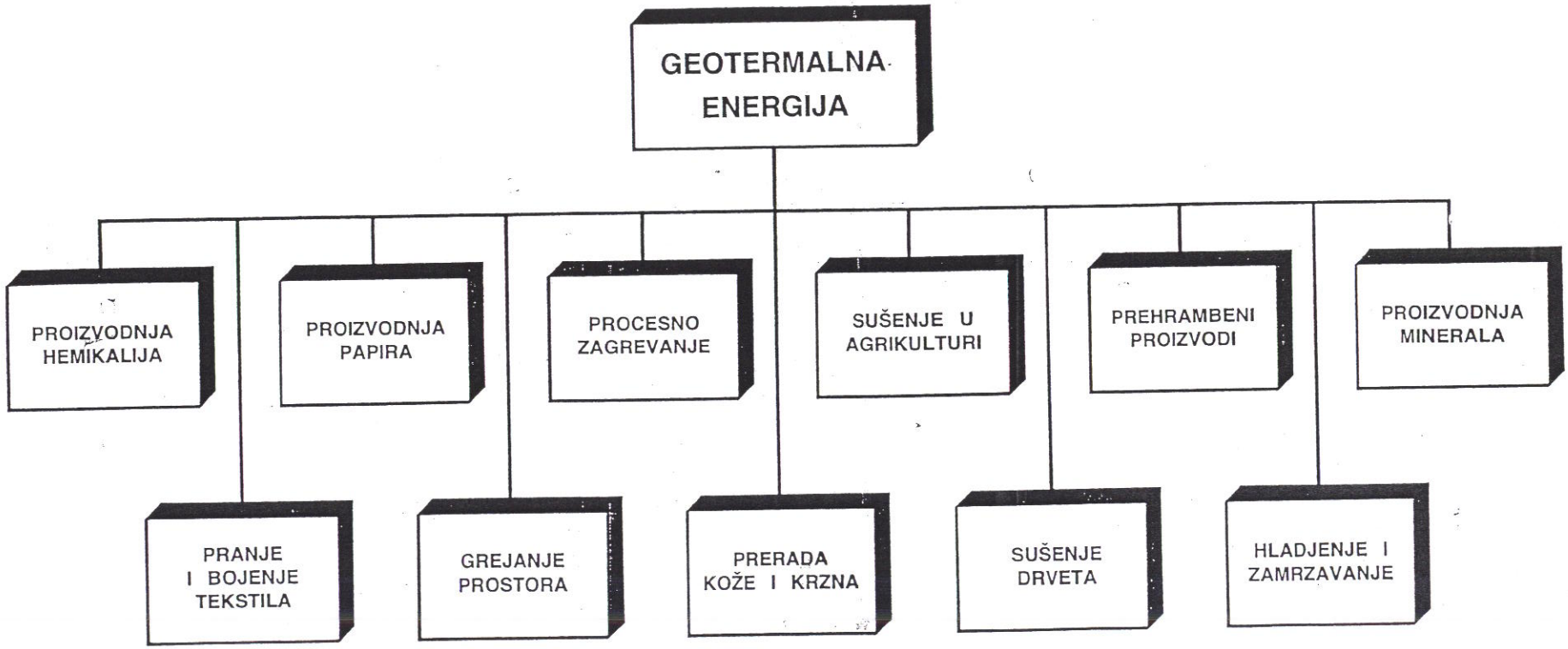
Pečenje je neobična operacija sa geotermalnom energijom, ali pečenje se široko praktikuje u prirodnom geotermalnom okruženju na mnogim lokacijama.

Ekstrakcija uključuje izdvajanje tanina i separaciju nekih minerala iz rude.

Pranje se obavlja u industriji korišćenjem geotermalnih voda, naročito u tekstilnoj industriji. Bojenje je tesno vezana operacija koja ima prednost sa geotermalnim okolnostima.

Procesno zagrevanje sa geotermalnom energijom vrši se na primer pri zagrevanju vode u bojlerima i u takvim slučajevima kao što je direktno grejanje. Povećanje proizvodnje nafte vrši se i injektiranjem tople vode pri čemu se zagreva naftno ležište u terenu.

Zagrevanje industrijskih hala i drugih proizvodnih i radnih prostorija je često najvažniji faktor u ekonomici proizvodnje.



Slika 3.13. **Glavne oblasti korišćenja geotermalne energije u industriji**

Dopunska, mehanička energija dobijena iz geotermalnih izvora, može se direktno koristiti u procesnim operacijama. Takodje, mineralne materije (gasovi, jedinjenja) koja se ponekad javljaju kao produkti pri korišćenju geotermalne energije mogu biti industrijska sirovina. To su sumpor, silicijumdioksid, so, metali i gasovi (ugljendioksid i vodonik).

U poredjenju sa toplotnom energijom koja se dobija sagorevanjem klasičnih fosilnih goriva, resursi geotermalne energije imaju znatno nižu temperaturu. Pri sagorevanju fosilnih goriva lako se dostiže temperatura od oko 1500 °C što omogućuje da se postigne temperatura radnih fluida i tehnoloških procesa od 500-1000 °C. S druge stane, najveće poznate temperature eksploatacionih geotermalnih resursa su reda 250 °C. Ove temperaturne razlike predstavljaju kritične ulazne podatke za utvrdjivanje najboljeg načina korišćenja geotermalne energije.

Tri osnovna faktora ukazuju da za neposredno korišćenje geotermalne energije postoje veliki potencijali. Prvo, mada je proizvodnja električne energije tehnički izvodljiva na niskim do srednjm temperaturama, postoji ekonomska granica temperature fliuda koji su za to pogodni. Drugo, obezbedjivanje grejanja niže do srednje temperature iz visokokvalitetnih fosilnih goriva ima za posledicu slabe termodinamičke performanse. Treće, veći deo osnovnih energetskih potreba savremenog industrijskog društva odnosi se na niske do srednje temperature grejanja. U industrijski razvijenjim zemljama veliki deo od ukupne proizvodnje i potrošnje toplotne energije odvija se na temperaturama ispod 120 °C. Grejanje prostorija primenom fluida temperature od 50 - 75 °C predstavlja daleko najveću pojedinačnu kategoriju primene, skoro 50 % od potrošnje toplote u temperaturnom opsegu ispod 250 °C. Medjutim, u zemljama koje nemaju pravu nacionalnu energetsku strategiju zasnovanu na uzajamnoj vezi energetske, ekološke i ekonomske politike, taj iznos dostiže više od 60 %. Primer takve zemlje je bila bivša SFRJ. Takva situacija predstavlja ujedno veliki potencijal za direktno korišćenje geotermalne energije.

Mnogostruka korišćenja geotermalne energije predstavljena su na dijagramu, koji je prikazan na slici 3.6. On predstavlja primere sadašnjih korišćenja geotermalne energije u svetu, kao i njena moguća korišćenja prema temperaturi primene. Ustaljene primene se odnose na balneologiju, plivačke bazene, toplifikaciju, zagrevanje staklenika, sušenje i proizvodnju električne energije. Ovaj dijagram je izradjen na osnovu poznatog Lindalovog dijagrama (Lindal, 1973). Svi oni su izradjeni na osnovu mnogobrojnih primera neposrednog korišćenja geotermalne energije širom sveta. One se kreću po temperaturi primene od oko 20 °C pa do skoro 200 °C. Na gornjem delu skale se nalazi korišćenje zasićene pare u klasičnoj proizvodnji električne energije. Skoro sav ostali deo skale se odnosi na direktno korišćenje.

Dijagram sa slike 3.6. prikazuje raspon temperature primene i naglašava dva suprotna aspekta karaktera neposrednog korišćenja: 1) postupna i kombinovana korišćenja daju mogućnost unapredjenja ostvarljivosti geotermalnih projekata, 2) temperatura resursa -

fluida može da ograniči vrstu mogućeg korišćenja. Medjutim, modifikovanjem rešenja postojećih toplotnih procesa može se u mnogo slučajeva postići da se u njima koriste geotermalni fluidi.

3.7.2. Koristi i opravdanost korišćenja geotermalne energije

Geotermalna energija je najunikalnija energija u prirodi. To svojstvo, tj. neponovljivost se zasniva na njenim mnogobrojnim prednostima u odnosu na druge kako obnovljive, tako i fosilne-neobnovljive izvore energije (ugalj, nafta, prirodni gas, nuklearne sirovine). Zbog svega toga se u razvijenim zemljama, gde geotermalna energija ima ravnopravan status sa fosilnim izvorima energije, stimuliše njeno korišćenje uvek i svugde kada za to ima uslova.

3.7.2.1. Koristi od korišćenja geotermalne energije

Koristi koje se dobijaju korišćenjem geotermalne energije su višestruke i mnogobrojne. One se mogu podeliti u tri glavne grupe: društveno-ekonomske, ekološke i tehničko-tehnološke.

DRUŠTVENO-EKONOMSKE KORISTI

1. Geotermalna energija je domaća, autonomna i ni od bilo čega zavisna energija. Njena eksploatacija i korišćenje je nezavisno od medjunarodnih političkih, ekonomskih, ratnih i drugih kriza. Eksploatacija i korišćenje geotermalne energije ne zavisi od uvoza. Njenom eksploatacijom i korišćenjem ne stvaraju se uslovi za političke i finansijske ucene ili uslovljavanja od istorijskih neprijatelja u svetu, kao što je to slučaj, naprimer, sa uvozom nafte. Naime, prema stanju za 1993. godinu, osam zemalja raspolaže sa 81 % od ukupnih svetskih rezervi nafte, šest zemalja je vlasnik 70 % od ukupnih svetskih rezervi prirodnog gasa, a osam zemalja raspolaže sa 89 % od ukupnih svetskih rezervi uglja. Na eksploataciju geotermalne energije ne utiču ni poplave, ni zemljotresi, ni suše, ni oluje. Njene akumulacije se ne mogu uništiti.

2. Geotermalna energija je domaći resurs koji doprinosi našoj energetskoj bezbednosti i smanjuje naš trgovinski deficit zamenjujući uvozna goriva. Korišćenjem geotermalne energije se štede devizna sredstva, jer se smanjuje količina skupe uvozne nafte i gasa. Istovremeno se ova vredna energetska goriva iz domaćih nalazišta oslobadjaju za korišćenje u hemijskoj industriji zato što su važna sirovina u toj oblasti privrede. Naprimer, toplotni ekvivalent geotermalne energije, koju iz zemljine kore iznesu termalne vode prirodnih termalnih izvora na teritoriji SRJ za godinu dana, a koja se raseje u atmosferu-vazduh, iznosi oko

250.000 tona nafte. Za uvoz te količine nafte treba obezbediti najmanje oko 50.000.000 $ U.S.A. Ta količina nafte iznosi oko 23 % od sadašnje domaće proizvodnje nafte.

3. Korišćenjem geotermalne energije se uštede i dinarska sredstva, zato što su geotermalne toplane jeftinije od toplana u kojima se toplota dobija sagorevanjem nafte, uglja ili gasa.

4. Korišćenje geotermalne energije je jeftinije od korišćenja drugih izvora energije. Drugim rečima, jedinične cene toplotne i električne energije dobijene iz geotermalne energije su uvek niže od jediničnih cena toplotne i električne energije dobijenih iz drugih fosilnih energetskih goriva.

5. Jedinične cene toplotne i električne energije dobijene iz geotermalne energije su veoma stabilne, praktično nepromenljive u toku vremena, jer ne zavise od stranih i domaćih nepovoljnih uticaja, pre svega zato što se radi o visoko autonomnoj energiji.

6. Troškovi eksploatacije geotermalne energije su veoma niski, odnosno oni su najniži u odnosu na iste kod drugih energetskih goriva. To je zato što se isticanje termalnih voda iz bušotina najčešće vrši samoizlivom, tj. pod dejstvom gravitacione sile Zemlje. U slučaju da eksploatacija samoizlivom ne zadovoljava tražene količine, tada se ona vrši pomoću električnih pumpi, tj. crpenjem termalnih voda iz bušotina. I pored toga, eksploatacioni troškovi su mali, zato što je toplotni ekvivalent po jedinici utrošene električne energije mnogo manji u odnosu na količinu iscrpljene termalne vode, odnosno toplote za jedinično vreme.

7. Nalazišta geotermalne energije imaju dug vek eksploatacije, koji je duži u odnosu na nalazišta fosilnih energetskih goriva. To je zbog toga što je geotermalna energija obnovljiva i što pri eksploataciji nema "jalovine", jer se naprimer pri eksploataciji termalnih voda izvlači i toplota iz stena u kojima se te vode nalaze. Nasuprot tome, količina fosilnih energetskih goriva u njihovim nalazištima stalno, tj. nepovratno se smanjuje u toku vremena sa napredovanjem eksploatacije, bez obzira na njen intenzitet zato što nemaju kvalitet obnovljivosti. Naime, termalne vode u njihovim prirodnim akumulacijama u zemljinoj kori potiču od atmosferskih voda. Atmosferske vode prodiru u zemljinu koru, kreću se pod dejstvom gravitacije kroz različite stene, pri tome se zagrevaju njihovom toplotom, i zatim pojavljuju u vidu prirodnog izvora ili na mestu veštačkog izvora, tj. bušotine. Taj proces je neprekidan. Ni u jednom geotermalnom nalazištu u svetu i pored intenzivne eksploatacije duge i više od 50 godina temperatura nije opala u tom iznosu da bi trebalo prekinuti eksploataciju zbog neekonomičnosti ili iscrpljenja.

8. Geotermalnu energiju odlikuje visoka ekonomičnost u pogledu visine početnih

ulaganja, održavanja postrojenja i troškova eksploatacije, dužine životnog ciklusa nalazišta i jake isplativosti. Ova visoka ekonomičnost proizilazi iz visoke tehnoekonomičnosti (nema skrivenih troškova), visoke relevantnosti i visoke efikasnosti, odnosno iz visoke kulture u celini.

Najveća korist geotermalne energije u ovom pogledu je u tome što kod njene eksploatacije i korišćenja nema skrivenih troškova. Skriveni troškovi u eksploataciji fosilnih izvora energije su velika nepoznanica i često su takvi da se ne mogu ni predvideti a ni iskazati. Oni potiču uglavnom zbog nepovoljnog uticaja na okolinu i to su najvećim delom troškovi zaštite okoline. Skriveni troškovi se ne iskazuju u ceni energije dobijene iz fosilnih goriva. Kad bi se to činilo, tada bi njihova energija bila preskupa. Naprimer, posle havarije atomske elektrane u Černobilu sve nastale štete i dugoročne negativne posledice koje se nikada ne mogu sagledati, predstavljaju skrivene troškove. Pri eksploataciji uglja skriveni troškovi su veliki zbog sanacije površinskih troškova, rekultivacije jalovišta, sanacije nepovoljnog uticaja pepelišta termoelektrana i njihove rekultivacije. Kod hidroenergije skrivene troškove predstavljaju muljem zasute akumulacije posle isteka veka njihovog trajanja (30-50 godina), izmeštanje naselja, kulturnih spomenika, puteva, krčenje šuma, uništavanja plodnog zemljišta, promena klime, itd.

9. Na sadašnjem stepenu tehnoekonomske razvijenosti sa maksimalnom korelacijom izmedju potrošnje energije i nacionalnog dohodka po stanovniku, svaki procenat zamene fosilnih energetskih goriva (nafta, ugalj, prirodni gas, nuklearne sirovine) znatno efikasnijim geotermalnim izvorima, donosi isti procenat povećanja nacionalnog dohodka, jer su ukupni troškovi geotermalne energije zanemarljivi u odnosu na direktne, oportunističke, indirektne i skrivene troškove fosilnih ili takozvanih klasičnih ili tradicionalnih energenata.

U najnovijem ekonomičkom zahtevu, kao uslovu visoke kompetetivnosti, korišćenje geotermalne energije postalo je stvar prestiža u uslovima životnog kvaliteta i na domaćem i na svetskom tržištu. Taj zahtev odlučno uvažavaju sva najveća preduzeća savremene svetske ekonomije i on postaje ključni postulat nacionalnih privrednih sistema i poredaka.

EKOLOŠKE KORISTI

1. Geotermalna energija je ekološki najvredniji resurs, zato što je najprimerniji činilac svake kultivacije (=životnog kvaliteta i samog života). Ona je praktično bezopasna za zdravlje ljudi i životinja.

2. Ekološka vrednost geotermalne energije je u njenoj automernosti i visokom koeficijentu ekvifinalnosti, tj. ona se direktno-odmah koristi što nije slučaj kod

fosilnih energetskih goriva.

3. Visoka automatija geotermalne energije nas oslobadja od zagadjivača zato što je ona u svim svojim pojavnim oblicima čista i gotova energija, tj. da bi se do nje došlo nije potrebna nikakva konverzija. Naime, da bi se dobila toplotna energija, iz drveta, uglja, nafte, prirodnog gasa i biomase, kao jedina moguća iz tih goriva, ona se moraju najpre spaliti. Medjutim, u procesu njihovog sagorevanja javljaju se ekološki nepovoljni i veoma štetni otpaci.

4. Pri eksploataciji i korišćenju geotermalne energije ne stvara se gas ugljen-dioksid (CO_2), niti se povećava njegova količina u atmosferi, kao što je to slučaj u toku konverzije fosilnih goriva biogenog porekla u toplotu, tj. sagorevanje biomase, uglja, nafte i drveta. Drugim rečima, korišćenje geotermalne energije ne dovodi do promena klime usled pojačavanja efekta "staklene bašte". Naime, vodena para, prašina i drugi gasovi u atmosferi imaju zaštitnu ulogu za živi svet na Zemlji preko prirodnog efekta "staklene bašte" koji zadržava sunčevo zračenje i čini da prosečna temperatura Zemljine površi bude oko +15 °C. Da nije atmosfere i tog njenog prirodnog zaštitnog efekta površ Zemlje bi bila ledena pustinja, jer bi prosečna temperatura bila oko -20 °C.

Sa početkom industrijske revolucije počinje naglo i stalno povećavajuće sagorevanje najpre drveta, zatim uglja pa nafte pri čemu se oslobadjaju ogromne količine CO_2, prašine, čadji, SO_2, NO_x i drugih štetnih gasova. Usled toga se stalno povećava prirodna količina CO_2 u atmosferi, koji je glavni uzročnik povećavanja efekta "staklene bašte". Povećavanjem efekta "staklene bašte" ustvari se pojačava proces reradijacije sunčevog toplotnog zračenja tako da dolazi do povećavanja temperature vazduha, tj. dolazi do globalnih i lokalnih promena klime u vidu otopljavanja što dovodi do topljenja ledenog pokrivača i pojave suša. Ostali gasovi dovode do pojave kiselih azotnih i sumpornih kiša. Kao krajnje ekološki nepovoljan rezultat javljaju se negativni zdravstveni efekti kod ljudi, pad proizvodnje hrane, izumiranje šuma, porast korozije materijala, razaranje i nepovratne promene u prirodnim ekološkim sistemima.

Zbog svega toga, ekološki čiste energije, kao što je geotermalna, solarna, eolska i druge, moraju imati rastuću ulogu u zameni fosilnih goriva i biomase. Ovo tim pre, jer se ukupni troškovi globalnog zagadjivanja pri proizvodnji energije iz fosilnih goriva još ne odražavaju na račune potrošača energije, ali će do toga uskoro doći. Dodatni troškovi zagadjivanja uključuju porast troškova proizvodnje hrane, porast troškova zaštite šuma, povećavanje medicinskih i troškova zdravstvene zaštite, kao i porast troškova očuvanja ribljih zajednica, kako na kopnu, tako i u okeanima i morima.

5. Eksploatacijom i korišćenjem geotermalne energije ne uništava se stratosferski ozon. Ovaj gas ima veoma važnu zaštitnu ulogu za živi svet, jer smanjuje

intenzitet sunčevog zračenja, tj. sprečava ultraljubičasto zračenje da intenzivno zagreva površ Zemlje i dovodi do pojave karcinoma kože kod ljudi i životinja.

Glavni uništavači ozonskog sloja u stratosferi, tj. uzročnici pojava rupa u tom sloju su CO_2, CH_4 i NO_x nastali sagorevanjem fosilnih goriva.

Glavni ekološka korist i prednost geotermalne energije u odnosu na fosilne energente je u tome što je ona prirodna i ekološka, odnosno geotermalna energija je **saglasna sa prirodom.** Jugoslavija je potpisnik deklaracije o zaštiti okoline, koja je usvojena na svetskoj konferenciji u Brazilu 1992. godine, pa zbog toga treba da sprovodi mere u vezi sa preuzetim obavezama.

TEHNIČKO-TEHNOLOŠKE KORISTI

1. Geotermalna energija je tehnološki racionalna i ima visoku pouzdanost eksploatacije i korišćenja. Proizvodnja geotermalne opreme se lako i brzo osvaja, tj. geotermika je posebna grana tehnike i tehnologije.

2. Geotermička oprema je uz skromne i racionalne arhitektonske objekte lako ugradiva u postojeće grejne, energetske, vodosnabdevajuće i druge naseljske, komunalne i opšte urbane sisteme i tkiva.

3. Geotermalna energija se lako skladišti i akumulira, daleko brže i lakše nego što se to vrši naprimer sa vodom u akumulacionim jezerima za proizvodnju električne energije.

4. Geotermalna energija se stepenasto, višenamenski i bez ikakvih štetnih posledica koristi do skoro potpunog iskorišćenja, takoreći, za sve naseljske, privredne i neprivredne delatnosti, tako da se posle toga voda koja ju je prenela iz zemljine unutrašnjosti do površi terena može često koristiti za piće i navodnjavanje, ili za eksploataciju retkih jedinjenja ili elemenata.

5. Ocena rezervi geotermalne energije u nalazištima termalnih voda je brža, lakša i jeftinija nego ocena rezervi nafte i čvrstih mineralnih sirovina. Eksploatacija geotermalne energije može da počne i pre završetka ocene rezervi celog nalazišta, tj. posle izrade prve eksploatacione bušotine. To nije slučaj kod nafte i uglja, gde se to ne može učiniti, odnosno mora se prvo istražiti i oceniti celo nalazište.

3.7.2.2. Opravdanost korišćenja geotermalne energije

Odluka o ulaganju u neki geotermalni projekat prvenstveno zavisi od godišnje uštede u

odnosu na sistem na neko klasično gorivo (ugalj, tečna goriva, gas). Projekti za neposrednu primenu geotermalne energije zahtevaju ukupna kapitalna ulaganja na početku, uz male godišnje troškove rada posle toga. Eksploatacioni bunari, cevovodi, izmenjivači toplote i injekcioni bunari mogu da budu znatno skuplji od početnih investicija u neki sistem na klasično (fosilno) gorivo. Medjutim, sistem na fosilno gorivo mora da nastavi sa plaćanjem nafte (tečna goriva), gasa ili uglja i to po visokoj ceni koja u toku vremena stalno raste. Prilikom utvrdjivanja opravdanosti finansiranja projekta neposrednog korišćenja geotermalne energije ta dva sistema se moraju uporediti, jedan sa visokim početnim ulaganjima i drugi sa visokim godišnjim troškovima.

Na ekonomičnost projekata neposrednog korišćenja geotermalne energije utiče više faktora, medju kojima i lokacija kórisnika i resursa, korisno dejstvo zahvatanja toplote i faktor godišnjeg opterećenja, troškovi finansiranja, period amortizacije i stepen inflacije. Ovi se faktori mogu grupisati u tri glavne grupe.

1. **Specifične karakteristike lokacije i mesta**. Projekti neposrednog korišćenja zavise od lokacije zato što lokacija i karakteristike resursa moraju biti kompatibilni sa korišćenjem. Izmeštanje novih potencijalnih korisnika i rekonstruisanje postojećih potencijalnih korisnika predstavlja značajne alternative. Dužina cevovoda za dovod i razvoj čine značajnu stavku u troškovima svakog geotermalnog projekta. Blizina korisnika resursu može da doprinese smanjenju troškova za dovodne cevovode. Dubina bušenja odredjuje cenu eksploatacionih i injekcionih bunara. Jedna od mogućnosti je izbor izmedju plitkih bunara sa niskom temperaturom termalne vode čija se geotermalna energija koristi toplotnim pumpama, i dubljih sa visokom temperaturom termalnih voda, čija se geotermalna energija neposredno koristi. Kvalitet vode utiče na troškove projektovanja i održavanja sistema. Kod rezervoara niže do srednje temperature nivo vode uslovljava postavljanje bunarskih pumpi i utiče na odgovarajuće troškove crpenja. Stepen opadanja pritiska i temperatura u ovakvim rezervoarima i rezervoarima više temperature, koji se koriste za neposredne primene, zavise od datog terena i uslovljavaju režim eksploatacije.

2. **Efikasnost sistema i faktor opterećenja**. U jednom geotermoenergetskom sistemu neposrednog korišćenja toplote, sa porastom količine toplote oduzete od fluida smanjuju se troškovi energije. Kaskadno korišćenje je jedan od načina za povećanje količine toplote koja se oduzima od geotermalnih voda. Korisnicima velike gustine toplotnog opterećenja potrebni su manji razvodni sistemi koji manje koštaju. Sa povećanjem ovog faktora povećava se i ekonomska opravdanost. Faktor opterećenja komunalnih sistema grejanja zavisi uglavnom od lokalne klime. Akumuliranje vrele geotermalne vode može da poboljša faktor opterećenja komunalnih sistema grejanja. Primenom sistema na fosilno gorivo ili električnu energiju za podmirivanje vršnog opterećenja može se smanjiti vršno geotermalno opterećenje, a time i broj potrebnih eksploatacionih bunara.

3. **Finansiranje i troškovi goriva.** Sa porastom stope vraćanja ili troškovima dobijenog kredita smanjuje se rentabilnost projekta. U prethodnim studijama komparativne analize treba da obuhvate dug radni vek geotermalnih objekata koji sa visokom inflacionom stopom, koja smanjuje konkurentnost fosilnih goriva, čine konkurentnost geotermalne energije veoma povoljnom, odnosno njenu ekonomičnost kao veoma privlačnu, tako da geotermalni objekat lepo radi čitavog svog veka. Drugim rečima, objekti više ekonomske opravdanosti biće još privlačniji ukoliko se radni vek pokaže dužim ili stopa inflacije veća.

Važni elementi jedne karakteristične prethodne studije su: 1) dokazati postojanje resursa, tj. geotermalnog rezervoara i nalazišta, 2) obezbediti da krajnja primena bude kompatibilna sa temperaturom i optimalnim količinama geotermalnih voda koje se eksploatišu iz nalazišta, i 3) utvrditi da li je projekat ekonomski opravdan. Analiza troškova radnog ciklusa je način koji se obično primenjuje za utvrdjivanje ekonomske opravdanosti. Ona treba da obuhvati kapitalne investicije, godišnje troškove održavanja i rada, finansijske izdatke, poreze i osiguranje.

3.7.3. Osnovne karakteristike glavnih oblasti korišćenja geotermalne energije

3.7.3.1. Komunalno grejanje i hladjenje

Grejanje stanova je jedan primer klimatizacije prostora koji predstavlja najkrupniji sektor direktnog korišćenja geotermalne energije u svetu. Komunalno grejanje ili toplifikacija obuhvata razvod toplote (vrele vode ili pare) od geotermalnog izvorišta, kroz cevnu mrežu do pojedinih kuća ili blokova zgrada. Ova toplota se koristi za grejanje prostorija i sanitarne vode, a u nekim slučajevima i za hladjenje. Na Islandu se voda komunalnog sistema grejanja koristi i direktno kao vodovodska voda za kupanje i pranje. Komunalni sistem grejanja može da služi uporedo i za sve druge vrste prostornog grejanja kao što su staklenici, poslovne i industrijske zgrade, bazeni za plivanje, sportske hale, javne zgrade itd.

Komunalni sistemi geotermalnog grejanja, kao i toplifikacioni sistemi na fosilna goriva, zahtevaju velike investicije. Osnovni troškovi su početna ulaganja za eksploatacione (i injekcione) bunare, bunarske i transmisione pumpe, cevovode i razvodnu mrežu, vodomere, ventile i komandne uredjaje, stanice za vršno opterećenje i rezervoare. Pogonski troškovi su, medjutim, relativno mali i odnose se na električnu energiju za pumpe, sistem održavanja, upravljanje i rukovodjenje.

Glavni parametar od kojeg se polazi pri projektovanju komunalnih objekata grejanja jeste gustina toplotnog opterećenja, koja predstavlja količnik potrebne toplote i površine terena na kojoj se nalaze objekti za grejanje. Zbog toga ostvarljivost komunalnog grejanja direktno zavisi od veličine gustine toplotnog opterećenja zato što je razvodna mreža za transport vrele vode do potrošača skupa.

Klimatski aspekt komunalnog geotermalnog grejanja i hladjenja je takodje veoma važan. Svaki projekat komunalnog grejanja mora biti zasnovan na parametrima lokalne klime. Najznačajnija karakteristika klime je dnevna promena srednje spoljne temperature tokom godine. Odgovarajuća pažnja se mora posvetiti i dnevnoj promeni spoljne temperature, kao i uticaju takvih faktora kao što su brzine vetra i solarna radijacija.

Cilj komunalnog grejanja je održavanje konstantne sobne temperature T_i u zgradama koje se greju. Zgrade pored snabdevanja toplotom iz toplifikacionog sistema dobijaju toplotu iz drugih izvora kao što je električno osvetljenje i kućni aparati, sunčeva toplota i toplota koju odaju žitelji zgrada. Ova dopunska toplota povećava sobnu temperaturu za ΔT tako da je projektna temperatura T_n

$$T_n=T_i-\Delta T.$$

Toplotna energija Q potrebna za grejanje direktno je proporcionalna razlici izmedju unutrašnje projektne temperature i spoljne temperature

$$Q=K(T_n-T_o),$$

gde je K konstanta a T_o spoljna temperatura.

Stepen-dani grejanja su mera hladnoće tokom vremena. Ona se izračunava oduzimanjem spoljne temperature T_o u odredjenim intervalima (uglavnom satima) od projektovane temperature u toku 24 sata, a zatim sabiranjem za 365 dana. Potrebna godišnja količina energije za grejanje (ili hladjenje) direktno je proporcionalna broju stepeni-dana.

Na jediničnu cenu energije za geotermalno komunalno grejanje najvećim delom utiče investiciona cena sistema. Sistem grejanja dovoljne termalne snage za održavanje željene sobne temperature projektovan prema najhladnijem danu u godini imao bi mali godišnji faktor opterećenja, a time i veliku cenu po jedinici energije. Godišnji faktor opterećenja η za komunalno grejanje koje zadovoljava potrebe grejanja u danima kada je neka srednja spoljna temperatura T_m, može se odrediti kao

$$\eta=N/(365(T_n-T_m)) .$$

Ostaje problem tretiranja potrebe grejanja za relativno mali broj dana godišnje kada je spoljna temperatura manja od srednje temperature ($T_o<T_m$) i za dane kada je brzina vetra tako velika da sistem ne može da zadovolji opterećenje, iako je $T_o>T_m$. Problemu doprinosi još i činjenica da je geotermalna voda u dovodu konstantne temperature, tako da se korisno dejstvo toplote u radijatorima (konvektorima) smanjuje sa povećanjem opterećenja i to kada su potrebe najveće.

Medjutim, kada je toplotno opterećenje malo, voda polako teče kroz radijatore i hladi se više nego kada je toplotno opterećenje veliko. Izlazna temperatura vode za komunalni sistem grejanja po toplom vremenu niža je nego kada je vreme hladno, bar kada su

transportni gubici zanemarljivi. U slučajevima gde dolazi do znatnog hladjenja u cevovodima, hladjenje je veće kada su toplotno opterećenje i proticaj mali. Praktično rešenje za zadovoljenje termalnog opterećenja komunalnog sistema za grejanja u nekoliko hladnih dana tokom godine kada geotermalni kapacitet ne zadovoljava potrebe grejanja, jeste u tome da se postave uredjaji za vršno grejanje vode fosilnim gorivima ili strujom. Suma potrebne dodatne energije u najhladnijim danima je mala u poredjenju sa godišnjim energetskim potrebama, pa je primena vršnog grejanja obično opravdana.

Ovo se odnosi prvenstveno na grejanje stanova i drugih zgrada. U odredjenim klimatskim uslovima potrebno je hladjenje prostorija. Faktor opterećenja u takvom kombinovanom sistemu sa grejanjem i hladjenjem bio bi veći nego u sistemu samo sa grejanjem.

3.7.3.2. Akvakultura i hortikultura

Temperatura utiče na rast biljaka, životinja, riba i mikroorganizama. Razvoj mnogih vrsta kultura može se optimizirati regulisanjem njihove okolne temperature. Primene geotermalne energije u hortikulturi i akvakulturi su naročito ineteresantne zato što zahtevaju niske do srednje geotermalne temperature, kao što se vidi iz dijagrama na slici 3.6. Sve veća primena geotermalne energije i njene koristi dovela je do velikog razvoja staklenika i ribogojstva, tako da je ovaj način njenog korišćenja najraširenij u svetu. Ostale primene obuhvataju stočarstvo, anaerobno prečišćavanje otpadnih voda, zagrevanje zemljišta i gajenje pečuraka.

Izvestan broj komercijalnih kultura se može gajiti u staklenicima, što čini geotermalne resurse u područjima sa hladnom klimom ili u zimskim uslovima naročito atraktivnim. Te kulture su: povrće, cveće (u saksijama i ono koje se bere), sobne biljke, rasad i baštenske sadnice.

Krastavci se najbolje gaje na temperaturi izmedju 25-30 °C, paradajz na oko 20 °C, a zelena salata na temperaturi do 15 °C. Vegetacioni period za krastavce obično iznosi 90-100 dana, dok je vegetacioni ciklus paradajza od 9-12 meseci. Primena geotermalne energije za grejanje smanjuje operativne troškove (koji učestvuju do 35 % u ceni proizvoda) i omogući rad u hladnijim klimama ili periodima godine gde bi inače komercijalni staklenici zbog velike potrošnje fosilnih goriva i njihove cene bili nerentabilni. Osim toga, staklenici se mogu prilagoditi za primenu velikih količina toplote iz fluida relativno niske temperature. Šta više, može se postići bolja regulacija vlažnosti a sa time i sprečavanje plesni, botritisa i drugih problema u vezi sa zaštitom od biljnih bolesti.

Staklenici se obično grade od čeličnih ili aluminijumskih ramova i oblažu se staklom ili plastičnom folijom. Izgradnja staklenika je skuplja ali je poželjnija za baštovane čije kulture zahtevaju dosta svetlosti. Iz staklenika sa jednostrukim staklenim zidovima su

veliki gubici toplote, ali je propuštanje svetlosti dobro. Poslednjih godina se ovom problemu posvećuje pažnja i uvode se dvostruka stakla. Medjutim, takvo rešenje je skuplje a propuštanje svetlosti je slabije. Plastenici su novija varijanta u tehnici izvodjenja staklenika. Ovaj tip konstrukcije po pravilu ima lučni krov. Krov se može spustiti sasvim do zemlje ili se može sklopiti u bočne zidove. Potrebe održavanja plastične folije su velike zato što je obično treba menjati svake treće godine. Bolje korišćenje energije kod konstrukcija sa folijom ostvaruje se na račun manjeg propuštanja svetlosti.

Zagrevanje staklenika i plastenika može se postići na nekoliko načina: 1) cirkulisanjem vazduha preko rebrastih izmenjivača toplote sa vrelom vodom, 2) cirkulacijom vrele vode kroz cevi ili vodove smeštene u tlu ili na njemu. 3) preko rebrastih tela postavljenih duž zidova i ispod klupa, i 4) kombinovanjem više načina. Izbor tipa sistema grejanja često nije diktiran tehničkim mogućnostima, kao što je maksimalno korišćenje geotermalnog resursa ili najekonomičnijeg sistema, već željom proizvodjača. Izbor može biti diktiran i vrstom kulture i potencijalnim problemima biljnih bolesti.

Akvakultura obuhvata gajenje slatkovodnih i morskih organizama u regulisanoj sredini radi povećanja proizvodnosti. Glavne vrste za gajenje su vodene životinje, kao što su: som, grgeč, tilapija, kečiga, rakovi i tropske vrste. Temperatura vode u uzgajalištima zavisi od vrste ribe koja se gaji. Akvakultura je jedna od primena geotermalne energije iz voda niže temperature koja beleži najveći porast.

Okolna temperatura je obično značajnija za vodene vrste nego za kopnene životinje. To ukazuje da potencijalno korišćenje geotermalne energije za akvakulturu može biti veće nego za stočarstvo, kao što je gajenje svinja i živinarstvo. Kopnene životinje se najbolje gaje u širokom rasponu temperature od blizu 10 °C do oko 20 °C. Vodene vrste kao što su škampi i riba mačak imaju manji raspon optimalne proizvodnje na višoj temperaturi od skoro 30 °C. Pastrmka i losos, medjutim, imaju nižu optimalnu temperaturu od svega 15 °C. Karakteristično je da je somu potrebno 4-6 meseci da poraste do komercijalne veličine na temperaturi od 18-27 °C, pastrmki 4-6 meseci na 12-18 °C, rakovima 6-9 meseci na 27-30 °C, a ribi-mački 4-6 meseci na 18-24 °C.

Dobra strana regulisanja temperature u akvakulturi jeste brži razvoj i to za 50-100 %, a sa time i povećanje broja žetvi godišnje. Kvalitet vode i zaštita od bolesti veoma su važni u ribogojstvu.

3.7.3.3. Korišćenje u industriji i tehnologiji

Mada su potencijalne industrijske i tehnološke primene geotermalne energije višestruke, broj takvih korišćenja je relativno mali. Industrijske primene uglavnom zahtevaju korišćenje pare, dok su primene u poljoprivredi u većini slučajeva podjednako bazirane na korišćenju geotermalne vode. U tehnologiji se na ovaj ili onaj način za grejanje koristi čitav niz temperatura geotermalnih fluida, kako pare, tako i vode. Konkretne primene

često zahtevaju odredjene temperature geotermalnog dotoka, bilo da je u pitanju para ili voda. Prilikom projektovanja tehnologije ograničavajući faktor može da bude naročito potrebna minimalna temperatura. Suviše visoka temperatura se obično može podesiti bez naročitih teškoća. Industrijske primene uglavnom traže više temperature dok prostorno grejanje i poljoprivreda uglavnom koriste niske temperature.

Najvažnije tehnološko korišćenje geotermalne energije je za sušenje i dehidraciju. Ostala važna korišćenja obuhvataju evaporaciju i destilaciju, hladjenje i pranje. Razni proizvodi od povrća i voća dolaze u obzir za dehidraciju na geotermalnim temperaturama. Procesi dehidracije se vrše na konvejerima ili u sušarama, uz primenu vazduha niske temperature od 40-100 °C. Duvaljke i ventilatori za izbacivanje vazduha pokreću vazduh iznad cevi u kojima cirkuliše geotermalna voda. Zagrejani vazduh zatim prolazi kroz slojeve povrća ili voća na konvejerima da bi isparila vlaga. Zapremina i pritisak vazduha moraju se regulisati u svim delovima faze sušenja da bi se postiglo ravnomerno sušenje proizvoda. Geotermalni primeri ove vrste direktne upotrebe su sušenje deteline, luka i morske trave.

3.7.3.4. Kaskadno korišćenje

Geotermalni resursi niske, srednje i visoke temperature mogu se koristiti za čitav niz primena. Primena istog geotermalnog fluida u nekoliko faza može doći u obzir da bi se izvukle maksimalne koristi, a to se naziva kaskadno ili kombinovano korišćenje. Geotermalne primene su specifične za svaki teren i u mnogim slučajevima mogu da ograniče kaskadiranje.

Staklenici i zagrevanje zemljišta su jedan primer kaskadnog korišćenja. Na primer, fluid bi se prvo mogao upotrebiti za grejanje staklenika gde se gaje krastavci i paradajz, a zatim da se odvede cevima na susedne parcele gde se na otvorenom gaji kupus, šargarepa i drugo povrće. Kao i kod drugih pomoćnih primena, zagrevanje zemljišta omogućuje da usevima da rastu na optimalnoj temperaturi, kao i da se oni mogu gajiti u klimatskim uslovima koji nisu sasvim povoljni za komercijalnu proizvodnju. Zagrevanjem zemljišta povećava se verovatnoća uspešnog gajenja kultura na mestima gde vremenski uslovi ograničavaju hortikulturu.

Kombinovano korišćenje može da olakša izravnanje opterećenja u geotermalnim uslovima. Na primer, pogoni za dehidraciju povrća mogu normalno da rade u toku toplijih meseci vegetacionog perioda. S druge strane, staklenici imaju veće radno opterećenje u hladnijim mesecima. Prema tome, te dve primene bi mogle da se vrše iz istog geotermalnog izvora. Isto tako, komunalno grejanje traži zimi više vrele vode nego leti, dok bi ribnjaci mogli da rade tako da im najveća potrošnja vode bude u proleće i leto. I ovde bi te dve primene mogle da koriste isti geotermalni izvor.

3.7.4. Glavne karakteristike osnovne opreme za korišćenje geotermalne energije

U većini objekata za neposredno korišćenje geotermalne energije koristi se tipska oprema pod uslovom da je predvidjeno sve što je potrebno u vezi karaktera raspoloživog geotermalnog fluida (temperatura i kvalitet vode). Korozija i inkrustacija izazvane ponekad posebnim hemizmom geotermalnih fluida mogu da stvore probleme u radu delova opreme kroz koje se vrši njihovo proticanje. Medjutim, ti problemi se sigurno rešavaju i u mnogim slučajevima to se vrši van sistema za korišćenje pravilnim projektovanjem rezervoara i postavljanjem izmenjivača toplote.

Osnovni elementi sistema za neposredno korišćenje geotermalne energije su bunarske i cirkulacione pumpe, transportni i razvodni cevovodi, postrojenja za vršno ili dopunsko opterećenje i razne vrste opreme za oduzimanje toplote. Odvodjenje toplotno iskorišćenog fluida može biti površinsko u neki recipijent ili podzemno, tj. injektiranjem u matičnu akumulaciju. Sistem za vršno opterećenje je potreban za obezbedjivanje maksimalnog opterećenja. To se postiže povećanjem temperature vode ili obezbedjivanjem rezervoara za vodu. Oba ova rešenja znače manji broj potrebnih eksploatacionih bušotina, odnosno manju količinu geotermalne vode. U vezi sa takvim rešenjima često se koriste toplotne pumpe.

Bunarske pumpe. Bušeni eksploatacioni bunari kojima se zahvata geotermalna voda uglavnom su arteski, tj. ona iz njih ističe samoizlivom. Medjutim, vremenom se zbog isticanja vode smanjuje pritisak u rezervoaru a kao posledica toga se smanjuje izdašnost samoizliva. Pošto je za neku vrstu korišćenja geotermalnih voda, odnosno njihove geotermalne energije za projektovani nivo potrebna stalna njihova količina, to je zbog toga potrebno u eksploatacioni bunar(e) ugraditi bunarske usisne pumpe. Bunarskih pumpi za crpljenje geotermalnih voda iz eksploatacionih bunara, odnosno iz njihovog rezervoara i nalazišta ima dva tipa: 1) električne potopljene pumpe, i 2) dubinske ("lineshaft") pumpe sa električnim motorom na površi terena i dugačkom osovinom.

Sistem električne potopljene pumpe sastoji se od višestepene bunarske centrifugalne pumpe, bunarskog motora, zaptivnog dela izmedju pumpe i motora, i električnog kabla od motora do strujnog izvora na površi terena.

Sistem dubinske ("lineshaft") pumpe sastoji se od višestepene bunarske centrifugalne pumpe, motora na površi terena-ustima bunara, i dubinske vertikalne pogonske osovine od motora do pumpe.

Obe vrste bunarskih pumpi se već dugo koriste za crpljenje hladnih voda. Za crpljenje geotermalnih voda pumpe moraju biti posebno opremljene, odnosno upotrebljavaju se teflonska ili grafitna ležišta posebne izrade. Dubinske ("lineshaft") pumpe imaju oklopljenu osovinu koja se podmazuje vodom, a postavljaju se na dubinama do 200 m. One su do ove dubine povoljnije od potopljenih pumpi za klasične geotermalne primene, jer su jeftinije i duže su u primeni. Medjutim, za dubine veće od 250 m potrebna je

potopljena pumpa.

Transport i razvod geotermalne vode. Od vrha ili "usta" eksploatacionog bunara geotermalni fluid (tečna voda, vodena para ili dvofazna mešavina) se transportuje cevovodima do mesta korišćenja ili do separatora vode i pare, odnosno vode i gasa. Temperature kojima su cevovodi izloženi kreću se od temperature okoline do temperature fluida na izlazu iz bunara. Termalno širenje cevovoda koji se brzo zagrevaju od temperature okoline do temperature geotermalnog fluida izaziva napon koji se mora rešiti pažljivim tehničkim projektovanjem. Principi projektovanja koji su usvojeni za cevovode kojima se transportuje geotermalna voda ili para isti su kao i za klasične energetske i komunalne sisteme grejanja. Razvod vrele vode u naseljima se vrši na osnovu tipskih projekata, ali takvi projekti se ne mogu koristiti za transportne cevovode. Zato se u geotermalnoj primeni nailazi na mnogo vrsta transportnih cevovoda.

Za geotermalne transportne i razvodne cevovode najviše se koriste cevi od ugljeničnog čelika. Cevi se moraju zaštititi oblaganjem. Za zaštitu čeličnih cevi u većini geotermalnih komunalnih sistema grejanja koriste se betonski tuneli ili rovovi. Bez obzira na način zaštite cevovodi imaju termalnu izolaciju. Na njen izbor utiču mnogi faktori, ali ona mora da minimizira gubitke toplote iz fluida-cevovoda i da bude vodonepropustljiva.

Gubitak toplote iz izolovanih cevi prilikom protoka geotermalnih fluida kreće se od 0,1-0,5 °C/km. Materijal od kojeg je sačinjena cev nema uticaj na gubitak toplote, ali veličina protoka ima mnogo veći uticaj. Pri malim protocima gubitak toplote je veći nego pri velikim.

Izmenjivači toplote. Oni služe da se toplota geotermalne vode prenese na radni ili sekundarni fluid (voda) u sistemu za grejanje (korišćenje geotermalne energije) bez njihovog direktnog dodira mešanjem. Po tipu konstrukcije izmenjivači toplote mogu biti pločasti, cevni oklopljeni i cevni bunarski. Od njih najviše se koriste pločasti. Oni se sastoje od niza ploča sa zaptivkama pričvršćenim za ram spojnim šipkama. Primarni fluid (geotermalna voda) i sekundarni fluid obično prolaze kroz naizmenično postavljene cevi izmedju ploča u suprotnim pravcima. Suprotni tokovi i velika turbolencija koja se postiže u pločastim izmenjivačima toplote obezbedjuju efikasnu razmenu toplote u maloj zapremini. Ploče su obično od nerdjajućeg čelika, mada se koristi i titanski čelik tamo gde su fluidi veoma korozivni. Pločasti izmenjivači su oko 60 % jeftiniji od cevnih oklopljenih izmenjivača za istu površinu.

Toplotne pumpe. Toplotne pumpe, kao i frižideri, rade na principu da njen radni lako isparljivi tečni fluid apsorbuje toplotu dok se isparava u gas, a isto tako odaje toplotu kada se opet kondenzuje u tečnost. Sistem geotermalne toplotne pumpe može da se koristi kako za grejanje, tako i za hladjenje. U slučaju grejanja isparivač deluje kao izmenjivač toplote koji prenosi toplotu iz geotermalne vode na radni fluid, tj. njegovu paru. Ona se zatim sabija pomoću kompresora, kojeg pokreće elektromotor, i postaje vrela. Tako stvorena vrela para prolazi kroz kondenzator gde se njena toplota prenosi

na vodu ili vazduh za zagrevanje prostora. Tu se para pretvara u toplu tečnost koja zatim prolazi kroz ekspanzioni ventil i pretvara u hladnu mešavinu tečnosti i pare da bi opet započela isti ciklus. U slučaju hladjenja smer kretanja radnog fluida je obrnut. Radni fluid može da bude freon, izobutan i dr.

Geotermalne toplotne pumpe po tipu mogu biti voda-vazduh i voda-voda. One se izradjuju u veoma širokom dijapazonu grejnog kapaciteta od < 3 kW do preko 1.500 kW. Za rad dvonamenskih toplotnih pumpi (one koje greju i hlade) potrebna je geotermalna voda temperature od 15-35 °C, dok za rad toplotnih pumpi samo za grejanje temperatura geotermalne vode može da se kreće od 2-50 °C.

Korisno dejstvo toplotne pumpe izražava se koeficijentom učinka ili grejanja (COP). Ovaj koeficijent predstavlja odnos toplotnog učinka toplotne pumpe i električne energije koja je utrošena za rad kompresora. Na primer, toplotna pumpa koja proizvede 60 kW toplote a potroši 20 kW električne energije za rad kompresora, ima COP=3 što je ujedno i najpoželjnija njegova vrednost.

Konvektori. Grejanje pojedinačnih prostorija i zgrada se postiže propuštanjem geotermalne vode (ili zagrejanog sekundarnog fluida) kroz konvektore (ili emitere) toplote koji se nalaze u svakoj prostoriji. Ovaj način je sličan načinu koji se primenuje kod klasičnih sistema grejanja prostora. Za grejanje prostora koriste se tri osnovna tipa konvektora toplote: 1) vazduh pod pritiskom, 2) vazduh u prirodnom protoku, i 3) radijatori. Sva tri tipa se mogu adaptirati direktno na geotermalnu energiju ili se mogu pretvoriti podešavanjem postojećih sistema.

Kod prvog tipa konvektora hladan vazduh se ventilatorima potiskuje u komoru sa cevima kroz koje protiče vrela voda pri čemu se zagreva a zatim razvodi u prostorije kroz provodne kanale, koji se obično postavljaju na spoljašnje zidove.

Drugi tip konvektora ili "konvektori sa prirodnom konvekcijom" vazduha koriste vrelu vodu kao sredstvo za prenos toplote. Rebra na cevima prenose toplotu u prostorije prirodnom konvekcijom.

Radijatori predstavljaju najčešći i najviše korišćen tip konvektora koji koristi prirodnu konvekciju, tj. cirkulaciju vazduha. Njih ima više vrsta a u novije vreme najviše se koriste radijatori tankih zidova. Vrela voda dotiče u radijator na vrhu, teče kroz gornje i donje prolaze ka dnu i napolje.

Konvektorski uredjaji za grejanje prirodnom konvekcijom ekonomični su preko 60 °C. Konvektori sa prisilnom cirkulacijom vazduha mogu da koriste vodu niže temperature i ekonimični su preko 50 °C. Konstruisani su i specijalni konvektori koji su ekonomični pri temperaturi vode iznad 50 °C kada koriste prirodnu cirkulaciju vazduha, a pri temperaturi vode od 40 °C kada koriste prinudnu cirkulaciju vazduha.

Radijatorski paneli ili ploče se postavljaju na pod, zid ili tavanicu i zračenjem odaju toplotu u prostoriju. Oni funkcionišu tako što vrela voda cirkuliše kroz plastične ili bakarne cevi postavljene u betonu poda ili u malteru zidova i tavanice. Glavna prednost radijatorskih ploča je što obezbedjuju ravnomerno zagrevanje bez promaje, i što se može koristiti topla voda temperature 30 °C. Ovaj način grejanja je poznat kao "podno grejanje" i on je fiziološki najpogodniji. Popularan je kod grejanja hala, garaža, prizemlja, kao i za otapanje snega na kolovozima i trotoarima.

Hladjenje. Hladjenje se može postići iz geotermalne energije pomoću sistema hladjenja apsorpcijom litijum-bromida. Ovaj sistem je najčešći zato što koristi vodu za hladjenje. Medjutim, on je ograničen na hladjenje iznad tačke mržnjenja vode.

Uredjaji sa litijum-bromidom se najviše koriste u sistemima za hladjenje prostorija ili u industriji u tehnološkim procesima kada se ono vrši dovodom ohladjene vode. Ti uredjaji mogu biti jednostepeni i dvostepeni. Dvostepeni uredjaji zahtevaju visoku temperaturu, oko 160 °C, ali imaju visok COP.

Jednostepeni uredjaji mogu da funkcionišu sa vrelom vodom temperature od svega 77 °C i po pravilu imaju COP od 0,65 u odnosu na primarnu energiju. Što je temperatura geotermalne vode niža, to je potreban veći njen proticaj, a COP opada, i obrnuto.

Za hladjenje koje se vrši korišćenjem geotermalne energije do temperature ispod tačke mržnjenja vode mora se primeniti sistem sa apsorpcijom amonijaka. Da bi se dobio pristojan učinak pri hladjenju na niskim temperaturama, minimalna potrebna temperatura geotermalne vode mora da je 120 °C.

3.7.5. Neki primeri korišćenja geotermalne energije u svetu

Komunalno grejanje predstavlja glavni način neposrednog korišćenja geotermalne energije u svetu, pri čemu je najveći izgradjeni sistem u Rejkaviku na Islandu. Šta više, komunalno grejanje ima veliki potencijal za buduće korišćenje, kao što se već pokazalo na novim objektima u Kini, Francuskoj i SAD.

Poslednjih godina je realizovano nekoliko projekata geotermalnog komunalnog grejanja. Najzapaženiji medju njima su korišćenje vrele vode iz rezervoara u hidrogeotermalnim sistemima u velikim sedimentnim basenima u Francuskoj (Pariski basen i Akvitanski basen), kombinovano grejanje i hladjenje u Klamat Folzu u Oregonu (SAD). Projekti neposrednog korišćenja prikazani u narednom tekstu su odabrani kao primeri glavnih tipova geotermalnih projekata komunalnog grejanja u svetu, i kao primeri koji su veoma slični onima koji se mogu realizovati na području Bijeljine, odnosno Semberije.

Rejkjavik (Island). Glavna upotreba geotermalne energije na Islandu je za komunalno grejanje. Karakteristična ulazna temperatura je 80 °C, a izlazna 35 °C. Poslednjih

decenija je na Islandu došlo do stalnog porasta u geotermalnom komunalnom grejanju. Godine 1960. oko 35 % stanovnika je imalo geotermalno grejanje, a sada više od 80 %. Ostali stanovnici žive u krajevima udaljenim od geotermalnih nalazišta, tako da moraju da koriste druge oblike energije za zagrevanje prostorija. Ustvari, tržište geotermalnog komunalnog grejanja na Islandu je skoro sasvim zasićeno.

Za potrebe komunalne službe grejanja u Rejkjaviku voda se crpi iz tri geotermalna izvorišta, od kojih se dva (Laugarnes i Elidaar) nalaze u gradu, a treće (Rejkir) na udaljenosti od 15-20 km. U sistemu se nalazi 50-60 ekaploatacionih bunara. Kapacitet eksploatacije u izvorištu Rejkir iznosi 1.500 l/s pri 89 °C, u izvorištu Laugarnes 290 kg/s pri 125 °C i u izvorištu Elidaar 180 kg/s pri 96 °C. Geotermalni toplifikacioni sistem Rejkjavika opslužuje još nekoliko naselja, odnosno oko 120.000 stanovnika. Njegova toplotna snaga je 435 MW_t.

Geotermalna voda u Rejkjaviku se crpi bunarima sa bunarskim "lineshaft" pumpama. Dva paralelna cevovoda, koji se nalaze u betonskim tunelima na površi terena, prenose vodu na udaljenost od oko 15 km do Rejkajvika. Noviji od ova dva cevovoda ima cev prečnika 700 mm, dok stariji ima cev prečnika 350 mm. Nedavno su izgradjeni novi rezervoari na pola puta izmedju izvorišta Rejkir i Rejkjavika. Rezervoara ima i u gradu. Oni služe za izravnavanje snabdevanja vrelom vodom tokom dana, što omogućava ravnomerno crpljenje iz bunara. Voda se razvodi pomoću nekoliko crpnih stanica unutar grada i susednih naselja. Jedna toplana na naftu nalazi se izmedju novih rezervoara i gradskog područja i ima nominalni kapacitet od oko 35 MW_t. Ova toplana služi za zadovoljavanje vršnog opterećenja u toku nekih 15-20 najhladnijih dana u godini.

Razvodni sistem od crpnih stanica u gradu sastoji se od jednog ili duplog cevovoda. Voda u jednom cevovodu se posle upotrebe odvodi, dok se fluid iz duplog cevovoda vraća posle korišćenja u crpne stanice gde se meša sa vodom više temperature i ponovo koristi. Temperatura vode koja se dovodi do potrošača iznosi oko 80 °C. Voda je dobra po hemijskom sastavu i neposredno se koristi za pranje i kupanje.

Glavni dovodni i razvodni cevovodi se izoluju oblogama od mineralne vune koje se vezuju oko cevi a zatim se cevi polažu u betonske kanale. Cevi velikog prečnika oslanjaju se na kotrljajuće ležaje sa čvrstim osloncima na svakih 100 m i dilatacionim harmonikama na svakih 200 m. Cevi manjeg prečnika se vešaju o metalna ugaona gvoždja u vodovima. Ulični vodovi i kućni priključci su od čeličnih cevi izolovanih poliuretanom i obloženih polietilenom. One se polažu u iskopane rovove koji se zatrpavaju peskom.

Geotermalni toplifikacioni sistem Rejkjavika je projektovan za grejno opterećenje na spoljnu temperaturu od oko -10 °C, pošto se opterećenje u hladnijim periodima pokriva iz rezervoara i vršne toplane na naftu. Gubitak toplote u cevovodima od Rejkira do Rejkjavika iznosi oko 5 °C, a gubitak toplote u gradskom razvodnom sistemu iznosi oko 10 %. Vrela voda se naplaćuje prema potrošnji izmerenoj na zapreminskom vodomeru.

Klamat Folz (SAD). Geotermalna voda se u prošlosti koristila u SAD prvenstveno za topla kupatila i bazene. Ipak, već decenijama postoji geotermalno grejanje u gradovima kao što su Boasi u Ajdahu i Klamat Folz u Oregonu, koje se sastoji od razvodnog sistema vrele vode u Boasiju i pojedinačnih bunarskih izmenjivača toplote u Klamat Folzu.

U Klamat Folzu je došlo do tri zanačajna geotermalna poboljšanja. Ona su počela sa postavljanjem bunarskih izmenjivača toplote u bušotinama za grejanje pojedinih stambenih i poslovnih zgrada. Od 1930. godine ugradjeno je oko 500 bunarskih izmenjivača toplote čije se vršno termalno opterećenje procenjuje na 60 MW_t (Lund i dr., 1975).

Drugo poboljšanje je klasičniji komunalni sistem grejanja za centralni deo Klamat Folza, izgradjen pre oko 10 godina. Taj sistem se sastoji od dva crpna eksploataciona bunara koji obezbedjuju do 45 kg/s vode temperature 103 °C i čeličnog cevovoda dužine 1.240 m do centralnog postrojenja pločastog izmenjivača toplote. Sekundarni cevovod zatvorene petlje od armiranih plastičnih cevi dovodi vodu temperature 93 °C do pojedinih zgrada. Primarni geotermalni fluid se injektira u bunar na lokaciji objekta izmenjivača toplote.

Vršno grejno opterećenje iznosi 6 MW_t sa predvidjenim faznim proširenjem na 10 i 40 MW_t (Lund, 1982; Lienau, 1983).

Treći napredak u Klamat Folzu postignut je u krugu Oregonskog tehnološkog instituta gde se geotermalna voda koristi za grejanje i hladjenje prostora. Institut je izmešten sa ranije lokacije pre oko 30 godina da bi mogao da koristi geotermalnu vodu za grejanje svojih 11 zgrada ukupne površine 52.000 m^2. Tri eksploataciona bunara daju do 40 kg/s vode temperature 88 °C za pokrivanje grejnog opterećenja od 5,2 MW_t. Prosečna izdašnost bunara iznosi 15 kg/s, koja leti opadne na 3 kg/s, uglavnom za grejanje vodovodske vode. Troškovi geotermalnog grejanja u tom sistemu iznose 1/10 cene koliko bi iznosilo grejanje na klasična goriva.

Ovom sistemu je nedavno pridodat rashladjivač od litijum-bromida kapaciteta 530 kW za hladjenje pet zgrada (25.000 m^2). Rashladjivač koristi 38 kg/s vode temperature 88 °C za proizvodnju 23 kg/s vode 7 °C (Referti, 1983; Lienau, 1984). Rashladjivač radi na principu da ispod niskog apsolutnog pritiska voda uzima toplotu i ključa na niskoj temperaturi. Da bi dobila energiju potrebnu za ključanje, ona oduzima toplotu drugom fluidu (čime se vrši rashladjivanje) kao što je voda, što se vrši u evaporatoru. Rashladjeni fluid se zatim koristi za hladjenje. Da bi proces hladjenja bio stalan, vaporiziranu vodu apsorbuje rastvor litijum-bromida i vode, što se vrši u apsorberu. Uklanjanje rashladne vodene pare apsorpcijom održava dovoljno nizak pritisak za dalju vaporizaciju. Zatim, se razblaženi rastvor litijum-bromida pumpa u posebnu komoru gde ga zagreva geotermalna voda da bi se oslobodila apsorbovana para, a to se vrši u generatoru. Relativno hladna voda koja se kondenzuje iz rashladnog tornja oduzima dovoljno toplote

iz vodene pare da bi se ona ponovo kondenzovala u tečnost i upotrebila u ciklusu hladjenja, što se vrši u kondenzatoru. Obnovljeni rastvor litijum-bromida se vraća u apsorpcionu komoru da nastavi ciklus.

Melin Lalmont (Francuska). Fluidi niske temperature iz geotermalnih nalazišta u podlozi sedimentnih basena u Madjarskoj i Francuskoj, koja je izgradjena od mezozojskih stena, kao i u Semberiji, široko se koriste za grejanje prostora. Na slične primene se nailazi i u Italiji. Do ovakvog razvoja u Francuskoj je došlo tek u novije vreme, negde oko 1970. godine kada je izgradjen komunalni sistem grejanja u Melin Lalmontu, jugoistočno od Pariza. Dve najrazvijenije geotermalne oblasti u Francuskoj su Pariski i Akvitanski basen blizu Bordoa. Dubine bunara se kreću od 1.500-2.000 m, proticaji 150-300 m^3/h, a temperature na vrhu bunara 50-85 °C. U većini od 40-50 pojedinačnih komunalnih mreža za grejanje koriste se reinjekcioni sistemi. Rastojanje izmedju bunara, jednog za eksploataciju a drugog za injektiranje, iznosi obično 1.000 m. Dužina dovoda i razvodne mreže iznosi 1-8 km. Stopa vraćanja sredstava za ove sisteme iznosi 10-20 %, a rok otplate je 5-10 godina.

Eksploatacioni bunar reinjekcionog sistema u Melin Lalmontu daje 95 m^3/h vode temperature 70 °C, a temperatura injektirane vode je 35 °C. Sistem zagreva oko 3.000 stanova. Osnovno opterećenje za prostorno grejanje i vrelu vodu može se zadovoljiti iz geotermalnog nalazišta. Vršno opterećenje se obezbedjuje iz toplane na klasično gorivo. U toku leta postoji potreba samo za vrelom vodom, koju u potpunosti podmiruje geotermalni bunar.

Demostracioni projekat korišćenja geotermalne energije u gradu De Lier (Holandija). U okolini ovog grada, koji se nalazi u pokrajini Westland južno od Haga, odnosno 20 km JZ od Delfta, nalazi se najveći staklenički kompleks u Evropi (Heederik i dr., 1995). U njima se gaji cveće. Zagrevanje staklenika se vrši gasom i oni su glavni potrošač kompanije NBW, koja je jedan od najvećih distributera gasa u Holandiji. Zbog ekološke politike i novih ekoloških zakona koji su stupili na snagu u EU, u sektoru stakleničke proizvodnje zasnovanoj na sagorevanju fosilnih goriva, mora do 2000-te godine da se u cilju smanjenja emisije CO_2 smanji potrošnja gasa za 30 %. Pošto u tom području nema mogućnosti da se ta zamena izvrši sa sunčevom energijom i energijom vetra kao lokalnim alternativnim izvorima, to je jedina mogućnost bila geotermalna energija čija su nalazišta bila otkrivena i dokazana ranijim geotermalnim istraživanjima. Zbog toga je odlučeno da se prvo izradi i relizuje demonstracioni projekat, a zatim da se po uzoru na njega ide na maksimalne mogućnosti koje pružaju geotermalni resursi u tom području.

U vezi s tim u prvoj fazi sa geotermalnom energijom vršilo bi se zagrevanje 17 hektara staklenika sa vodom temperature 87 °C sa dubine od 2.300 m toplotne snage 14,8 MW_t. Projekat je realizovan izradom bušotina, sistema za razvod vode na površi terena i instalacija za grejanje. Crpenje termalne vode se vrši pumpama postavljenim na dubini od 300 m sa kapacitetom od 83 l/s (7.200 m^3/dan). Ukupna investicija je iznosila oko

$235 \cdot 10^6$ NFL ($11,7 \cdot 10^6$ NFL za dva bunara, $3,3 \cdot 10^6$ NFL za instalacije na površi terena, $4,4 \cdot 10^6$ NFL za grejne instalacije u staklenicima) od čega 10 % za projektovanje i upravljanje izgradnjom.

Ekonomičnost je računata za period od 25 godina (1996-2020) sa rastom cena struje od 1,5 % godišnje, gasa 2,2 % godišnje, zamenom pumpe svake pete godine, godišnjom stopom inflacije od 3 % i radom sistema od 4.400 sati godišnje. Dobijena toplotna energija iz geotermalne energije iznosi 65.440 MWh_t/god. Sa njom se postiže zamena gasa od $6,7 \cdot 10^6$ m^3/god vredna $1,59 \cdot 10^6$ NFL u 1996. godini, a 2020-te ona će iznositi $2,69 \cdot 10^6$ NFL ako se cena bude menjala po predvidjenoj stopi. Sa sadašnjom cenom gasa od 0,24 NFL/m^3, koja je veoma niska, ekonomičnost projekta nije održiva. Medjutim, zbog ekološki nepovoljnih efekata koji prate sagorevanje gasa usled visoke emisije CO_2, u zemljama EU, pa i u Holandiji, uvedene su posebne "ekotakse" ili "ekoporez", tako da je ekonomičnost ovog geotermalnog projekta usled toga povoljna. Naime, korišćenjem geotermalne energije u opisanom stakleniku za 25 godina njegovog rada neće doći do oslobadjanja $297 \cdot 10^6$ kg CO_2, koliko bi se emitovalo u slučaju da je korišćen gas. Pomenuta "ekotaksa" za vlasnike staklenika koji koriste gas iznosi 100 NFL/tona CO_2, odnosno redukcija emisije CO_2 se plaća od strane države po ceni od 51 NFL/tona CO_2.

Prvi geotermalni toplifikacioni sistem u Poljskoj. On je realizovan u gradu Pyrzyce, koji se nalazi oko 32 km južno od Šćećina. Ovaj grad ima 16.000 stanovnika a cela opština 26.000. Toplifikacioni sistem u njemu nije postojao a grejanje se vršilo sa 68 kotlarnica u kojima je sagorevan kameni ugalj u količini od oko 38.000 tona godišnje. Potrebna toplotna snaga za ceo grad je oko 50 MW_t (Meyer i dr., 1995). Geotermalnim istraživanjima je dokazano da cela okolina Šćećina ima povoljne uslove za eksploataciju geotermalne energije, čija se nalazišta u vidu akumulacija termalnih, veoma agresivnih voda, visoke mineralizacije (120 gr/l), temperature 50-90 °C nalazi na dubinama od 1.500-2.000 m. Zbog toga je izradjen pomenuti projekat, odnosno toplifikacioni sistem.

Geotermalna voda temperature 65 °C se crpi iz dva bunara sa ukupnim kapacitetom od 100 l/s, a zatim posle izvlačenja geotermalne energije, vraća u matičnu akumulaciju kroz dva injekciona bunara. Sa geotermalnom energijom nadoknadjuje se 2/3 godišnjih potreba za toplotnom energijom.

U sistemu za korišćenje nalaze se dve absorpcione Li-Cd toplotne pumpe koje zadovoljavaju 84 % od godišnjih potreba za toplotnom energijom. U kombinaciji sa toplotnim pumpama je i dodatna kotlarnica, koja koristi gas, tako da se sa njima dobija 40 MW_t, a preko dva izmenjivača još 2x8 MW_t. Korišćenjem geotermalne energije umesto uglja postižu se pozitivni ekološki efekti: eliminiše se potpuno emisija čadji i prašine, SO_x se eliminiše sasvim, NO_x se smanjuje za 96 % u odnosu na ugalj, a CO_2 za 90 %.

Ukupni troškovi izgradnje celog toplifikacionog sistema (bušotine, toplana, mreža)

iznosili su $16{,}8 \cdot 10^6$ $ U.S.A., od čega $8 \cdot 10^6$ $ U.S.A. za bušotine i toplanu, a $8{,}8 \cdot 10^6$ $ U.S.A. za toplovodnu mrežu.

Ekonomski efekti su računati za period od 30 godina. Oni su sledeći: troškovi 1GJ toplote dobijene iz geotermalne energije su četiri puta manji od troškova iste količine toplote dobijene iz klasične toplane na fosilna goriva, a sa kreditom za izgradnju geotermoenergetskog sistema pri kamati od 6 % godišnje, rok odplate je 6 godina. Oni se najbolje vide iz sledećih podataka: cena 1 GJ toplote dobijene sagorevanjem uglja je 12,4 $ U.S.A., iz gasa 10,0 $ U.S.A., mazuta 11,6 $ U.S.A., a iz geotermalne vode 2,56 $ U.S.A.

Prvi geotermalni toplifikacioni sistem u gradu Pyrzyce je dao praktične informacije o tome kako treba raditi sledeće objekte tog tipa. U vezi sa ovim primerom treba reći da cela okolina Šćećina, kao što je i okolina Bijeljine, ima povoljne uslove za korišćenje geotermalne energije.

Geotermalni rezervoar, koji se već eksploatiše u gradu Pyrzyce, se prostire i ispod Šćećina. Kompanija "EKO-INWEST" S.A. iz Šćećina, koja je realizovala opisani projekat, izradila je studiju "Mogućnosti korišćenja geotermalne energije za toplifikaciju Šćećina". Ona se zasniva na rezultatima geotermalnih istraživanja po kojima je dokazano da jedan par bušotina (1 eksploataciona + 1 injekciona) obezbedjuje toplotnu snagu od 10 MW_t. U vezi s tim izradjen je plan modernizacije toplana od strane navedene kompanije, tako da je jedna postojeća toplana, tj. preduzeće "Dolna Odra" iz Nowe Czarnowo, postala investitor projekta pod nazivom "Modernizacija toplifikacionog sistema u Šćećinu na bazi toplana "Portova" i "Pomorzany" korišćenjem geotermalne toplote". Ove dve toplane su zagrevale Šćećin sagorevanjem uglja. Medjutim, zbog velikih ekoloških problema javila se potreba za hitnom modernizacijom.

Po tom novom projektu modernizacije u obe toplane vršiće se integralno korišćenje gasa za vršne potrebe sa uredjajima za prečišćavanje produkata sagorevanja i geotermalne energije sa snagom od 150 MW_t. Takodje, će se izvršiti i kompletna zamena glavnih toplovoda u gradu. Posle modernizacije u toplani "Pomorzany" će se proizvoditi 100 MW_e električne energije iz gasa i 400 MW_t toplotne energije iz gasa i geotermalne energije, a u toplani "Portow" 350 MW_t toplotne energije. Pored ovih toplana u Šćećinu, predvidjena je izgradnja geotermalnih toplana u još pet naselja ukupne toplotne snage 240 MW_t, od čega jedna snage 100 MW_t, dve sa po 50 MW_t i dve sa po 20 MW_t.

Korišćenjem geotermalne energije dobiće se najčistiji izvor toplote i njena niska cena (tabela 3.3), koji će postati osnova za ekonomski razvoj celog regiona. Čista i jeftina geotermalna toplotna energija postaće atraktivna investicija tamo gde je toplota esencijalna za razvoj, tj. za staklenike za proizvodnju povrća i cveća, ribnjake i mnogo drugog: sport, rekreaciju, rehabilitaciju i terapeutske centre. Geotermalne toplane su planiranje i unutar nacionalnih parkova i zaštićenih teritorija u oblasti Šćećina zbog ekološke bezbednosti. Korišćenje geotermalne energije biće kompleksno: toplifikacija sa

Tabela 3.3. **Jedinične cene toplotne energije proizvedene u toplani snage 50 MW_t korišćenjem različitih izvora energije** (Meyer & Kozlovski, 1995)

Vrsta izvora energije	Troškovi izgradnje toplane	Troškovi prečišćavanja otpadnih gasova	Troškovi izgradnje gradskog toplifikacionog sistema	Ukupni investicioni troškovi	Troškovi u toku rada	Godišnji troškovi pogonski	Kraj 1994		Kraj 1995	
							Ukupni troškovi proizv. toplote	Cena 1 GJ proizv. toplote	Ukupni troškovi proizv. toplote	Cena 1 GJ proizv. toplote
	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.	10^6 $ U.S.
Ugalj	6.1	4.8	6.1	17.0	2.6 svakih x 10 godina	3.9	142	10.0	177	12.40
Gas	5.6	1.7	6.1	13.4	2.6 svakih x 10 godina	3.0	112	8.0	140	10.00
Mazut	6.5	2.2	6.1	14.8	2.6 svakih x 10 godina	3.7	133	9.3	166	11.60
GTE	7.0	-	6.7	13.1	0.4 svakih x 10 godina	0.6	31.3	2.22	37	2.56

agrikulturnom proizvodnjom, sušarama, procesnim jedinicama itd.

Kompleksno kaskadno korišćenje geotermalne energije u gradu Tianjin (Kina). Ovaj grad se nalazi 135 km udaljen od Pekinga. U njegovoj oblasti površine oko 11.000 km^2 živi 8,4 miliona stanovnika. To je važan industrijski i poslovni centar. Ispod grada su otkrivena velika geotermalna nalazišta, čije je prostranstvo 2.500 km^2, odnosno koja se prostiru ispod jedne četvrtine grada (Yihan, 1995).

Hidrogeotermalni sistem je sličan hidrogeotermalnom sistemu Mačve i Semberije. Povlatni izolator, odnosno konduktivni hidrogeotermalni sistem čine tercijarni sedimenti, a konvektivni u njegovoj podlozi mezozojske stene do dubine od 3.000 m. Unutar nalazišta je izbušena 151 geotermalna bušotina-bunar iz kojih godišnje istekne $26 \cdot 10^6$ m^3 termalne vode sa temperaturom 25-100 °C. U industriji se koristi 12 bunara sa dnevnom izdašnošću od 20.000 m^3 termalne vode. Ukupno se zagreva $2{,}315 \cdot 10^6$ m^2 stmbenog i drugog prostora, 80.000 m^2 pokrivenih ribnjaka, dve velike farme kokošaka nosilja u kojima se prizvede 200.000 tona jaja godišnje.

Korišćenje geotermalne energije u industriji. Termalne vode polazne temperature 91 °C se koriste kaskadno u tekstilnoj industriji, prvo za grejanje proizvodnih hala i vazduha, zatim u tehnološkom procesu za pranje i bojenje prediva, tkanina i vune, kada temperatura posle grejanja opadne na 38-51 °C. Posle prečišćavanja termalna voda se dalje koristi za svakodnevne životne potrebe. U tekstilnim proizvodnim halama vazduh mora imati odredjenu visoku vlažnost. Za njegovo orošavanje sa veštački stvorenom vodenom maglom ranije je korišćena vodena para za čije dobijanje je sagorevan ugalj. Sada se za te svrhe umesto uglja koristi termalna voda temperature 60 °C u količini od 900 kg/h ili voda temperature 80 °C u količini 600 kg/h. Sistem za klimatizaciju vazduha ima kapacitet 1.000.000 m^3/h. Korišćenjem geotermalne energije za tri godine izvršena je zamena 17.400 tona uglja sa kojim je pre toga svake zime atmosfera zagadjivana sa 6,9 tona dima, 11,7 tona SO_2 i 455 tona čadji.

Korišćenje geotermalne energije u agri i akvakulturi. Sagradjeno je mrestilište, odnosno ribnjak sa termalnom vodom površine 80.000 m^2 u kome se godišnje proizvede $20 \cdot 10^6$ komada vrste *African crucian* i $10 \cdot 10^6$ komada mladji šarana. Pored ovih ribljih vrsta gaji se i mladj skupih akvatičnih vrsta, kao što je mladj račića (škampi), kornjače mekog oklopa i žabe bukačice. Izgradjene su i dve velike živinarske geotermalne farme u kojima se godišnje proizvede $60 \cdot 10^6$ komada pilića i 200.000 tona svežih jaja. Posebno se forsira korišćenje geotermalne energije u selima. U vezi s tim su razvijena tri različita načina korišćenja geotermalne energije.

U selu Tuanbo formiran je sistem za kombinovano korišćenje sa temperaturom vode 76 °C u količini od 54 m^3/h, i to: 1,3 hektara toplovodnog ribnjaka, 10 staklenika, uzgajalište jestivih gljiva, grejanje 8 radionica, dva geotermalna kupatila i 867 hektara otvorenog ribnjaka sa trskom i zgrade koje se greju. Godišnja proizvodnja je 370 tona ribe i 14 tona mladji.

U selu Lizigu sagradjena je geotermalna farma pilića najveća u Kini. U njoj se koristi voda temperature 98 °C. Ukupna površina objekata farme je 20.236 m^2 od čega živinarnici zauzimaju 4.896 m^2. U dve hale za leženje pilića nalaze se 33 geotermalna inkubatora. Svaki od njih može da izleže 12.672 jajeta u jednom turnusu. Temperaturna razlika izmedju vrha i dna inkubatora je manja od 0,4 °C tako da je procenat izleglih pilića prosečno 85 % a maksimalno 95 %. Inkubator automatski okreće jaja i ima automatsku kontrolu za temperaturu i alarm. Zbog tih dobrih rezultata inkubator se proizvodi za prodaju. Svake godine na farmi se proizvede 36.000 pilića za pečenje, $5,5 \cdot 10^6$ jaja i $4 \cdot 10^6$ malih pilića. Geotermalna energija je brzo razvila ekonomiju farme, jer je vrednost godišnje proizvodnje $133 \cdot 10^6$ Yuan-a a profit $9,43 \cdot 10^6$ Yuan-a.

Toplovodni-geotermalni ribnjak i mrestilište u selu Liqian koristi termalnu vodu iz tri bunara ukupne izdašnosti 60-70 m^3/h temperature 47-50 °C. Izgradjeno je 4 hektara toplovodnog pokrivenog ribnjaka i 13,3 hektara otvorenog u kojima se proizvodi 100 tona mladji godišnje za potrebe drugih ribnjaka u gradu Tianjin.

Toplifikacija grada geotermalnom energijom. Do 2000-te godine prema planu gradske uprave treba da se iz centralizovanog geotermalnog toplifikacionog sistema zagreva 40-60 % od ukupne površine svih zgrada u gradu koja iznosi $3,37 \cdot 10^6$ m^2. Za te svrhe je do 1992. godine izbušeno 87 bunara. Ukupna godišnja eksploatacija termalne vode je $22 \cdot 10^6$ m^3/god, a ukupna površina prostora koji se greje oko $2,315 \cdot 10^6$ m^2. U cilju sprečavanja nepoželjnih efekata eksploatacije sa pojedinačnim bunarima na stanje nalazišta, tj. u cilju njegove zaštite eksploatacija za potrebe toplifikacije se od 1993. godine vrši reinjekcionim dubl-sistemima.

Kaskadno korišćenje geotermalne energije u gradu Oradea (Rumunija). Na području i u okolini grada Oradea hidrogeotermalne karakteristike terena su veoma slične istim na području Bijeljine. Glavni hidrogeotermalni kolektor, odnosno rezervoar sa nalazištem termalnih voda predstavljaju trijaski krečnjaci i dolomiti na dubini od 2.200-3.200 m. Mineralizacija termalnih voda je oko 1 gr/l a hemijski tip vode je Ca-SO_4-HCO_3. Starost vode prema ^{14}C je oko 20.000 godina. Eksploatacija se vrši iz 11 bušotina a jedna je reinjekciona. Ukupni instalisani kapacitet sistema za korišćenje geotermalne energije je 35 MW_t, odnosno ukupna izdašnost je 150 l/s pri samoizlivu sa temperaturom vode od 85 °C. U planu je da se izdašnost duplira crpenjem, ali da se vrši injektiranje iskorišćenih voda zbog održavanja pritiska u rezervoaru (Rosca i dr., 1995).

Geotermalna energija iz termalnih voda, koje se eksploatišu iz bunara dubine 2.914 m, sa temperaturom od 87 °C i u količini od 50 l/s, koristi se u univerzitetskom centru prvo za grejanje 145.000 m^2 prostora. Geotermalna toplota se preuzima preko cevnog izmenjivača rumunske proizvodnje sa ručnom regulacijom. Greje se biblioteka, studentski dom, fizioterapeutski blok, plivački bazeni, staklenik-botanička bašta sa tropskim biljkama, sve preko klasičnih radijatora. Pored grejanja obezbedjuje se i topla sanitarna voda temperature 65 °C. U planu je da se izgradi pilot binarna geotermoelektrana sa

CO_2 kao radnim fluidom snage 1 MW_e, koja bi uzimala geotermalnu energiju u prvoj kaskadi korišćenja geotermalnih voda. Za njeno hladjenje koristiće se hladna voda iz plitke freatske izdani. Izgradjeni sistem proizvodi $64{,}6 \cdot 10^3$ GJ toplotne energije godišnje sa kojom se zamenjuje 7.720 tona uglja. Smanjenje emisije CO_2 je više od 60 % u odnosu na ranije korišćenje uglja.

Korišćenje geotermalne energije za sterilizaciju zemljišta u Olkaria (Kenija). U ovom, u svetu poznatom, geotermalnom području na jednoj farmi cveća površine 60 hektara pored jezera Naivasha, na kojoj se gaji veoma kvalitetan karanfil za izvoz, zemljište se mora sterilisati svake godine zbog pojave štetočina i zaraznih bolesti u tlu, od kojih stradaju zasadi cveća, a naročito karanfili. Ranije je sterilizacija vršena hemijskim sredstvima (gasom metil-bromidom), ispod tanke plastične folije u trajanju od 5-6 sati. Medjutim, ovakav način sterilizacije izazivao je kontaminaciju zemljišta tako da se ono moralo menjati, što je izazivalo velike dodatne troškove. Zbog toga je pronadjen nov neškodljiv način sterilizacije. To je učinjeno tako što se za te svrhe koristi hladna voda iz jezera Naivasha temperature 15 °C, koja se preko pločastog izmenjivača zagreva geotermalnom energijom do temperature od 100 °C i sa cevovodom dužine 1,5 km odvodi do farme gde se raspršuje u vidu magle preko zemljištta. Sterilizacija parcele površine 2.000 m^2 sa njom (T=93 °C) traje 36-48 sati. Potrebna količina vrele vode je 0,5 $l/m^2/min$, odnosno ukupno 60 m^3 (Melaku i dr., 1995).

Kaskadno korišćenje geotermalne energije u mestu Rodigo (Italija) za agri i akvakulturu. Ovo mesto se nalazi na teritoriji komune Goito u regionu Mantova u Italiji. U njemu se koristi geotermalna energija iz termalnih voda temperature 59 °C u količini od 80 m^3/h, koje ističu iz za naftu negativne bušotine dubine 5.000 m. Voda dolazi sa dubine 3.875-4.170 m i ima mineralizaciju 0,73 gr/l (Sordelli i dr., 1995).

Geotermalna energija se koristi za zagrevanje staklenika površine 7 hektara u kome se gaji cveće (florikultura). Godišnje se u prvoj sezoni proizvede ukupno 200.000 sadnica ciklama, geranijuma i drugog cveća, koje se posle distribuira farmerima za rasadjivanje na otvorenim parcelama. Kontrola temperature u stakleniku i drugi parametri koji utiču na rast biljaka se neprekidno kontrolišu kompjuterski u zavisnosti od spoljašnjih klimatskih promena.

Pored staklenika nalazi se sušara za žitarice i povrće. Kapacitet sušenja žitarica je 43,2 tone dnevno, odnosno 1.200 tona godišnje, a za povrće 40 tona dnevno ili 2.000 tona godišnje.

Izgradjen je i ribnjak za uzgoj jegulje. On se sastoji od otvorenog bazena za tov odrasle jegulje, i od zatvorenog bazena u kome se odgaja tek izmrešćena mladj. Ukupna površina ribnjaka je oko 2,1 hektara. U njemu se koristi termalna voda temperature 25 °C, koja je prethodno korišćena u stakleniku i sušari. Na taj način, gajenje jegulja se vrši tokom cele godine, ukupno se proizvede 45 tona godišnje.

Korišćenjem geotermalne energije zamenjena je potrošnja 1.214 tona mazuta za čiju nabavku je trošeno $668 \cdot 10^6$ lira godišnje. Ukupna ulaganja u instalacije za korišćenje termalne vode od postojeće bušotine su iznosila $2 \cdot 10^6$ lira, dok godišnji troškovi iznose $40 \cdot 10^6$ lira. Ulaganja su se isplatila za tri godine. Rezultati projekta su sledeći: 1) proizvodi sušeni geotermalnom energijom su boljeg kvaliteta od istog koji se dobija u sušarama na klasična goriva, 2) regionalni razvoj nije moguć bez geotermalne energije, 3) geotermalna energija doprinosi uštedi goriva, i 4) koristi za okolinu nastaju korišćenjem čistih energetskih izvora. Projekat Rodigo je odličan primer korišćenja niskotemperaturnih voda u toku cele godine, leti za sušenje a zimi za grejanje.

Korišćenje geotermalne energije iz niskotemperaturnih voda u Straubingu (Nemačka). Grad Straubing se nalazi u JI delu Nemačke, izmedju gradova Passau i Regensburg, u središnjem delu veoma plodnog i poznatog agrikulturnog područja. U geološkom pogledu Straubing se nalazi na istočnoj granici molasnog basena južne Nemačke. Geotermalni resurs ispod grada predstavljaju termalne karsne vode u gornjojurskim karstifikovanim krečnjacima i dolomitima na dubini od 800-1.000 m. U gradu postoji banjski centar u kojem se te vode temperature 36-50 °C koriste za balneoterapeutske svrhe.

Stanovnici Straubinga su odavno poznati po naprednim idejama u vezi korišćenja energije i zaštite okoline. Još 1901. godine osnovano je prvo Društvo za toplifikaciju grada. Radi zaštite okoline 1926. godine su sagradjene dve hidroelektrane. U toku 1970. godine pušteno je u rad nekoliko toplotnih pumpi, a 1980. godine izgradjena je ekološki bezopasna toplana. U njoj se sa toplotnim pumpama izvlači toplota iz pijaće vodovodske vode i koristi za grejanje. Počele su aktivnosti i na korišćenju solarne energije. Geotermalna energija se koristi od 1990. godine zahvaljujući otkriću termalnih voda ispod grada do kojeg je došlo 1910. godine pri kopanju mrkog uglja u rudničkoj jami na dubini od 800 m, slično kao što se desilo u Vrdniku na Fruškoj gori 1936. godine.

Geotermalna istraživanja u cilju korišćenja geotermalne energije počela su 1989. godine kada je izbušena duboka bušotina dubine 1.000 m. Iz nje je dobijen samoizliv termalne vode temperature 38 °C u količini od 60 l/s. Iz ovog bunara se eksploatiše 50 l/s termalne vode temperature 36 °C od čega se 45 l/s koristi energetski integralno u kombinaciji sa gasom, a ostali deo za balneoterapeutske potrebe. Korišćenje geotermalne energije je kaskadno: za grejanje,balneoterapiju, agri i akvakulturu. Ukupna toplotna snaga bunara je 8 MW_t. Kod svakog korisnika u gradu gde se koristi geotermalna voda izgradjena je kombinovana toplana, toplotna pumpa sa gasnim motorom i akumulatori toplote za vršne potrebe. Glavni potrošači su luksuzno naselje i poslovni centar, proširen deo gradskog toplifikacionog sistema, javni plivački bazeni, naselje za penzionere sa balneoterpeutskim centrom, sajamski centar, banjski centar i na kraju agri i akvakultura. Na kraju se ohladjena voda do temperature od 13 °C vraća u matični rezervoar kroz reinjekcioni bunar na dogrevanje. Ukupna toplotna snaga celog sistema je 21,5 MW_t. U sistem je uvedena i količina od 8,3 l/s hladne vode temperature 12 °C, koja se zagreva do 36 °C i koristi za kupanje (John, 1995).

Sledeću fazu u sistemu kaskadnog korišćenja geotermalne energije predstavljaće izgradnja modernog, kupališta sa otvorenim i zatvorenim plivačkim bazenima. Tu će se pored korišćenja geotermalne energije iz dubokih karstnih termalnih voda koristiti i geotermalna energija iz hladnih voda temperature 11 °C iz freatske izdani sa dubine 15-20 m. U njemu će se korščenjem geotermalne energije supstituisati 72.752 m^3 gasa godišnje a istovremeno će se kao biprodukt dobiti 44.150 m^3 pijaće vode.

Korišćenje geotermalne energije u Straubingu, odnosno u Nemačkoj je stimulisano CO_2-taksom, odnosno stimulacijom za smanjenje emisije CO_2 u atmosferu. Ove takse povoljno utiču na ekonomičnost projekta, tako da je najbolje rešenje da najveći potrošači koriste gas a ostali da svoje potrebe rešavaju sa geotermalnom energijom, ili integralnim rešenjima, takodje sa geotermalnom energijom. Mišljenje nemačkih menadžera iz Straubinga je da projekte sa uvodjenjem geotermalne energije treba razvijati korak po korak ("step by step") zbog visokih investicionih ulaganja, da kaskadno korišćenje treba da bude osnova svih geotermalnih projekata, da jednocevni sistem od eksploatacionog bunara do injekcionog bunara mora da ostane, kao i da injektiranje mora biti obavezno. Takodje, je preporuka da korišćenje geotermalne energije sa velikim toplotnim pumpama zajedno sa toplanama na gas treba da se vrši u velikim toplifikacionim centrima. Po njima korišćenje geotermalne energije za različite vrste grejanja će u budućnosti dobijati sve veći i veći značaj.

Korišćenje geotermalne energije u gradu Meaux kod Pariza. Ovaj grad ima 50.000 stanovnika i udaljen je oko 50 km od Pariza. Geotermalna toplana u ovom gradu je jedna od najvećih te vrste u Evropi. Gradski geotermalni toplifikacioni sistem snabdeva toplotom 15.000 ekvivalentnih stambenih jedinica (kao i Bijeljina), odnosno zagrevaju se 2 velike i 2 male škole, 2 bolnice, poslovne zgrade, 2 plivačka bazena i 10.500 stanova. Dužina razvodne mreže je 21 km sa 121 podstanicom.

Ukupna snaga sistema je 127 MW_t. On je programiran da sa geotermalnom energijom podmiruje potrebe do + 6 °C, a ispod te temperature uključuju se dve vršne kotlarnice na mazut ili gas. Prosečne godišnje potrebe potrošača su 200.000 MWh od čega se 76 % obezbedjuje sa geotermalnom energijom iz termalne vode temperature 78 °C u količini od 1.100 m^3/h, koja se crpi iz 4 bunara dubine po 1.900 m. Voda je veoma korozivna, pa joj se toplota oduzima preko pločastog izmenjivača od titanijumskog čelika, a zatim se injektira u matični rezervoar kroz, takodje, 4 reinjekciona bunara.

Ceo toplifikacioni sistem je koštao $123 \cdot 10^6$ FF od čega bunari $35 \cdot 10^6$ FF, izmenjivači i "turbopumpe" $18 \cdot 10^6$ FF, razvodna mreža $60 \cdot 10^6$ FF a troškovi projektovanja i nadzora-rukovodjenja izgradnjom $10 \cdot 10^6$ FF. Cena proizvedenog 1 MWh toplote je 318 FF.

3.7.6. Korišćenje geotermalne energije za toplifikaciju Bijeljine

Toplifikacija Bijeljine je problem o čijem načinu rešavanja se razmišlja više od deset godina. U vezi ideje da se on može rešiti i sa geotermalnom energijom, još 1985. godine izradjena je, ranije pomenuta, Studija "Preliminarna ocena energetske potencijalnosti hidrogeotermalnih resursa u mezozojskoj podlozi tercijarnih sedimenata na području Semberije radi njihovog korišćenja za toplifikaciju Bijeljine" u kojoj je data prva analiza geotermoenergetskog potencijala otkrivenog hidrogeotermalnog nalazišta na području Semberije i data ocena da se toplifikacija Bijeljine može izvršiti na bazi geotermalne energije (Milivojević i dr., 1986). Na osnovu te Studije izradjena je, takodje, prva tehno-ekonomska analiza u kojoj je dokazano da je toplifikacija na bazi korišćenja geotermalne energije tehnički racionalno izvodljiva i ekonomski veoma opravdana (Cvijetić, 1986).

S obzirom na nove društvene i ekonomske okolnosti u kojima se radi ova Studija, to je kao poseban problem i ovog puta, veoma detaljno, ponovo analizirana mogućnost rešenja toplifikacije Bijeljine na bazi eksploatacije geotermalne energije. Ustvari, u narednom tekstu se, na osnovu sveobuhvatne analize, dokazuje da postoji tehnička i ekonomska opravdanost korišćenja geotermalne energije kao izvora geotermalne energije za grejanje u Bijeljini. To je učinjeno na bazi modelske prognoze da je moguća eksploatacija termalnih voda sa temperaturom od 80 °C u potrebnoj količini od oko 500 l/s, odnosno na pet izvorišta sa izdašnošću od oko 100 l/s.

Analizom je obuhvaćeno područje grada prema UP za period do 2015-godine, koji je izradjen od strane "JUGINUS"-a iz Beograda (1996).

3.7.6.1. Bilans toplotne snage za grejanje

U urbanističkom planu grad je podeljen u gradjevinske zone. Za svaku zonu dat je broj objekata i bruto razvijena površina istih prema sadržaju korišćenja. Prema ovim podacima izračunata je potrebna toplotna snaga za grejanje a prema specifičnim gubicima toplote za pojedine vrste objekata.

Specifični gubici toplote su izračunati na osnovu obrazaca iz "Teplotehničeskog spravočnika" (Jurenov & Lebedev, 1975). Objekti su podeljeni u četiri grupe prema vrstama korišćenja (tabela 3.4):

Područje grada je podeljeno na pet toplifikacionih zona što je prikazano na slici 3.14. Za svaku zonu je izračunata maksimalna snaga grejanja svih objekata u toj zoni. Rezultati proračuna su dati u tabelama 3.5.-3.9. za svaku zonu posebno.

Tabela 3.4. **Specifični gubici toplote iz stambenih i drugih objekata u zavisnosti od njihove vrste**

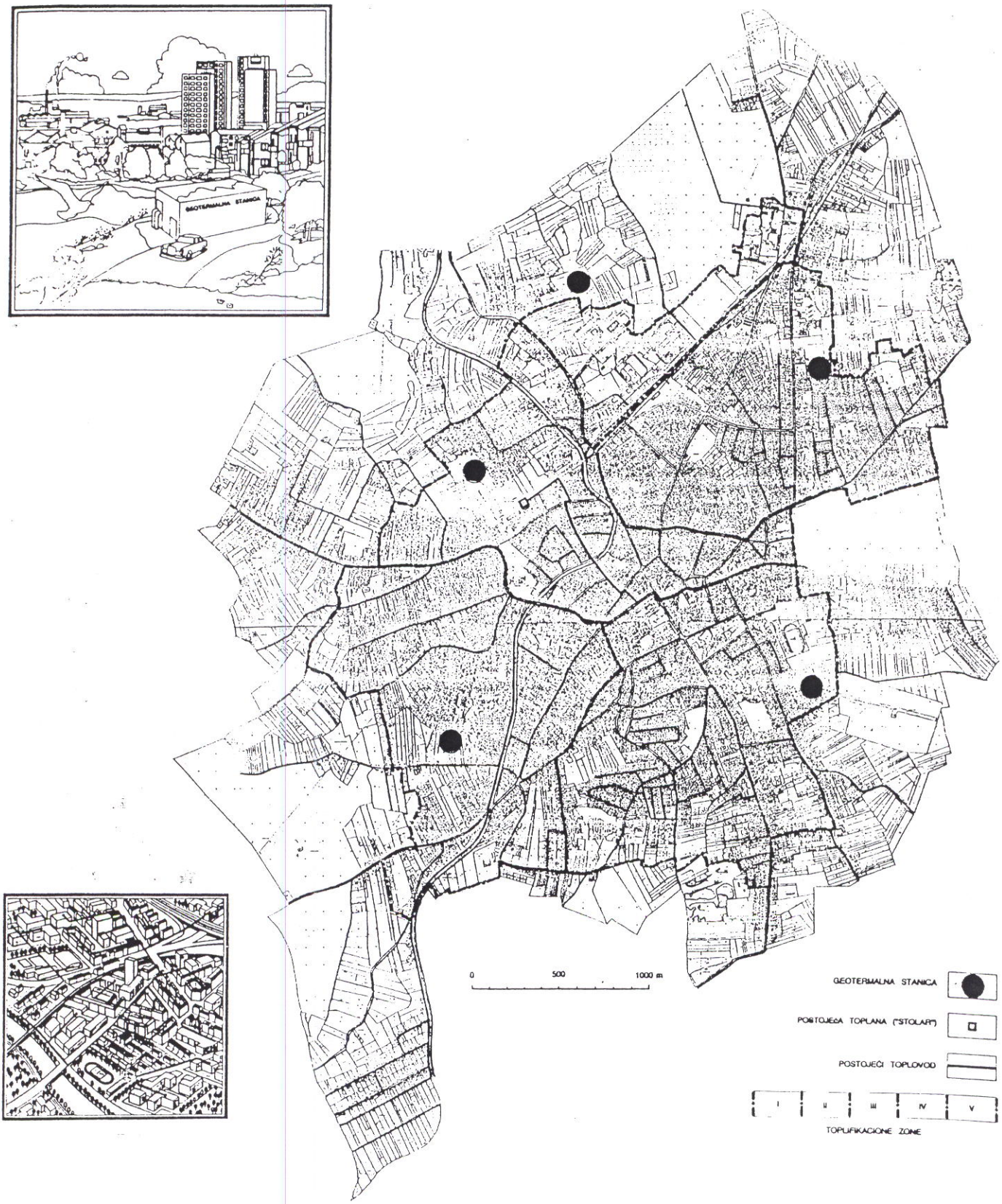
Red. broj	Vrsta objekta	Specifični gubitak toplote (W/m^2)
1.	Objekti za individualno stanovanje prosečne površine 95 m^2	100
2.	Objekti za kolektivno stanovanje, društvenu i komercijalnu delatnost prosečne površine 1000 m^2	70
3.	Privredni i komunalni objekti i saobraćajni terminali prosečne površine 1000 m^2	140
4.	Industrijski objekti Toplotni kapacitet je odredjen na osnovu ankete kod izrade Urbanističkog plana ili iz ranijih studija i projekata	-

3.7.6.2. Sistem grejanja

Usvojen je uobičajeni režim grejanja u objektima sa temperaturom vode u razvodu 90/70 °C. Radi povećanja količine termalne vode iz bunara u toku dana predvidjeno je njihovo akumuliranje u toku noći. Akumulacija bi se vršila u čeličnim stojećim rezervoarima koji bi se izolovali. Vreme grejanja je 16 časova a vreme akumuliranja 8 časova u toku dana.

Uzimanje toplotne energije iz termalne vode bi se vršilo preko izmenjivača toplote. Na taj način delimično toplotno iskorišćena geotermalna voda bi se posle toga mogla odvoditi u recipijent, vraćati u primarni rezervoar, ili se dalje koristiti u razne svrhe, ako se za to ukaže potreba. U ovoj analizi taj problem namerno nije analiziran, već je samo ukazano da postoji velika mogućnost daljeg kaskadnog korišćenja, o čemu treba da razmišljaju vlasnici i korisnici budućeg toplifikacionog sistema na isti, ili sličan način koji je realizovan u navedenim primerima integralnog, sveobuhvatnog, kaskadnog korišćenja u svetu.

Za obezbedjenje toplotne energije kod nižih spoljnih temperatura predvidjeno je da se ugrade kotlovi koji bi koristili tečno gorivo ili gas, ukoliko se isti dovede na područje Bijeljine. U svakoj toplifikacionoj zoni predvidjena je po jedna geotermalna toplana na lokaciji geotermalnog izvorišta (slika 3.15).



Sl. 3.14. **Situacioni plan Bijeljine sa toplifikacionim zonama i geotermalnim toplanama**

Tabela 3.5. **Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona I)**

Zona	Stanovanje					Društvena i komercijalna delatnost		Privredna i komunalna delatnost i saobr. term.		UKUPNO	
	Individualno		Kolektivno		Ukupno						
	BRGP m^2	Q_i MW	BRGP m^2	Q_k MW	Q_s MW	BRGP m^2	Q_{dk} MW	BRGP m^2	Q_p MW	BRGP m^2	Q_g MW
1	360	0.036	450	0.032	0.068	5727	0.401	-	-	6353	0.469
4	1650	0.164	-	-	0.164	14713	1.030	-	-	16363	1.194
5	9121	0.912	5580	0.391	1.303	2067	0.145	1795	0.251	18563	1.699
6	3655	0.366	6460	0.452	.0808	2685	0.488	3030	0.424	15830	1.430
7	4506	0.451	3375	0.236	0.687	4272	0.299	2430	.0340	14583	1.326
16	312	0.031	37380	2.617	2.648	4830	0.338	-	-	42522	2.985
17	6353	0.635	1080	0.076	0.711	3715	0.260	-	-	11148	0.971
18	5755	0.576	-	-	0.576	528	0.037	387	0.054	6670	0.667
19	5262	0.526	9696	0.679	1.205	3327	0.233	-	-	18285	1.438
20	4310	0.431	2605	0.182	0.613	1677	0.117	-	-	1677	0.730
22	7322	0.732	7322	0.513	1.245	218	0.015	-	-	7540	1.260
30	3325	0.333	2825	0.198	0.531	3521	0.247	-	-	9671	0.778
46	60	0.006	5667	0.397	0.403	3500	0.254	1406	0.197	10633	0.854
47	13636	1.364	-	-	1.364	569	0.040	-	-	14205	1.404
48	4763	0.477	-	-	0.477	1595	0.112	200	0.028	6558	0.617
106	-	-	-	-	-	-	-	17684	2.476	17684	2.476
107	9317	0.932	-	-	0.932	487	0.034	-	-	9804	0.966
108	6837	0.684	-	-	0.684	188	0.013	-	-	7025	0.698
109	9354	0.935	-	-	0.935	170	.012	-	-	9524	0.947
123	11258	1.130	-	-	1.130	238	0.017	-	-	11534	1.147
124	8589	0.859	-	-	0.859	56	0.004	-	-	8645	0.863
125	3840	0.384	-	-	0.384	133	0.009	680	0.095	4653	0.488
126	4160	0.416	-	-	0.416	220	0.015	-	-	4380	0.431
											25.839
	Industrija										
48	Konfekcija "Kurjak"										1.000
106	"Stolar"										3.840
106	"Panfleks"										2.375
											7.215
									Sve ukupno:		**33.054**

Tabela 3.6. **Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona II)**

Zona	Stanovanje					Društvena i komercijalna delatnost		Privredna i komunalna delatnost i saobr. term.		UKUPNO	
	Individualno		Kolektivno		Ukupno						
	BRGP m^2	Q_i MW	BRGP m^2	Q_k MW	Q_s MW	BRGP m^2	Q_{dk} MW	BRGP m^2	Q_p MW	BRGP m^2	Q_g MW
2	5685	0.569	3940	0.276	0.845	7668	0.537	-	-	17293	1.382
3	3558	0.356	2180	0.153	0.509	6856	0.480	-	-	12594	0.989
8	11306	1.131	1410	0.090	1.230	4696	0.329	-	-	17412	1.559
9	6353	0.635	320	0.022	0.657	208	0.015	-	-	6881	0.672
11	16656	1.666	-	-	1.666	15438	1.081	-	-	32294	2.747
12	8449	0.845	-	-	0.845	219	0.015	884	0.124	9552	0.984
13	7931	0.793	150	0.011	0.804	505	0.035	180	0.025	8766	0.864
14	1197	0.120	19257	1.348	1.468	7359	0.515	7850	1.099	35663	3.082
15	4521	0.452	6509	0.456	0.908	2460	0.172	-	-	13490	1.080
31	10173	1.017	-	-	1.017	1566	0.110	-	-	11739	1.127
32	1013	0.101	636	0.045	0.146	480	0.034	-	-	2129	0.180
33	6855	0.686	-	-	0.686	-	-	-	-	6855	0.686
35	6221	0.622	-	-	0.622	144	0.010	-	-	6365	0.632
36	7851	0.785	-	-	0.785	310	0.022	-	-	8161	0.807
37	7921	0.791	3360	0.235	1.026	-	-	-	-	11281	1.026
38	8203	0.820	5035	0.352	1.172	55	0.004	-	-	13293	1.176
39	6939	0.694	-	-	0.694	40	0.003	-	-	6979	0.697
40	6650	0.665	1200	0.084	0.749	318	0.022	-	-	8168	0.771
41	4974	0.497	150	0.011	0.508	56	0.004	-	-	5180	0.512
66	7477	0.748	-	-	0.748	79	0.006	-	-	7556	0.754
69	8274	0.827	-	-	0.827	2744	0.192	-	-	11018	1.019
73	2836	0.284	-	-	0.284	100	0.007	-	-	2956	0.291
74	10957	1.096	-	-	1.096	114	0.008	-	-	11071	1.104
76	14404	1.440	-	-	1.440	633	0.044	-		15037	1.484
77	3507	0.351	-	-	0.351	40	0.033	-		3547	0.354
											25.949
	Industrija:										
31	"Univerzal"										1.930
31	"Zenit"										0.600
											2.530
										Sve ukupno:	**28.479**

Tabela 3.7. **Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona III)**

Zona	Stanovanje					Društvena i komercijalna delatnost		Privredna i komunalna delatnost i saobr. term.		UKUPNO	
	Individualno		Kolektivno		Ukupno						
	BRGP m^2	Q_i MW	BRGP m^2	Q_k MW	Q_s MW	BRGP m^2	Q_{dk} MW	BRGP m^2	Q_p MW	BRGP m^2	Q_g MW
42	7386	0.739	250	0.018	0.757	370	0.026	-	-	8006	0.783
43	5346	0.535	542	0.038	0.573	871	0.061	-	-	6759	0.634
44	2596	0.260	140	0.010	0.270	161	0.011	3216	0.450	6113	0.731
45	2350	0.235	-	-	0.235	5553	0.389	-	-	7903	0.624
78	5875	0.588	-	-	0.588	-	-	-	-	5875	0.588
79	5532	0.553	-	-	0.553	-	-	-	-	5532	0.553
81	2889	0.289	-	-	0.289	-	-	-	-	2889	0.289
82	4069	0.407	-	-	0.407	-	-	-	-	4069	0.407
83	2456	0.246	240	0.017	0.263	300	0.021	320	0.045	3316	0.329
84	7776	0.778	-	-	0.778	40	0.003	528	0.075	8354	0.856
85	2823	0.282	-	-	0.282	-	-	-	-	2823	0.282
86	8254	0.825	-	-	0.825	32	0.002	-	-	8286	0.827
87	8090	0.809	-	-	0.809	20	0.002	-	-	8110	0.811
88	9523	0.952	-	-	0.952	44	0.003	-	-	9567	0.955
89	6349	0.635	-	-	0.635	50	0.004	-	-	6399	0.639
90	7696	0.770	-	-	0.770	-	-	-	-	7696	0.770
96	2389	0.239	-	-	0.239	72	0.005	-	-	2461	0.244
97	11922	1.192	-	-	1.192	-	-	-	-	11922	1.192
98	13131	1.313	-	-	1.313	30	0.002	-	-	13161	1.315
99	12516	1.252	-	-	1.252	254	0.018	-	-	12770	1.270
100	5671	0.567	-	-	0.567	24	0.002	-	-	5695	0.569
101	6312	0.631	-	-	0.631	18	0.002	-	-	6330	0.633
102	11418	1.142	-	-	1.142	100	0.007	-	-	11518	1.149
103	4209	0.421	-	-	0.421	359	0.025	4164	0.583	8732	1.029
104	20063	2.006	-	-	2.006	932	0.065	-	-	20995	2.071
105	11113	1.111	-	-	1.111	282	0.020	-	-	11395	1.131
163	7251	0.725	-	-	0.725	-	-	473	0.066	7724	0.791
											21.472

Tabela 3.8. **Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona IV)**

Zona	Stanovanje					Društvena i komercijalna delatnost		Privredna i komunalna delatnost i saobr. term.		UKUPNO	
	Individualno		Kolektivno		Ukupno						
	BRGP m^2	Q_i MW	BRGP m^2	Q_k MW	Q_s MW	BRGP m^2	Q_{dk} MW	BRGP m^2	Q_p MW	BRGP m^2	Q_g MW
21	3829	0.383	1900	0.133	0.516	154	0.012	-	-	5883	0.528
23	10395	1.040	-	-	10.40	614	0.043	-	-	11009	1.083
24	8552	0.855	-	-	0.855	369	0.026	-	-	8921	0.881
25	7436	0.744	-	-	0.744	-	-	-	-	7436	0.744
26	8645	0.865	-	-	0.865	472	0.033	-	-	9117	0.888
27	7652	0.765	-	-	0.765	455	0.032	-	-	8107	0.797
28	7847	0.785	-	-	0.785	593	0.042	1140	0.160	9580	0.987
29	12603	1.260	-	-	1.260	1450	0.102	450	0.063	14503	1.425
49	9968	0.997	-	-	0.997	312	0.022	-	-	10280	1.019
50	10402	10.40	-	-	1.040	116	0.008	-	-	10518	1.048
51	160	0.016	-	-	0.016	-	-	-	-	160	0.016
52	3659	0.366	-	-	0.366	170	0.012	-	-	3829	0.378
53	5342	0.534	-	-	0.534	20	0.002	-	-	5362	0.536
54	-	-	-	-	-	-	-	7139	0.999	7139	0.999
55	8671	0.867	-	-	0.867	332	0.023	-	-	9003	0.890
56	8889	0.889	-	-	0.889	230	0.016	-	-	9119	0.905
57	6139	0.614	-	-	0.614	118	0.008	-	-	6257	0.622
58	16552	1.659	-	-	1.659	148	0.010	2897	0.406	19637	2.079
59	12772	1.277	-	-	1.277	741	0.052	4377	0.613	17890	1.942
60	9693	0.969	-	-	0.969	395	0.028	-	-	10088	0.997
148	10364	1.036	-	-	1.036	-	-	-	-	10364	1.036
151	1682	0.168	-	-	0.168	4705	0.329	897	0.126	7284	0.623
152	9212	0.921	-	-	0.921	60	0.004	-	-	9272	0.925
153	7112	0.711	-	-	0.711	322	0.023	-	-	7434	0.734
											22.088

Tabela 3.9. **Bilans toplotne snage za grejanje u Bijeljini (Toplifikaciona zona V)**

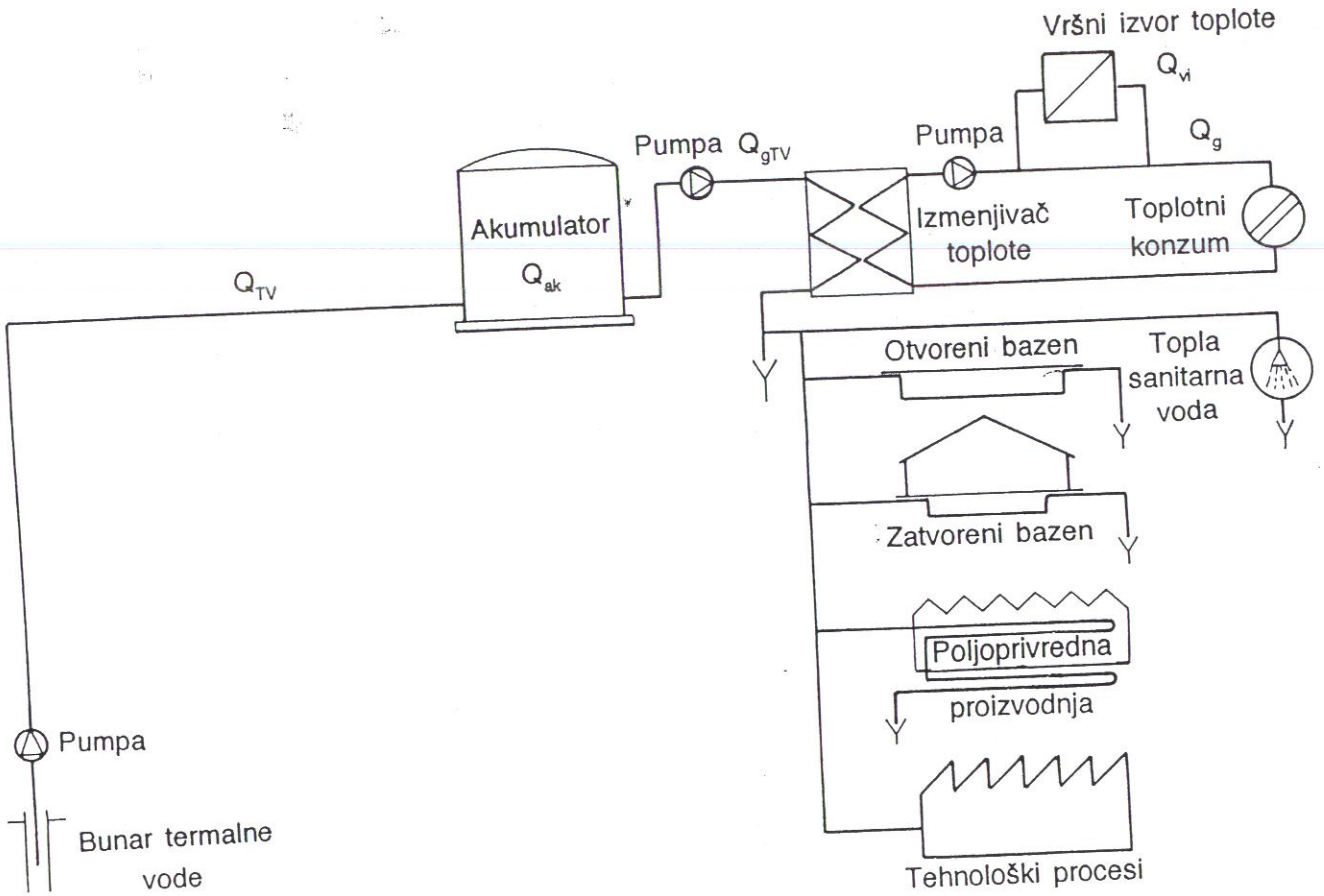
Zona	Stanovanje					Društvena i komercijalna delatnost		Privredna i komunalna delatnost i saobr. term.		UKUPNO	
	Individualno		Kolektivno		Ukupno						
	BRGP m^2	Q_i MW	BRGP m^2	Q_k MW	Q_s MW	BRGP m^2	Q_{dk} MW	BRGP m^2	Q_p MW	BRGP m^2	Q_g MW
127	257	0.026	-	-	0.026	-	-	50435	7.061	50692	7.087
128	3118	0.312	-	-	0.312	-	-	-	-	3118	0.312
136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
137	-	-	480	0.034	0.034	15330	1.073	-	-	15810	1.107
	Industrija:										2.475
127	"Sava"										4.300
127	"Elvako"										**6.775**
											15.281

3.7.6.3. Analiza optimalnog učešća geotermalne energije u sistemu toplifikacije

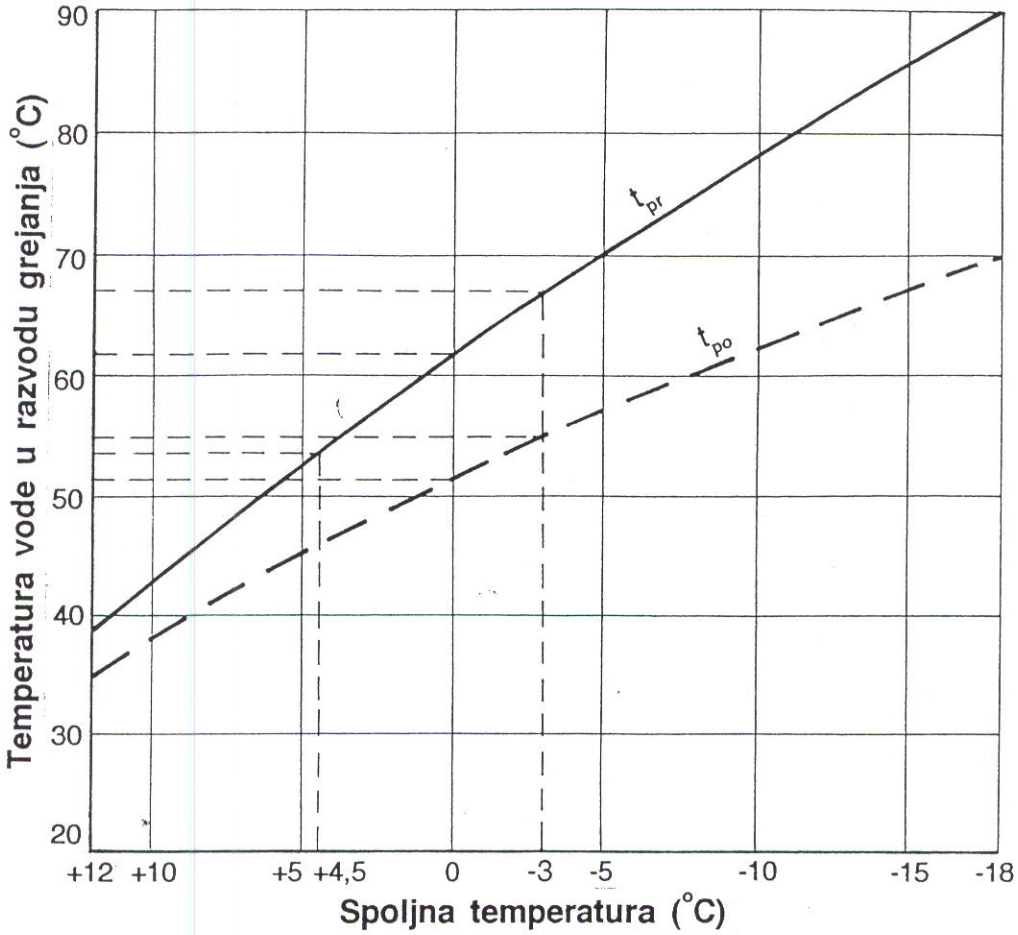
U toplifikacionom sistemu bilo bi nerentabilno da se obezbedjuje količina termalne vode za maksimalnu snagu grejanja kod spoljne temperature - 18 °C. Prema dijagramu na slici 3.17. vidi se da u toku grejne sezone broj dana sa spoljnom temperaturom od -10 do -18 °C iznosi prosečno sedam. Utrošak energije u tom periodu je svega 1 % od ukupne potrebne energije za grejanje. U ovoj analizi maksimalne snage su računate za spoljnu temperaturu -10 °C.

Obradjene su tri varijante učešća geotermalne energije u snazi grejanja i to: 40, 50 i 60 % u odnosu na maksimalnu snagu. Izdašnost bunara, odnosno geotermalnog izvorišta je takodje varirana u količinama od 50, 80 i 100 l/s. Na osnovu dijagrama učestalosti spoljnih temperatura (kriva **a** na slici 3.17) izračunate su potrebne snage za grejanje u toku zimske grejne sezone (kriva **b** na slici 3.17). Na dijagramu toplotne snage i energije za grejanje na slici 3.17. dati su proračuni snage i energije koja se može obezbediti iz jednog bunara (izvorišta) za sve tri varijante izdašnosti bunara, odnosno izvorišta i učešća geotermalne energije u snazi za grejanje.

Da bi se mogla izraditi kompletna analiza izvršena je i procena potrebnih investicionih ulaganja za postrojenja za korišćenje geotermalne energije. Te procene su date u tabelama 3.10. i 3.11. za sve tri varijante. U tabeli 3.11. dati su rezultati tehničkog proračuna i investicija za sve varijante svedeno na jedinicu snage.



Slika 3.15. **Shema toplifikacionog sistema Bijeljine**



Slika 3.16. **Dijagram promena temperature vode u razvodu grejanja u odnosu na spoljašnju temperaturu** (temp. režim grej.=90/70 °C; unutr.temp.=20 °C; min. spolj. temp.=-18 °C

Da bi se moglo utvrditi optimalno učešće geotermalne energije bilo je potrebno izračunati godišnje troškove. Ovo je izvršeno na osnovu podataka iz tabela 3.10. i 3.11., a dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 3.13. za sve tri varijante izdašnosti bunara i učešća geotermalne energije u snazi grejanja. Da bi se dobijeni rezultati mogli primeniti u konkretnom slučaju za grad Bijeljinu svi troškovi su izračunati po jedinici snage i energije. Kod promenljivih troškova uzeta je cena goriva za vršni izvor toplote od 1.000 DM/tona.

Iz tabele 3.12. se vidi da su najniži troškovi grejanja kod učešća 60 % geotermalne energije u snazi grejanja i izdašnosti bunara od 100 l/s. Radi trenutne situacije u snabdevanju tečnim gorivom cene su ekstremno visoke i kreću se i preko 1.000 DM/tona. Da bi se dobijeni rezultati mogli koristiti u svakom vremenu razmatrane su

cene goriva u rasponu od 0-1.000 DM/tona.

Rezultati iz tabele 3.12. uz variranje cene goriva prikazani su u dijagramu na slici 3.18. Takodje je data i cena toplotne energije, ukoliko bi se grejanje vršilo samo sa tečnim gorivom. Takodje, je izračunata i godišnja cena grejanja 1 m^2 stambenog prostora što je prikazano u gornjem dijagramu na slici 3.19. Iz ovih dijagrama je vidljivo da je cena toplotne energije dobijene iz geotermalne energije znatno niža od cene toplotne energije dobijene iz tečnog goriva.

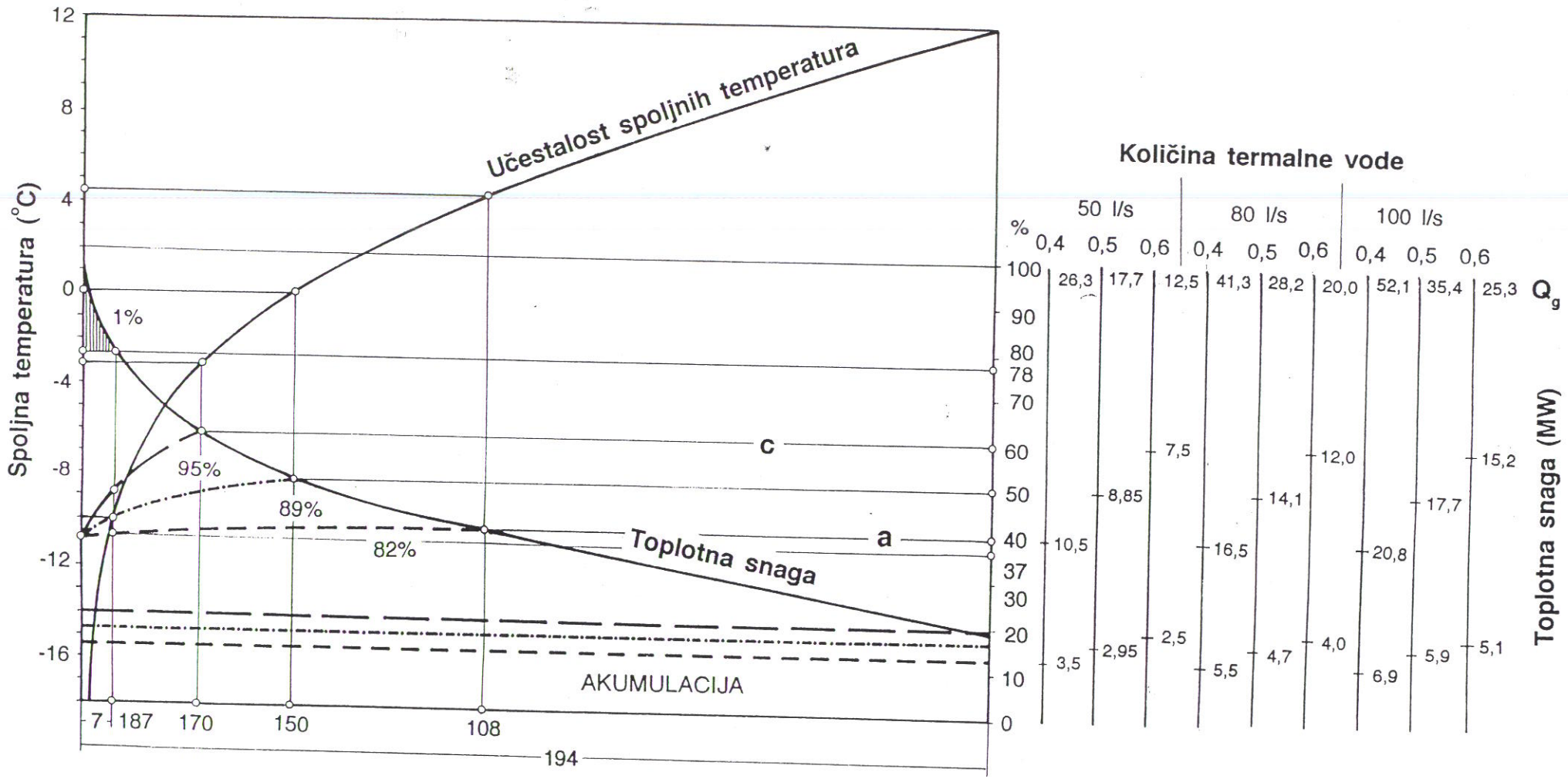
Na slici 3.18. u donjem dijagramu prikazani su troškovi grejanja za 1 MW_t instalirane snage uz komparaciju sa troškovima grejanja na bazi tečnih goriva. U gornjem dijagramu na istoj slici prikazane su potrebne investicije za 1 MW_t instalirane snage i vreme odplate investicija smanjenjem potrošnje tečnog goriva. I pored toga što su najveće investicije za varijantu učešća geotermalne energije od 60 % u snazi grejanja i izdašnosti bunara, odnosno izvorišta od 100 l/s, ova varijanta je najpovoljnija, jer su cene energije najniže. Vreme odplate investicija se kreću od dve do šest godina, što predstavlja veoma povoljan uslov za korišćenje ovog vida energije.

3.7.6.4. Toplotni konzum

Toplotni konzum bi predstavljali svi oni objekti koji bi se priključili na sistem centralizovanog rejonskog snabdevanja toplotnom energijom iz geotermalnih toplana. Procena realnog toplotnog konzuma (tabela 3.14), koji se može očekivati u periodu do 2015-te godine, je izvršena na osnovu podataka iz poglavlja 3.7.6.2. za snage grejanja svih objekata u toplifikacionim zonama.

U prvom periodu do 2000-te godine postoje uslovi za korišćenje geotermalne energije u zonama I i V. U zoni I postoji toplifikacioni sistem za grejanje objekata u centru grada. Objekti su povezani toplovodom sa kotlarnicom u preduzeću "Stolar". Toplovod je profila 2xNO 400 mm. Propusna moć ovog toplovoda je 20 MW_t i isti se može koristiti za toplifikaciju u tom delu toplifikacione zone. Instalirana snaga kotlovnice je 3,8 MW_t. Ova kotlovnica se može koristiti kao vršni izvor toplote u slučaju korišćenja geotermalne energije. U zoni V nalaze se industrijski objekti koji bi se mogli vrlo brzo priključiti na toplifikacioni sistem.

Na osnovu predvidjenog toplotnog konzuma izvršena je procena potrebnih investicionih ulaganja na osnovu podataka iz poglavlja 3.7.6.3 u izvore toplote na bazi geotermalne energije. Ovo je prikazano u tabeli 3.14. i na dijagramu na slici 3.20. Iz tabele i dijagrama je vidljivo da bi se program izgradnje izvora toplote za toplifikaciju grada Bijeljine na bazi geotermalne energije mogao ostvariti postepenim ulaganjem prema porastu toplotnog konzuma.



Slika 3.17. **Dijagram energije za grejanje i toplotne snage**

Tabela 3.10. **Procena investicionih ulaganja za postrojenja za korišćenje geotermalne energije**

Poz. iz 3.12.	Snaga grejanja MW		Bunar	Topotna stanica	Vršni izvor toplote	Akumulator	Rezervoar goriva	Infrastruktura	Ukupno investicije DM	Investicije za 1 MW DM/MW
1a	26.3	Kapacitet	50 l/s	7 MW	10.5 MW	1500 m^3	600 m^3	1400 m^2		
		Jed. c. DM	2.000.000	62.000	74.500	250	275	50		
		Ukupno DM	2.000.000	434.000	782.250	375.000	165.000	70.000	3.826.250	145.500
1b	17.7	Kapacitet	50 l/s	5.9 MW	6.5 MW	1500 m^3	250 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	2.000.000	62.000	74.500	250	350	50		
		Ukupno DM	2.000.000	365.800	484.250	375.000	87.500	70.000	3.382.550	191.100
1c	12.5	Kapacitet	50 l/s	5 MW	3.9 MW	1500 m^3	80 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	2.000.000	62.000	74.500	250	500	50		
		Ukupno DM	2.000.000	310.000	290.550	375.000	40.000	70.000	3.085.550	246.800
2a	41.3	Kapacitet	80 l/s	11 MW	16.5 MW	2300 m^3	1000 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	2.500.000	62.000	74.500	230	200	50		
		Ukupno DM	2.500.000	682.000	1.229.250	529.000	200.000	70.000	5.210.250	126.200
2b	28.2	Kapacitet	80.0 l/s	9.4 MW	10.4 MW	2300 m^3	400 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	2.500.000	62.000	74.500	230	280	50		
		Ukupno DM	2.500.000	582.800	774.800	529.000	112.000	70.000	4.568.600	162.000
2c	20.0	Kapacitet	80.0 l/s	8 MW	6.2 MW	2300 m^3	130 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	2.500.000	62.000	74.500	230	450	50		
		Ukupno DM	2.500.000	496.000	461.900	529.000	58.500	70.000	4.115.400	205.800
3a	52.1	Kapacitet	100.0 l/s	13.9 MW	20.9 MW	3000 m^3	1200 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	3.000.000	62.000	74.500	220	190	50		
		Ukupno DM	3.000.000	861.800	1.557.000	660.000	228.000	70.000	6.376.800	122.400
3b	35.4	Kapacitet	100.0 l/s	11.8 MW	13.1 MW	3000 m^3	500 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	3.000.000	62.000	74.500	220	280	50		
		Ukupno DM	3.000.000	731.600	975.950	660.000	140.000	70.000	5.557.550	157.600
3c	25.3	Kapacitet	100 l/s	10.1 MW	7.8 MW	3000 m^3	160 m^3	1400 m^3		
		Jed. c. DM	3.000.000	62.000	74.500	220	450	50		
		Ukupno DM	3.000.000	626.200	581.100	660.000	72.000	70.000	5.009.300	198.000

Tabela 3.11. Investiciona ulaganja i režijski troškovi po jedinici snage

Vrsta postrojenja ili vrsta troškova		Jedinične cene i ukupan iznos
A. investiciona ulaganja u postrojenja za korišćenje geotermalne energije		
A. I	**TOPLOTNA STANICA**	
A.	MAŠINSKI RADOVI	
1.	Pločasti izmenjivači toplote	26.000.- DM/MW
2.	Ekspanziona posuda sa diktir sistemom	5.000.- DM/MW
3.	Cirkulacione pumpe	5.000.- DM/MW
4.	Regulacija i signalizacija	3.000.- DM/MW
5.	Hemijska priprema vode	2.000.- DM/MW
6.	Cevovod i armatura	6.000.- DM/MW
7.	Transport	500.- DM/MW
8.	Montaža	8.000.- DM/MW
	Ukupno:	55.500.- DM/MW
B.	GRADJEVINSKI RADOVI	5.000.- DM/MW
C.	ELEKTRO RADOVI	1.000.- DM/MW
D.	VODOVOD I KANALIZACIJA	500.- DM/MW
	UKUPNO I :	62.000.- DM/MW
A. II	**KOTLOVNICA-VRŠNI IZVOR TOPLOTE**	
A.	MAŠINSKI RADOVI	
1.	Kotlovi	34.000.- DM/MW
2.	Plamenik	7.000.- DM/MW
3.	Cevovod i armatura	6.000.- DM/MW
4.	Transport	2.000.- DM/MW
5.	Montaža	14.000.- DM/MW
	Ukupno:	63.000.- DM/MW
B.	GRADJEVINSKI RADOVI	
1.	Objekat	2.000.- DM/MW
2.	Dimnjak	8.000.- DM/MW
	Ukupno:	10.000.- DM/MW

C.	ELEKTRO RADOVI	1.000.- DM/MW
D.	VODOVOD I KANALIZACIJA	500.- DM/MW
	UKUPNO II :	74.500.- DM/MW

A. III	**INFRASTRUKTURA**	50.- DM/m^2

A. IV	**EKSPLOATACIONI BUNARI TERMALNE VODE**	
a-	Dubina 2.000 m, izdašnost 50 l/s	2.000.000.- DM
b-	Dubina 2.000 m, izdašnost 80 l/s	2.500.000.- DM
c-	Dubina 2.000 m, izdašnost 100 l/s	3.000.000.- DM

A. V	**AKUMULATORI TOPLOTE**	
a-	Volumena 1500 m^3	250.- DM/m^3
b-	Volumena 2300 m^3	230.- DM/m^3
c-	Volumena 3000 m^3	220.- DM/m^3

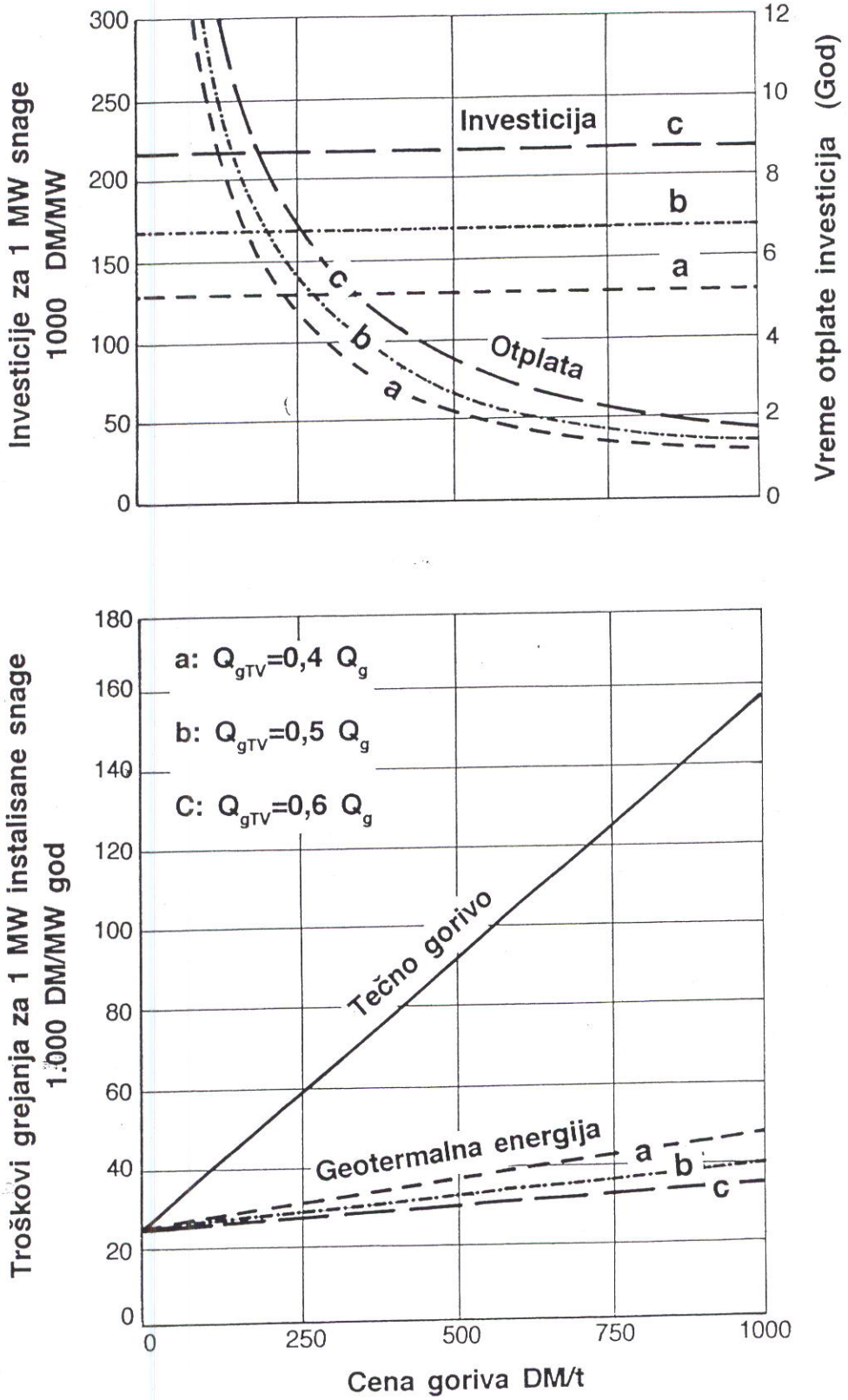
A. VI	**REZERVOARI ZA GORIVO**	
a-	Volumena 60 m^3	580.- DM/m^3
b-	Volumena 100 m^3	495.- DM/m^3
c-	Volumena 200 m^3	380.- DM/m^3
d-	Volumena 250 m^3	350.- DM/m^3
e-	Volumena 500 m^3	280.- DM/m^3
f-	Volumena 750 m^3	260.- DM/m^3
g-	Volumena 1000 m^3	200.- DM/m^3

B.	**REŽIJSKI TROŠKOVI**	
1.	Električna energija	1.200.- DM/MW
2.	Materijalni troškovi	1.800.- DM/MW
3.	Bruto plate	8.200.- DM/MW
4.	Investiciono održavanje	1.700.- DM/MW
5.	Porezi i doprinosi	2.600.- DM/MW
6.	Premije osiguranja	1.500.- DM/MW
7.	Ugovorne obaveze	1.000.- DM/MW
	UKUPNO B :	18.000.- DM/MW

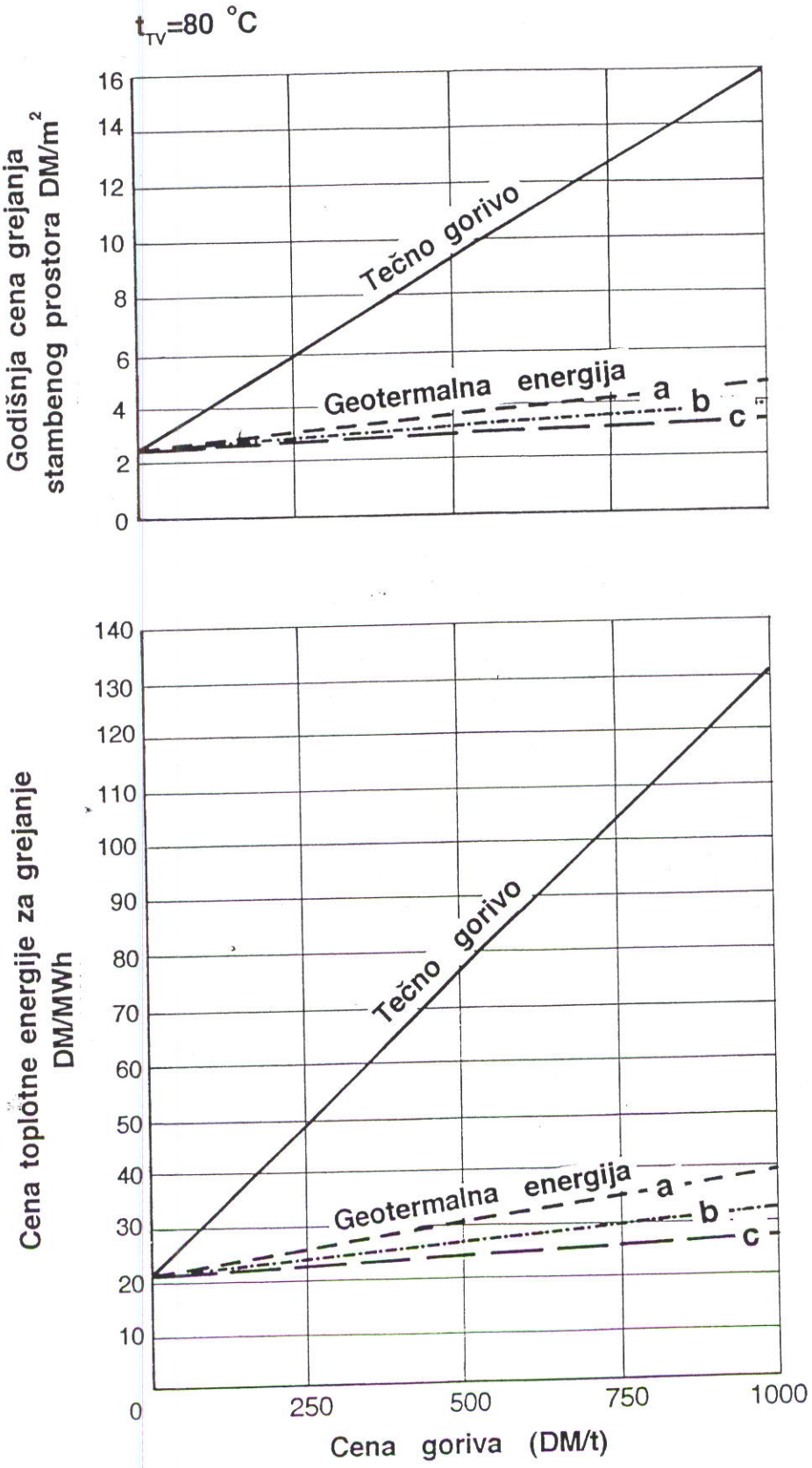
C.	**AMORTIZACIJA 4% OD INVESTICIJA**

Tabela 3.12. **Proračun učešća geotermalne energije u sistemu grejanja** (vreme grejanja 16 časova; vreme akumulacije 8 časova)

R. br.		Jed. mere	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
1.	Temeperaturni režim grejanja	°C	90/70	90/70	90/70	90/70	90/70	90/70	90/70	90/70	90/70
2.	Kol. term. vode	l/s	50	50	50	80	80	80	100	100	100
3.	Temp. term. vode	°C	80	80	80	80	80	80	80	80	80
4.	Učešće snage term. vode	%	40	50	60	40	50	60	40	50	60
5.	Spoljnja temp.	°C	+4.5	0	-3	+4.5	0	-3	+4.5	0	-3
6.	Temp. polaza grej.	°C	53.5	61	66.5	53.5	61	66.5	53.5	61	66.5
7.	Temp. povrata grej.	°C	45	50	54	45	50	54	45	50	54
8.	Razl. temp. term. voda	°C	33	28	24	33	28	24	33	28	24
9.	Snaga term. voda	MW	7.0	5.9	5.0	11.0	9.4	8.0	13.9	11.8	10.1
10	Snaga iz akumulatora	MW	3.5	2.95	2.5	5.5	4.7	4.0	6.95	5.9	5.1
11.	Snaga za grejanje max	MW	26.3	17.7	12.5	41.3	28.2	20.0	52.1	35.4	25.3
12	Zapr. akumulatora	m^3	1500	1500	1500	2300	2300	2300	3000	3000	3000
13	Snaa vršnog izv. topl.	MW	10.5	6.5	3.9	16.5	10.4	6.2	20.9	13.1	7.8
14.	Energija za grejanje	MWh	31297	21063	14875	49147	33558	23800	61999	42126	30107
15.	Učešće ener. TV	%	82	89	95	82	89	95	82	89	95
16.	Energija TV	MWh	25663	18746	14131	40300	29866	22610	50839	37492	28602
17.	Energija vr. izvora topl.	MWh	5633	2317	744	8847	3692	1190	11160	4634	1505
18.	Kol. goriva za grejanje	t	2440	2320	1636	5406	3690	2620	6820	4640	3312
19.	Ekv. kol. gor. TV	t	1820	2065	1554	4433	3284	2490	5590	4130	3146
20.	Kol. gor. vrš. izvora topl.	t	620	255	82	973	406	130	1230	510	166
21.	Investicije u milionima	DM	3.83	3.38	3.09	5.21	4.57	4.12	6.38	5.58	5.01
22.	Inv. za 1 MW snage 10^3	DM/MW	145.5	191.1	246.8	126.2	162.0	205.8	122.4	157.6	198.0



Slika 3.18. **Investicije i troškovi grejanja kod korišćenja geotermalne energije** (režim grejanja=90/70 °C; temp. term. vode=80 °C)



Slika 3.19. **Cene toplotne energije za grejanje kod korišćenja geotermalne energije** (režim grej.=90/70 °C; temp.term. vode=80 °C)

3.7.6.5. Geotermalne toplane

U svakoj toplifikacionoj zoni bi se nalazila po jedna geotermalna toplana. U sastavu geotermalne toplane bi se nalazili:

- bunar termalne vode,
- toplotna stanica,
- vršni izvor toplote,
- akumulator toplote,
- rezervoar za tečno gorivo,
- infrastruktura u krugu toplane, i
- objekti za toplotnu stanicu i vršni izvor toplote.

Površina terena koja bi se trebala obezbediti za izgradnju toplanu je dimenzija 100x100 m. Njene dimenzije su odredjene na osnovu dimenzija radilišta za izradu dubokih bušenih bunara, koji će se prvi izraditi na odabranim lokacijama (slika 3.11. i 3.14), pa će se tek onda pristupiti izgradnji toplane. Lokacije toplana su usaglašene u procesu izrade UP Bijeljine. Na geotermalne toplane bi se priključila toplovodna mreža toplifikacione zone, kojom bi se objekti snabdevali toplotnom energijom. Toplovodna mreža nije predmet ove analize, odnosno Studije.

* * *

Na osnovu izradjene tehno-ekonomske analize može ze zaključiti da bi bilo opravdano koristiti geotermalnu energiju za toplifikaciju Bijeljine, jer ona pruža niz prednosti nad ostalim energetskim gorivima, kao što su:

- geotermalna energija predstavlja vlastiti izvor energije za koju nije potrebna nabavka i transport,
- cena grejanja sa geotermalnom energijom je veoma niska,
- cena toplotne energije dobijene iz geotermalne energije ne zavisi od situacije na tržištu energena-ta i političkih odnosa medju državama koje poseduju energiju i onih koji moraju kupovati,
- geotermalna energija predstavlja obnovljivi vid energije, što je čini trajnim izvorom,
- geotermalna energija je čista energija, koja ne vrši nikakvo zagadjenje okoline prilikom korišćenja,
- moguće je višestruko, kaskadno korišćenje geotermalne energije (u energetske, rekreativne i balneološke svrhe) posle korišćenja u toplifikacione svrhe,

Tabela 3.13. **Godišnji troškovi za grejanje korišćenjem geotermalne energije**

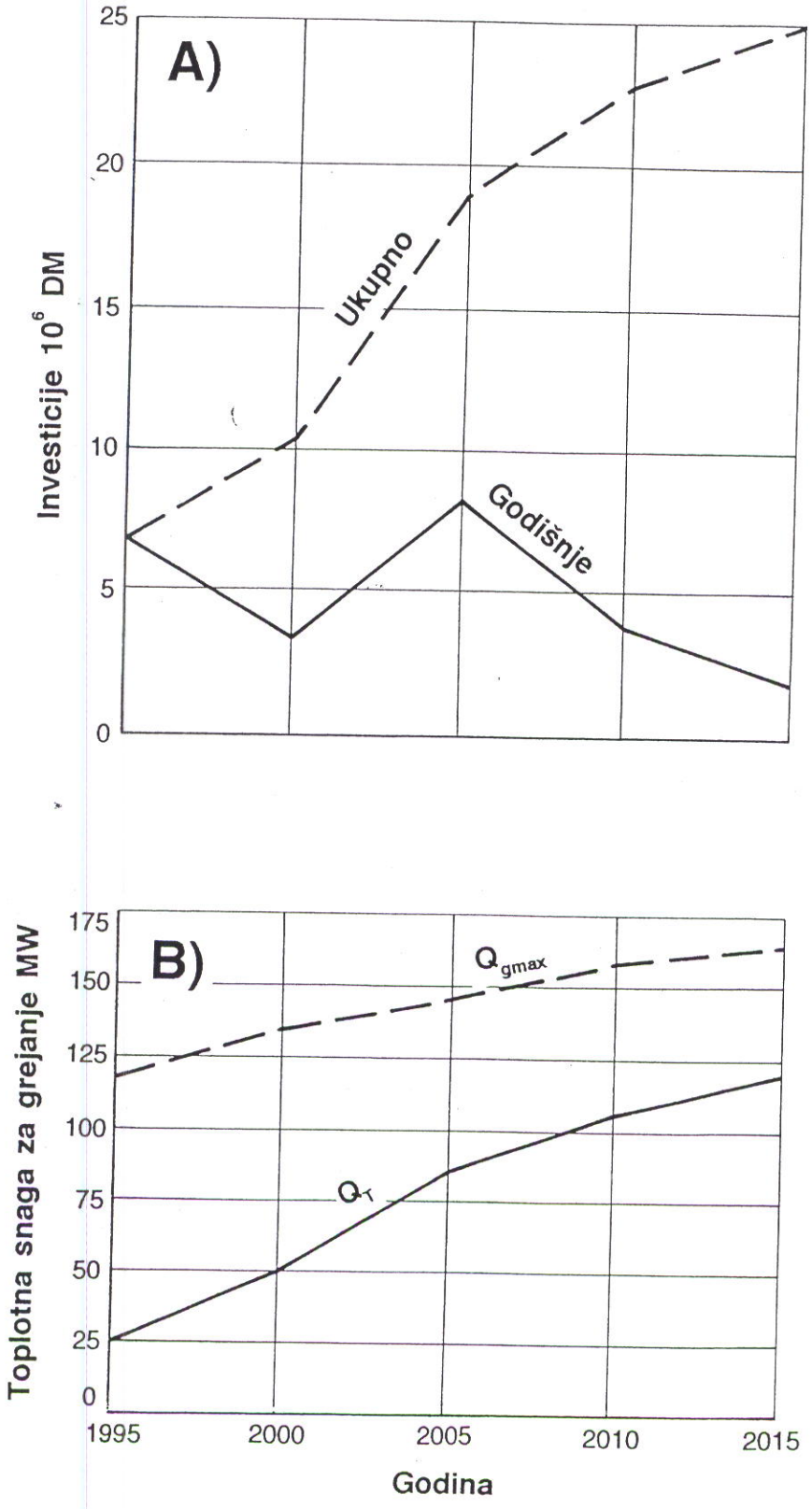
Poz. iz TAB.4	Snaga grejanja	Energija grejanja	Investicije	Stalni troškovi					Promenjivi troškovi-gorivo					Ukupni jed. troškovi	
				Amortizacija	Režije	Ukupno	Jedinični		Količina	Cena	Ukupno	Jedinični			
	MW	MWh	DM	DM	DM	DM	DM/MW	DM/MWh	t	DM/t	DM	DM/MW	DM/MWh	DM/MW	DM/MWh
1a	26.3	31297	3826250	153050	473400	626450	23820	20.00	620	1000	620000	23570	19.80	47390	39.80
1b	17.7	21063	3382550	135300	318600	453900	25640	21.50	255	1000	255000	14400	12.10	40040	33.60
1c	12.5	14875	3085550	123420	225000	348420	27870	23.40	82	1000	82000	6560	5.50	34430	28.90
2a	41.3	49147	5210250	208410	743400	951810	23050	19.40	973	1000	973000	23560	19.80	46610	39.20
2b	28.2	33558	4568600	182740	507600	690340	24480	20.60	406	1000	406000	14400	12.10	38880	32.70
2c	20.0	23800	4115400	164620	360000	524620	26230	22.00	130	1000	130000	6500	5.50	32730	27.50
3a	52.1	61999	6376800	255070	973800	1192870	22900	19.20	1230	1000	1230000	23610	19.80	46510	39.00
3b	35.4	42126	5577550	223100	637200	860300	24300	20.40	510	1000	510000	14410	12.10	38710	32.50
3c	25.3	30107	5009300	200370	455400	655700	25920	21.80	166	1000	166000	6560	5.50	32480	27.30

Tabela 3.14. **Povečanje toplotnog konzuma u toplifikacionom sistemu Bijeljine na bazi geotermalne energije**

Toplifikaciona zona	Godina	Maksimalna toplotna snaga Q_{gmax} MW	Koeficijent toplifikacije p_T %	Snaga toplifikacionog sistema Q_T MW	Količina termalne vode 80 °C q l/sek	Investicije u izvor toplote DM
I	1995	33	50	16	66	3.500.000
	2000	38	60	23	100	-
	2005	41	65	27	100	500.000
	2010	45	70	32	130	2.500.000
	2015	46	80	37	150	-
II	1995	28	-	-	-	-
	2000	32	50	16	66	3.500.000
	2005	35	60	21	90	500.000
	2010	38	65	25	100	500.000
	2015	39	70	27	100	500.000
III	1995	21	-	-	-	-
	2000	24	-	-	-	-
	2005	26	50	13	60	3.500.000
	2010	28	60	17	70	500.000
	2015	29	70	20	90	500.000
IV	1995	22	-	-	-	-
	2000	25	-	-	-	-
	2005	27	50	13	60	3.500.000
	2010	29	60	17	70	500.000
	2015	30	70	20	90	500.000
V	1995	15	60	9	40	3.500.000
	2000	17	65	11	50	-
	2005	18	70	13	60	500.000
	2010	20	75	15	65	-
	2015	21	80	17	70	500.000

BILANS PO GODINAMA

Godina	Q_{gmax} MW	Q_T MW	q l/sek	Investicije DM
1995	119	25	106	7.000.000
2000	136	50	322	3.500.000
2005	147	87	370	8.500.000
2010	160	106	435	4.000.00
2015	165	121	500	2.000.000
				25.000.000



Slika 3.20. **A) Investiciona ulaganja u izvore toplotne energije za grejanje u Bijeljini na bazi geotermalne energije, i B) povećanje toplotnog konzuma u toku vremena**

- investiciona ulaganja u korišćenje geotermalne energije su jednokratna i posle odplate investicija ostaje na raspolaganju jeftina energija,

- investicije u objekte za eksploataciju i korišćenje geotermalne energije se odplaćuju u kratkom roku u odnosu na korišćenje fosilnih goriva kod kojih se postrojenja ne mogu nikada odplatiti i stalno traže nova ulaganja u gorivo i zamenu dotrajalih delova postrojenja za korišćenje,

- troškovi održavanja postrojenja za korišćenje geotermalne energije su veoma niski, jer nema takvih delova u njima koji bi se trošili u radu, kao što je slučaj kod postrojenja sa fosilnim gorivom,

- investiranje u geotermalne toplane se vrši postepeno srazmerno povećanju toplotnog konzuma,

- niska cena geotermalnog grejanja utiče na povećanje standarda gradjana (korisnika) i snižava proizvodne troškove u industriji.

3.8. STRATEGIJA RAZVOJA GEOTERMALNIH RESURSA OPŠTINE BIJELJINA

Geotermalna energija spada u grupu obnovljivih energetskih resursa. Ovi resursi imaju mnogo sličnosti sa neobnovljivim ili fosilnim izvorima energije (ugalj, nafta, gas), ali imaju i odredjene razlike. Te razlike se najviše ogledaju u prednostima projekata razvoja obnovljivih energetskih resursa u odnosu na neobnovljive, kao što su:

- Projekti obnovljivih energetskih resursa odgovaraju zahtevima obe strane menadžmenta: ponudi i potražnji,

- Projekti obnovljivih energetskih resursa donose dodatne prihode ili vrše odlaganje izgradnje novih toplana na fosilna goriva,

- Toplane sa obnovljivom energijom su uvek manje od toplana za spaljivanje fosilnih goriva, zahtevaju manja finansijska sredstva za izgradnju i povećavaju izravnavanje potrošnje energije,

- Projekti obnovljivih energetskih resursa su jeftiniji u poznatim primenama,

- Uticaj na okolinu je minimalan,

- Realizacija projekta je relativno kratka od starta do završetka,

- Izgradnja i rad projekta obnovljivih energetskih resursa doprinosi ekonomskom

razvoju društva, i obezbedjuju veće opšte koristi pri korišćenju,

- Projekti obnovljivih energetskih resursa mogu zameniti konvencionalna goriva za dobijanje energije.

Opšte brige i problemi koji se javljaju u vezi sa razvojem projekata obnovljivih energetskih resursa:

- Lokacije projekata mogu biti ograničene u geografskom pogledu zbog raspoloživosti resursa,
- Neki sistemi sa obnovljivom energijom su u razvojnom stadijumu,
- Kompleksnost nekih projekata zahteva ekstenzivno planiranje i različite veštine i talenat.

3.8.1. **Glavne opšte faze razvoja projekata za korišćenje obnovljivih energetskih resursa**

U razvoju obnovljivih energetskih resursa mora da postoji kontinuitet u vršenju dugoročnog planiranja. Takvo planiranje je esencijalno za ovu vrstu projekata. Period razvoja može biti od nekoliko meseci do nekoliko godina. Identifikacija svih zadataka i faza projekta pomaže da se smanji rizik i neizvesnosti. Osnovni koraci razvoja projekta obnovljivih resursa, kao što je prikazano na slici 3.21, služe da se uključi što više pojedinačnih zadataka. Podela projekta na manje segmente je pomoć u koštanju, planiranju i kontroli.

Dugoročno planiranje je pomoć u:

- identifikaciji i selekciji učesnika,
- specifikaciji prostora,
- determinaciji malih i glavnih zadataka,
- razmatranju opcija,
- vršenju troškovnih i ekonomskih analiza,
- utvrdjivanju troškova i rasporeda izvodjenja pojedinih segmenata.

Pored navedenih, pri planiranju treba uzeti u razmatranje i sledeće:

- službu održavanja,

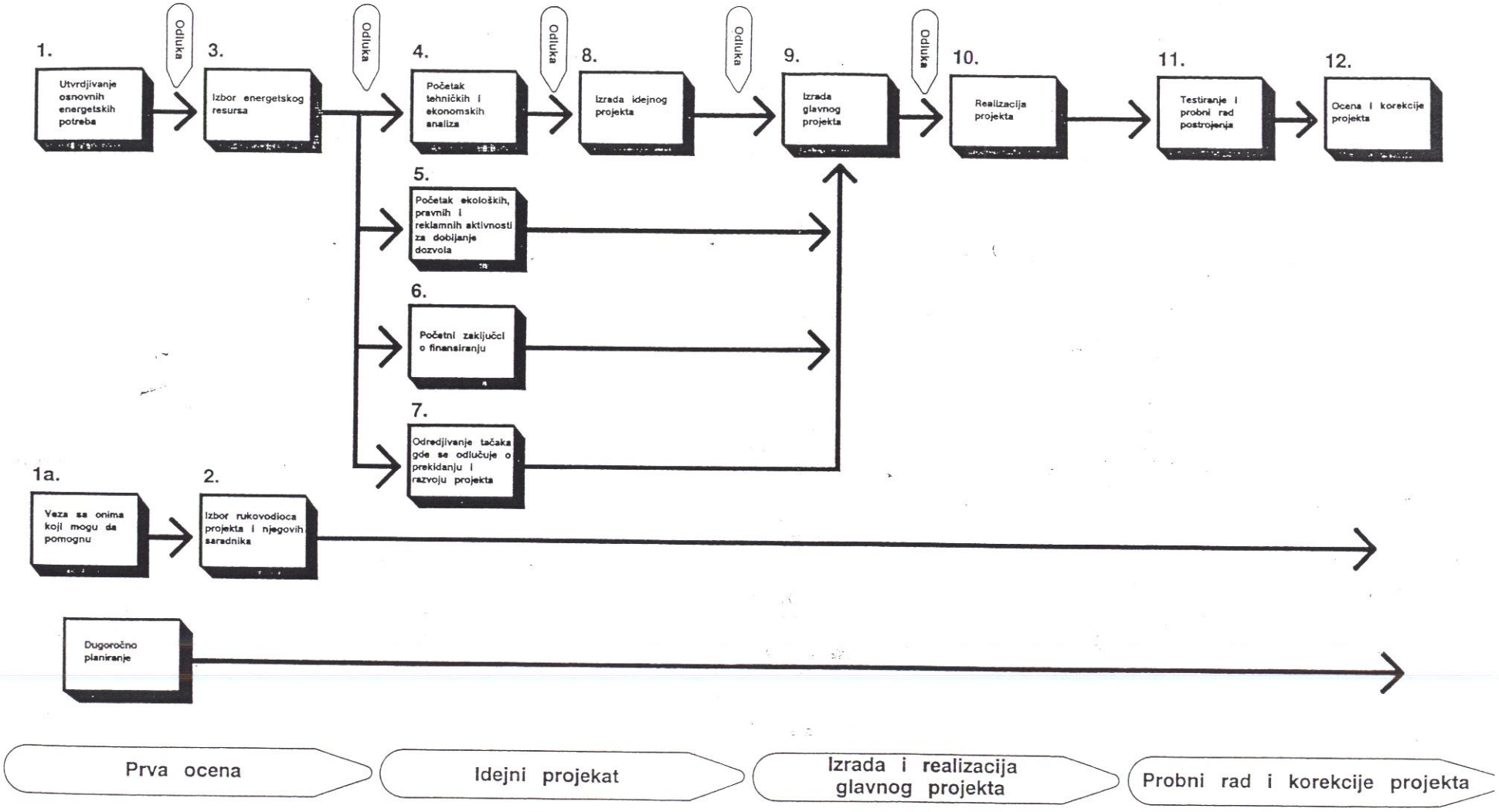
- pouzdanost,
- snabdevanje i zahteve,
- profit i povratak investicije.

Uzimajući u obzir prethodno navedene opšte karakteristike razvoja obnovljivih energetskih resursa dolazi se do glavnih faza razvoja sa osnovnim koracima razvoja njihovih projekata.

Prvu fazu razvoja predstavlja "početna ili prva ocena". U okviru nje prvo treba da se utvrde osnovne energetske potrebe. Da bi se one načinile treba prvo uspostaviti kontakt sa stručnjacima koji su afirmisani u toj oblasti, i koji hoće da pomognu. U vezi s tim je izbor rukovodioca projekta i njegovog saradničkog tima. Kada se ta dva prva koraka naprave donosi se odluka za sledeći korak, a to je "izbor obnovljivog energetskog resursa", ako postoji više obnovljivih resursa na raspoloženju, pa se treba odlučiti za neki od njih. Posle donošenja odluke o izboru, koji treba da bude obuhvaćen projektom razvoja, **počinje druga faza razvoja "izrada preliminarnog ili idejnog projekta"**.

Prvi korak u ovoj fazi, odnosno četvrti po redu u celom razvoju (slika 3.21), predstavlja početak tehničkih i ekonomskih analiza. Peti korak po redu, a drugi u drugoj fazi predstavlja početak aktivnosti u vezi sa dobijanjem potrebnih odobrenja i saglasnosti, odnosno dozvola za istraživanje, kupovina zemljišta na kojem će se graditi objekti za eksploataciju i korišćenje, itd. Istovremeno počinju i aktivnosti za obezbedjenje finansijskih sredstava za realizaciju projekta (šesti korak). U sedmom, zadnjem, koraku prve polovine druge faze (slika 3.21) utvrdjuju se kritične tačke u razvoju projekta na kojima se donose odluke o tome da li aktivnosti na razvoju treba nastaviti ili prekinuti. Ako je odluka pozitivna, tj. ako se posle izvršenih aktivnosti (koraci 4-7) donese odluka da se razvoj projekta nastavi, tada se pristupa izradi idejnog projekta. Sa njegovim završetkom se završava druga faza razvoja koja se može okarakterisati kao preliminarna, što u suštini i jeste, jer se opet mora doneti odluka o tome da li preći na treću fazu razvoja.

U trećoj fazi razvoja projekta prvo se vrši "izradi glavnog ili izvodjačkog projekta" u kome se daju sva rešenja, raščišćavaju sve dileme, koje su postojale u idejnom projektu, i utvrdjuju svi troškovi realizacije projekta (korak 9). Usvajanjem glavnog projekta na osnovu njegove revizije donosi se odluka da se pristupi izgradnji potrebnih objekata za eksploataciju i korišćenje datog resursa. Posle toga, naravno, ako su obezbedjena finansijska sredstava, počinje izgradnja projektovanih objekata za korišćenje (korak 10). Završetkom njihove izgradnje se završava treća faza razvoja (slika 3.21).



Slika 3.21. **Glavne faze projekata razvoja obnovljivih energetskih resursa**

Zadnja četvrta faza razvoja predstavlja "probni rad i korekcije projekta". Ona se sastoji se od dve podfaze, tj. dva koraka (11 i 12). Posle izgradnje objekata, prvo se vrši njihovo testiranje a zatim probni rad (11 korak). Na osnovu dobijenih rezultata vrše se potrebne korekcije u projektu, naravno, ako su potrebne (12 korak), tako da je on sa time potpuno razvijen i spreman za kontinualan dugogodišnji rad i eksploataciju. Zbog velike važnosti ovog zadnjeg koraka razvoja, on se sastoji od više kritčnih faza, kao što su:

- kvantifikacija rezultata,
- poboljšanja radnog postupka,
- obuka osoblja,
- reklamni napori,
- sistemske analize,
- dopuna sa novim ekonomskim parametrima,
- operacione analize,
- ponovno ugovaranje rokova prodaje,
- proširivanje razvoja tržišta.

Na osnovu opšte sheme razvoja date na slici 3.21, vidi se da planiranje i razvoj obnovljivih energetskih projekata može biti koristan poduhvat kada su svi različiti aspekti pravilno analizirani. Da bi se to postiglo potreban je kvalifikovan stručni tim, koji će da vodi projekat, da jedini odgovara za karakteristike svakog raspoloživog oblika obnovljive energije i ocenjuje njegovu sposobnost za iznalaženje specifičnih energetskih potreba budućih korisnika, koji će tu energiju koristiti. Dugoročno planiranje služi razvoju, uključuje podelu projekta na faze, služi da se donesu pravovremene odluke o nastavku ili o prekidu projekta. Ova pomoć smanjuje rizik. Početna ocena izvodljivosti projekta i njegove "ekonomske sposobnosti za život", kada je pozitivna, vodi do idejnog i glavnog projekta. Zakonski, institucionalni i radovi na dobijanju potrebnih dozvola moraju početi ranije u projektu uz obavljanje reklamnih aktivnosti i iznalaženje finansijske podrške. Projekat mora biti izgradjen, sistem testiran, funkcionisanje provereno, sistem ocenjen i poboljšan.

3.8.2. Glavne opšte faze razvoja projekata za korišćenje geotermalne energije

Razvoj geotermalnih projekata zasniva se, takodje, na dugoročnom planiranju. On traje od 6 i više meseci za neke oblasti direktnog korišćenja geotermalne energije, pa do

nekoliko godina (10 i više), kada se radi o projektima za izgradnju geotermalnih elektrana, i vrši se po dinamici datoj na slici 3.21., ali i sa odredjenim specifičnostima.

Polazna tačka. Razvoj geotermalnog projekta počinje kada prva ili početna ocena energetskih potreba budućih korisnika pruži indikacije da postoje mogućnosti korišćenja geotermalne energije, koja je naravno, prisutna u terenu ispod date teritorije.

Traženje stručne pomoći. Najbitnije za razvoj geotermalnog projekta je okupljanje tima kvalifikovanih stručnjaka za geotermalnu energiju i dugoročno planiranje.

3.8.2.1. Istraživanje i ocena geotermalnog potencijala koji se može koristiti-I faza razvoja

Istraživanja su prva faza u razvoju geotermalne energije (slika 3.22), čiji je cilj otkrivanje rezervoara i dokazivanje nalazišta bušenjem bunara za proizvodnju, tj. eksploataciju geotermalnih voda. Istraživanja se vrše primenom različitih metoda i postupaka iz oblasti geologije, hidrogeologije, geofizike, geohemije, a naročito tehnologije bušenja. Svaka od ovih oblasti je visoko specijalizovana, a pošto istraživanje može biti skupo i rizično, to je za finansijera istraživanja, tj. za onoga ko razvija geotermalna nalazišta veoma važno da iz ovih oblasti osigura najveću moguću pomoć. Zbog toga finansijeri istraživanja, odnosno budući korisnici geotermalne energije treba da imaju u projektantskom timu stručnjake i eksperte koji su dovoljno stručni i iskusni u istraživanju geotermalnih nalazišta. Samo na taj način se mogu rizici i troškovi svesti na prihvatljiv nivo.

Geotermalno istraživanje i odredjivanje mesta bušenja. Geotermalno istraživanje može biti dvojako:

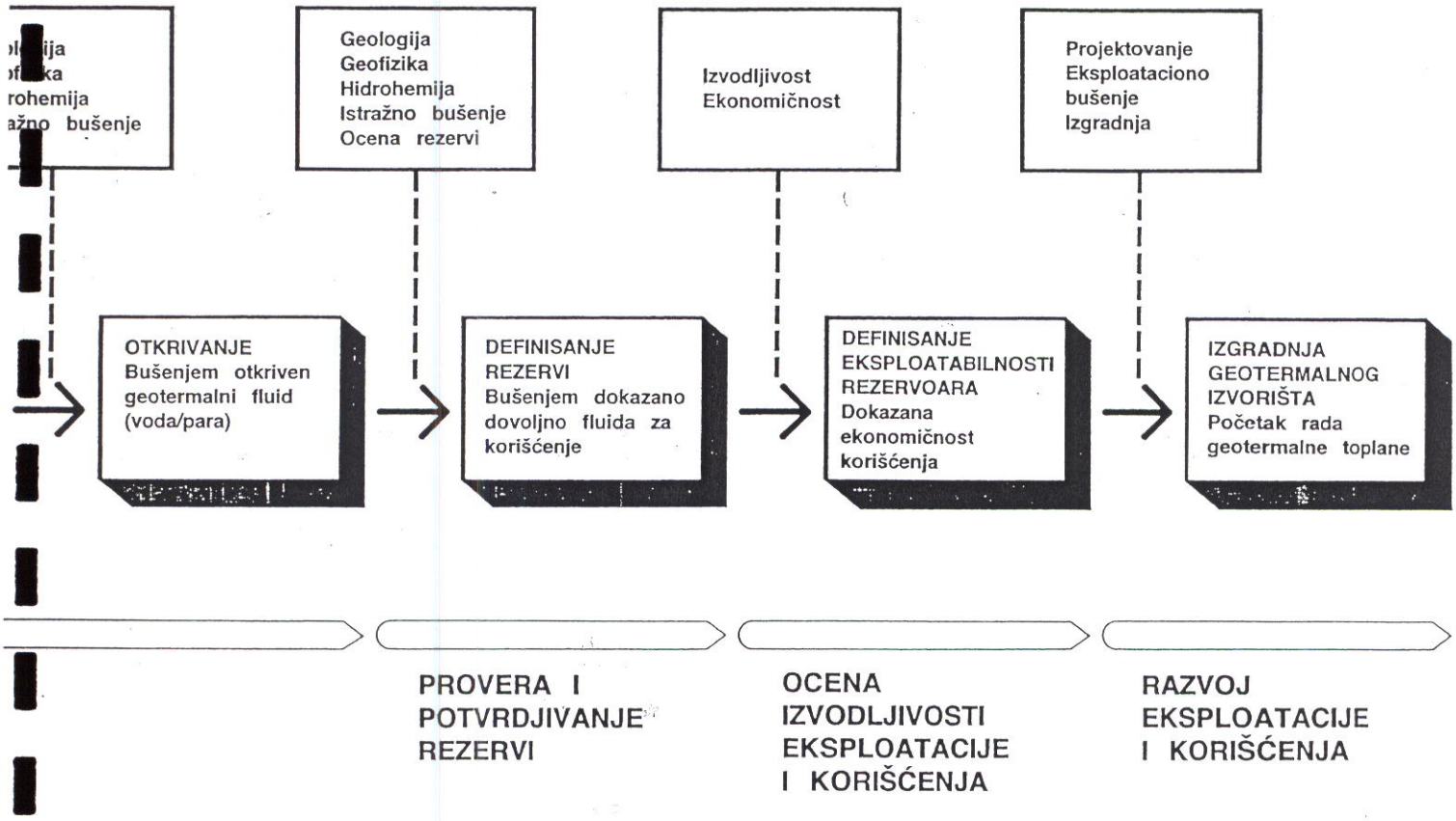
1. Istraživanje za iznalaženje geotermalnih nalazišta, odnosno lociranje novih geotermalnih nalazišta, i

2. Istraživanje unutar već otkrivenih nalazišta, tj. definisanje horizontalnih i vertikalnih granica i unutrašnjih fizičkih i hemijskih osobina rezervoara.

U svakom slučaju, primarni cilj istraživanja je utvrdjivanje mesta bušenja na kome će se preseći-probušiti, tj. otkriti rezervoar i nalazište geotermalnih voda. Zbog toga je važno projektovati i izvesti istražne radove na najefikasniji način.

Interdisciplinarna priroda geotermalnog razvoja. Projekti geotermalnog razvoja su po svojoj prirodi interdisciplinarni. Na slici 3.23. prikazan je tim koji mora zajedno da radi uspešno da bi se razvilo jedno nalazište. Pošto su geotermalna nalazišta geološka pojava, to su za sve faze razvoja prikazanog na slici 3.22. potrebni geološki podaci.

Kao i sva istraživanja prirodnih nalazišta, tako je i geotermalno istraživanje rizično.

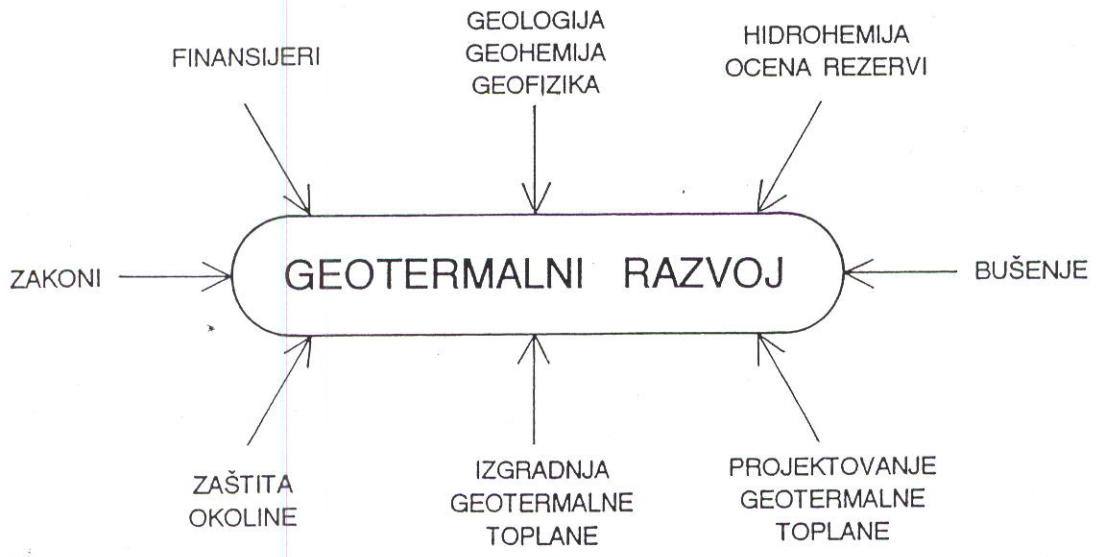


Slika 3.22. Glavne faze procesa razvoja geotermalnih projekata za korišćenje geotermalne energije iz termalnih voda

Nema nikad garancije da će neka probna-istražna bušotina ili eksploatacioni bunar preseći željene geotermalne fluide. Investitor mora biti mentalno i finansijski spreman da prihvati istraživanje kao jedan rizičan poduhvat. Stepen rizika obično zavisi od dva faktora:

1. Rizik postojanja nalazišta u istražnom području, i

2. Rizik lociranja i kaptiranja nalazišta po programu istraživanja.



Slika 3.23. **Oblasti čiji stručnjaci učestvuju u geotermalnom razvoju kao interdisciplinarnom poduhvatu**

Na oba ova faktora rizika može da utiče čovek odgovarajućim znanjem, iskustvom i opremom.

Majka priroda je stvorila i postavila geotermalna nalazišta tamo i onako kako jesu, a ne obavezno gde i kako bi mi želeli da budu. Ljudski faktor se javlja ili kao dovoljno oštrouman, ili ne sprovodi program istraživanja na pravom mestu i na pravi način. Ova konstatacija važi i za rekognosciranje-regionalna istraživanja kada čovek pokušava da locira eksploatacione bunare unutar geotermalnog sistema, odnosno nalazišta.

Na drugi faktor, rizik pronalaženja nalazišta, takodje utiče više drugih faktora, medju

kojima su i raspoloživi fondovi za istraživanje i kvalitet ekipe istraživača. Ako investitor ne može finansijski da podnese projektovani obim istraživanja, tada je njegova tendencija da se odmah predje na bušenje eksploatacionog bunara. U nekim slučajevima to može da bude opravdan i relativno mali rizik. Ali, u većini slučajeva, direktan prelazak na eksploataciono bušenje bez prethodnog obezbedjenja solidnih dokaza da će se na nalazište naići ispod mesta bušenja, nepotrebno povećava rizik istraživanja.

U istraživanju nalazišta za direktno korišćenje geotermalne energije postoji dilema investitora u tome da li da vrši manja ili nikakva istraživanja, već jednostavno da buši gde je termalna voda potrebna. U prilog bušenju, na raspolaganju mogu da budu ili da ne budu geološki dokazi. Takav postupak je u većini slučajeva osudjen na neuspeh, jer su geotermalna nalazišta tamo gde ih je majka priroda stvorila, a ne obavezno tamo gde mi želimo da bušimo. Zbog toga se investitor upozorava da bude siguran da postoje solidni naučni dokazi za postojanje geotermalnog nalazišta u datom području i da je prikupljeno dovoljno istražnih podataka, koji sigurno ukazuju na konačno odabranu lokaciju kao najpovoljniju da se postavi postrojenje za bušenje. Postoji samo jedan način da se obezbedi da kvalitet i kvantitet rezultata prethodnih istraživanja bude dovoljan za izbor mesta bušenja, a to je okupljanje iskusne i školovane ekipe istraživača i slušanje njihovih saveta. Čak i sa najboljom ekipom istraživača nema garancije da će posao uspeti, ali će čovek biti siguran da je rizik sveden na najmanju meru.

Oni koji uspešno razvijaju geotermalnu energiju obično imaju pre početka neku strategiju ili plan prilaza problemu. Svrha strategije istraživanja je da se minimizira rizik neuspeha a optimizira ekonomska efikasnost istraživanja. Zajednička karakteristika tih strategija je da one obezbedjuju jedan ili više trenutaka odluke kada rukovodioci posla mogu da izaberu da li će prekinuti program, odnosno projekat, ili će nastaviti sa sledećom fazom.

Prva faza je istraživačka ili prospektivna. Njen krajnji cilj je da se bušenjem otkrije geotermalni fluid, odnosno geotermalna voda. Da bi do toga došlo prvo mora da se izvrši ocena geotermalne potencijalnosti date teritorije pri čemu je najvažnije da se izdvoje najperspektivnija manja područja. To se postiže primenom velikog broja različitih geoloških, hidrogeoloških, geofizičkih, hidrohemijskih i drugih metoda, kao i izradom istražnih bušotina. Ako se bušenjem u ovoj prvoj fazi otkrije rezervoar sa nalazištem geotermalnih voda, tada treba pristupiti izvodjenju druge faze istraživanja.

3.8.2.2. Provera i potvrdjivanje rezervi-II faza razvoja

Druga faza istraživanja treba da definiše rezerve geotermalnog fluida u nalazištu, odnosno da pruži dokaze na osnovu bušenja o tome da li će njihove količine biti dovoljne za korišćenje u datom vremenskom periodu. Ova faza je veoma značajna, jer od njenih rezultata zavisi da li će se projekat nastaviti, redukovati ili prekinuti. U njoj se primenjuje veliki broj najegzaktnijih metoda.

3.8.2.3. Ocena izvodljivosti eksploatacije i korišćenja geotermalne energije-III faza razvoja

Ako su prethodne dve faze dale potvrdan odgovor da se razvoj projekta, tj. geotermalnog resursa može nastaviti, tada se pristupa realizaciji njegove treće faze "Ocena izvodljivosti eksploatacije geotermalnih resursa i korišćenja geotermalne energije". Njen cilj je da se prvo definiše eksploatabilnost rezervoara i nalazišta a zatim ekonomičnost korišćenja geotermalne energije. Ovaj proces se za eksploataciju vrši na osnovu izrade i testiranja eksploatacionih i injekcionih bušotina, odnosno na osnovu simulacionih geotermalnih modela donosi se odluka o otvaranju i izgradnji geotermalnog izvorišta. Istovremeno se na osnovu prethodnih rezultata vrše studijske, sistemske i druge analize kojima se dokazuje ekonomičnost korišćenja, odnosno ekonomičnost celog projekta.

3.8.2.4. Razvoj eksploatacije i korišćenja geotermalne energije-IV faza razvoja

U ovoj fazi se prvo vrši izgradnja geotermalnog izvorišta , tj. bušenje eksploatacionih bunara, a zatim njegova razrada i probna eksploatacija. Uporedo se vrši i izgradnja sistema-objekata za korišćenje geotermalne energije, odnosno geotermalne toplane. Kada se oni i probna eksploatacija završe tada počinje probno korišćenje ili probni rad svih postrojenja pri čemu se vrše potrebna testiranja, ocena projekta i eventualne korekcije pojedinih nedovoljno efikasnih tehničkih rešenja. Posle toga geotermalna toplana počinje sa radom.

U celom ovom procesu razvoja treba voditi računa ili uzeti u obzir sledeće:

Provera finansija i porezi. Prilaz finasijama i poreski propisi o obnovljivim energetskim projektima se kontinualno menjaju u utiču na razvoj geotermalnih resursa.

Ispitivanje zakonskih, institucionalnih i faktora zaštite okoline. U razvoju geotermalnih projekata sadržano je više drugih faktora. U početnim fazama planiranja moraju da se poznaju ili odrede lokalni propisi i dozvole. Da li je lokacija projekta pristupačna i dobijena kupovinom, iznajmljena, ugovorom ili dozvolom, tačno pravo svojine odredjeno je potrebama za osiguranjem kooperacije izmedju delova uključenih u razvoj geotermalnog projekta. Zbog toga graditelji traže svo pravo na resurse.

Razmatranje alternativa. U razvoju projekta treba da se razmatraju alternative u okviru planiranja najmanjih troškova. U oceni energetskog projekta korisno je da se razmatre tri sledeća faktora: 1) opterećenja menadžmenta i optimizacija korišćenja električne energije imaju suštinski i praktičan značaj na današnjem tržištu, 2) zahtevi za korišćenje energije treba da su potpuno razumljivi, i 3) energetske alternative treba da na ekonomskoj osnovi daju ispravnu-korektnu ocenu o konkurenciji.

3.8.3. Predlog prioritetnih projekata korišćenja geotermalne energije koje treba razvijati u Semberiji

Područje opštine Bijeljina, kao što se vidi iz svega napred iznetog, je veoma perspektivno u geotermalnom pogledu. U celini ono je veoma konkurentno, jer pored geotermalnih raspolaže i sa ostala dva najvažnija prirodna resursa: plodnim zemljištem i velikim količinama kvalitetne pijaće vode. Da bi područje Opštine, odnosno Semberija, postalo jedinstvena regija poznata po principu "misliti globalno, postupati lokalno" potrebno je do najvišeg mogućeg stepena objediniti pomenuta tri resursa.

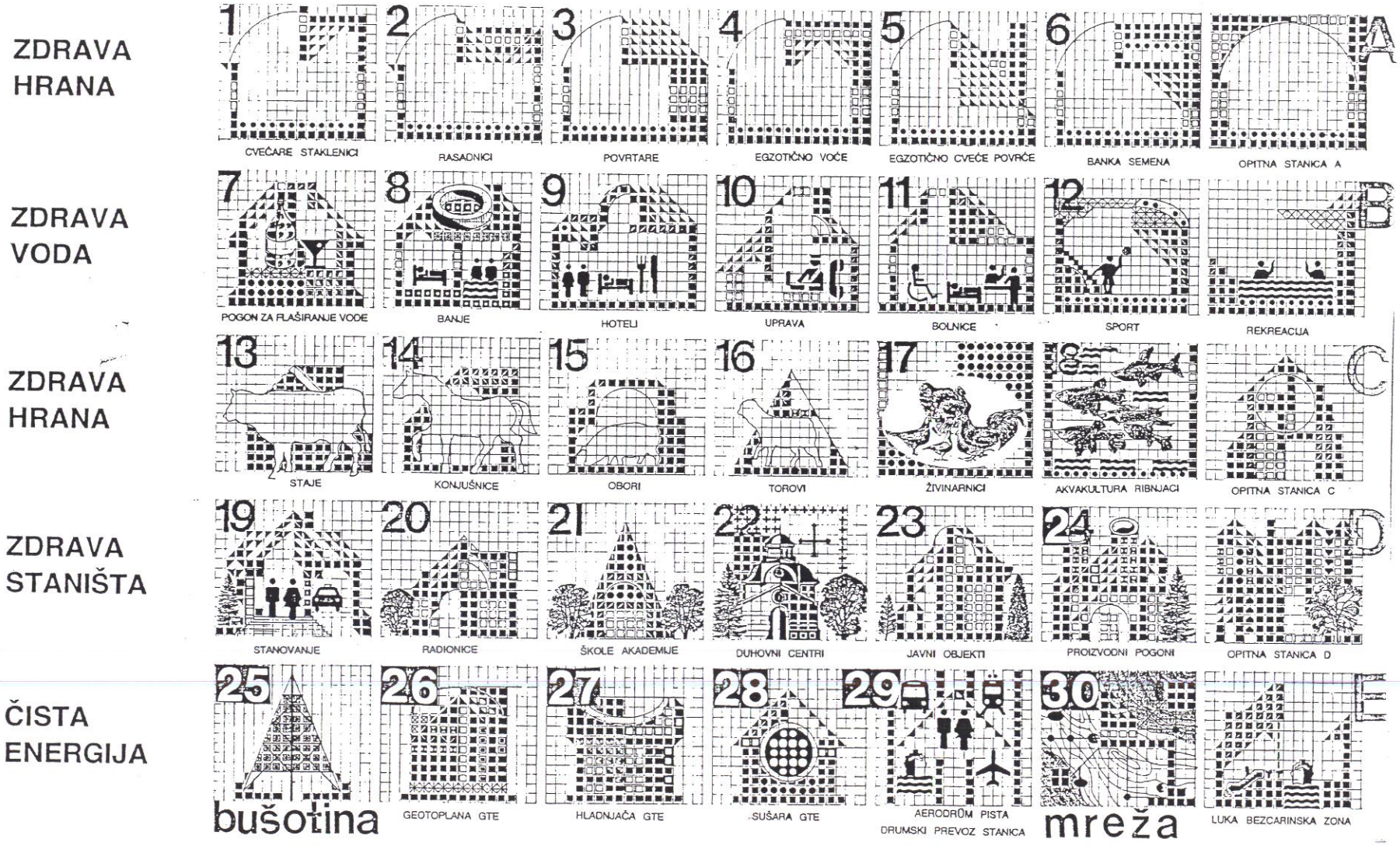
Razloga za to ima više:

- Ako moramo, a to je naša geološka sudbina, moramo i više u krugu naše delatnosti da ukupno prirodno i stvorena bogatstva Opštine, odnosno Semberije, sagledamo ne kao prost zbir resursa i edukta, već kao kompleksnu prirodnu datost (hidrogeološka, geotermalna, pedološka i graditeljska istina). Iz ovog zadatog imperativa složeni lanac prirodne datosti: voda-zemlja-vazduh-energija mora se tretirati tako da nijedna ljudska aktivnost i aspiracija ne predje u zonu destrukcije prirodne sredine;

- Pri sagledavanju prirodne potencijalnosti teritorije Opštine, odnosno Semberije (rečne vode Save i Drine, izdanske "hladne" vode freatske izdani, sezonske-meteorske vode; bogatstva radjajućeg sloja-obradivo tlo kao placenta i veliki broj sunčanih dana u godini) su data stvarnost koja nas prisiljava na potrebu visokog sinenergetskog pristupa pri uvodjenju geotermalne energije kao autohtone energije, koju ne treba shvatiti samo u svetlu energetskog bilansa, već kao izuzetnu sterilnu vodu koju nam je predala samo jedan deo svog prirodnog bogatstva -toplotu, a zadržala svoje najvrdenije svojstvo (sterilna=živa voda);

- Osnovni zadatak pri uvodjenju geotermalne energije (hidrogeotermalna datost Semberije) je validna i ohrabrujuća predpostavka i složen zahtev primene i eksploatacije u zaokruženom sistemu. Zaokružen sistem treba posmatrati u svim svojim dimenzijama: a) na površini kaskadni-eksploatacioni (korišćenje toplotnog konzuma od 90-10 °C), odnosno b) vertikalnog povratnog reinjekcionog sistema, koji vodu sa oduzetom toplotom vraća i taloži u matični krečnjački rezervoar na ponovno prirodno zagrevanje. U ovako zatvorenom sistemu ostvaren je reverzibilni proces korišćenja resursa sa velikom pouzdanošću na izuzetno dugi vek eksploatacije;

- Lanac prirodne složenosti i saglasnosti (kosmičko-telurska stvarnost) o čemu dovoljno govori geološki i hidrogeotermalni stub Semberije, upućuje nas na novi pristup u sgledavanju složenih odnosa otvorene prirode, položaju geotermalne energije u datom sklopu celine i naših aspiracija pri njenom korišćenju. To se vidi na primeru "geotermalnog jezika" od 30 simbola (slika 3.24), koji omogućuje



Slika 3.24. **Simboli programskog jezika pri uvodjenju i razvoju geotermalne energije**

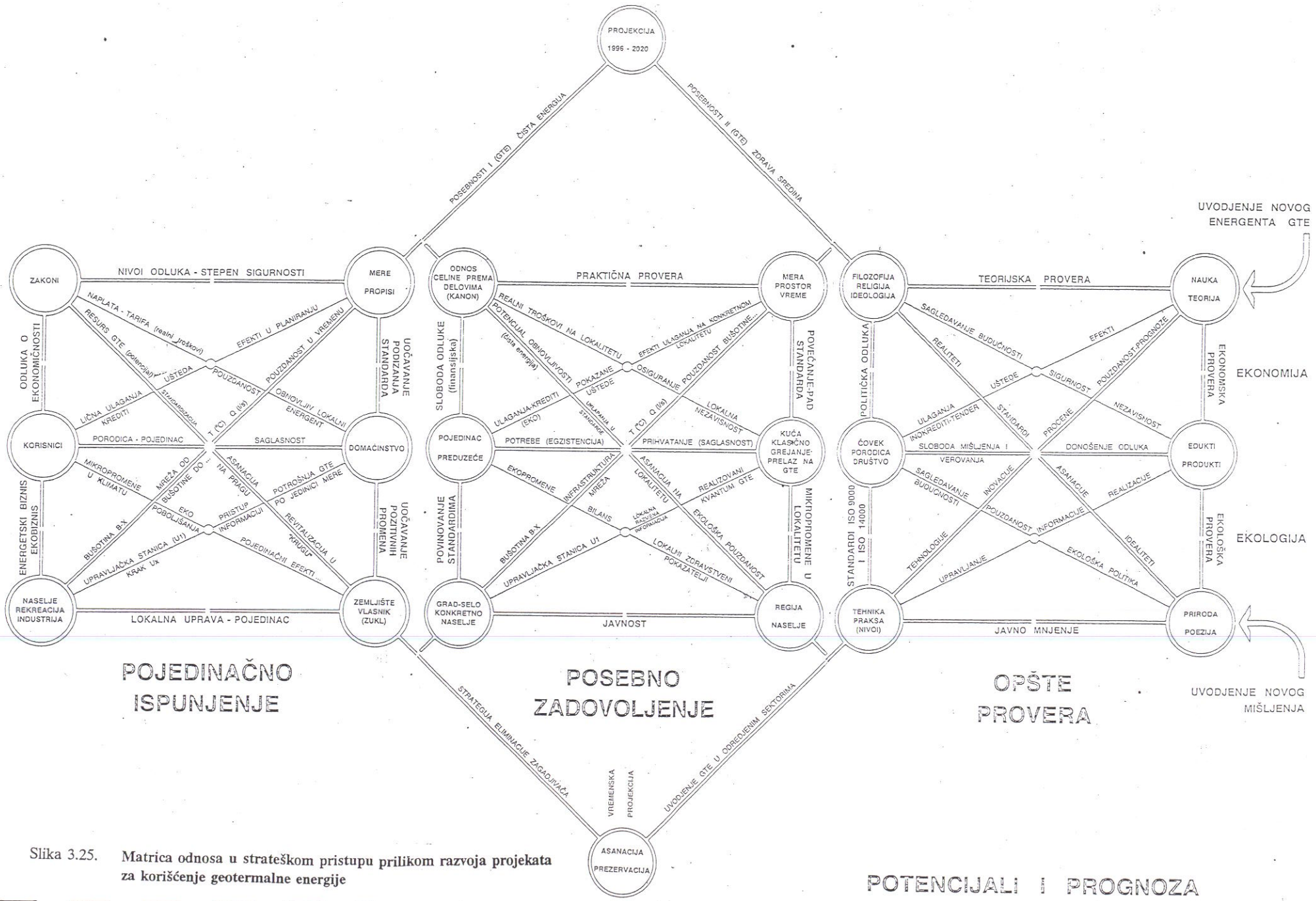
moguću paletu kombinacija pri uvodjenju geotermalne energije, tj. novog programskog jezika pri planiranju i izvodjenju novih edukta ("energetsko aktivnih zdanja"=kuće i delatnosti) na bazi sklada prirodnog lanca: voda-vazduh-zemlja-energija-čovek;

- Kao odgovor na izazov prirode mi moramo misliti i delati u okviru skrivenog sklada, a edukte, tj. nova geotermalna naselja koja vizionarski predlažemo, treba programski osmisliti kroz strateški pristup u vidu matrice odnosa (slika 3.25): ekonomske dimenzije (gazdovanje) i ekološke dimenzije (očuvanje) prostorne datosti i stvaranja bogatstva, odnosno zdravlja ljudi. Sve to treba kroz geotermalni jezik (slika 3.25) valorizovati u svakom (pojedinačnom i opštem) slučaju na terenu kako bi uspostavili i održali kompleksni red, odnosno harmoniju prirode i čoveka kao stvaralački čin za prisutnu populaciju i buduće naraštaje (humani i etički princip kao moralni imperativ u uvidjanju vremena koje dolazi i uzima u obzir one koji dolaze);

- Semberija treba da (p)ostane poznata kao ekološki čista regija. Svi preduslovi za to postoje, jer u njoj nema "prljave" industrije, odnosno Semberija je područje koje ispunjava sve uslove po najnovijem (ekološkom) standardu ISO 14000 i može da se kao takvu registruje, jer se prvi standard (ISO 14001) u okviru ovog sistema standarda odnosi na vodu (Buonocore, 1995). Naime, ekološka svest intenzivno prodire u sve oblike življenja i delovanja. Savremeni svet sve više i brže ugradjuje ekološki održive strategije u razvoj svojih projekata, odnosno svoje poslovne prakse. Ekološke principe u svoju poslovnu strategiju počele su da uključuju čak i najveće multinacionalne kompanije iz naftne i hemijske industrije, jer shvataju da će bez toga njihova konkurentnost i ugled na svetskom tržištu biti ugroženi.

Ekološka konkurentnost Semberije zasnovana na tri navedena resursa treba, po našem mišljenju, da dodje do izražaja najviše u oblasti proizvodnje organske hrane. Organska hrana prema definiciji IFOAM-a (Svetska organizacija za ishranu) i EEU predstavlja poljoprivredu u kojoj su poljoprivredni i prehrambeni proizvodi dobijeni na bazi organskih materija i bez upotrebe sintetičko-hemijskih sredstava. U razvijenom svetu ovom sektoru poljoprivrede pridaje se sve veći značaj. To se vidi po tome što EEU sve više pooštrava kriterijume proizvodnje konvencionalne hrane, a istovremeno posebnom propisima podstiče uspostavljanje autentičnih modela proizvodnje organske hrane iz sledećih razloga:

- više od 90 % štetnih materija po čovekovo zdravlje unosi se hranom u telo, koja je proizvedena na konvencionalan način (Svetska zdravstvena organizacija),
- prekomerna i nekontrolisana hemizacija u proizvodnji hrane je uzrok broj jedan nastanka modernih bolesti civilizacije, kao što su: rak, oboljenja nervnog i kardiovaskularnog sistema, razne alergije, degenerativna obolenja, itd (Svetska zdravstvena organizacija),



Slika 3.25. **Matrica odnosa u strateškom pristupu prilikom razvoja projekata za korišćenje geotermalne energije**

- intenzivna hemizacija izaziva trajno negativne posledice po životnu sredinu i ozbiljno ugrožava živi svet (Konferencija UN o životnoj sredini, Brazil 1992).

Organski poljoprivredni proizvodi prodaju se na tržištu EU po većoj ceni odgovarajućih konvencionalnih proizvoda. Žitarice su skuplje u proseku za 80 %, voće za 50 %, a povrće za 20 %. Prema podacima iznetim na X Medjunarodnoj konferenciji IFOAM, održanoj 1994. godine na Novom Zelandu, realizovan prihod od prodaje organske hrane u 1994. godini iznosio je u Nemačkoj 800 miliona DM, u Engleskoj 500 miliona DM, u ostalim zemljama Evrope ukupno 800 miliona DM, u SAD 3 milijarde DM, u Japanu 1,8 milijardi DM, a u Australiji i Novom Zelandu 100 miliona DM. Procenjeno je da potražnja za organskim proizvodima godišnje raste u Evropi za 15 %, u SAD za 23 %, a u Japanu za 25 % (XI Medjunarodna konferencija IFOAM, Brazil 1992). Iz ovih podataka se može zaključiti da proizvodnja hrane na ekološkim principima, tj. da organska poljoprivreda i organska hrana postaju ozbiljna privredna grana u razvijenom svetu.

Polaznu osnovu za izradu opšte strategije razvoja geotermalnih projekata na primeru Opštine Bijeljina, odnosno Semberije predstavljale su tri glavne grupe pitanja i odgovora (A, B, C):

A) **Pitanje**: Koliko i kojim postupkom se uštedi, odnosno zameni energije iz fosilnih goriva po osnovu korišćenja geotermalne energije? Kako dati tačnu procenu pouzdanosti novog energenta, njegove primene i efekte revitalizacije područja Semberije?

Odgovor: Prognoza o količinama i kvalitetu novog energenta, kao što je geotermalna energija, data je na osnovu izvedenih egzaktnih istražnih radova (bušotine), tako da procena količina i temperature geotermalnih voda izvršena na simulacionom modelu ukazuje o nivou **makro ušteda** u poredjenju sa fosilnim energentima. Stepen **pouzdanosti** se odnosi i na samu činjenicu da je geotermalna energija autohton i obnovljiv energent. Samo **uvidjanje** ovog geološkog potencijala uvodi nas u oblast savremenih postupaka eko-revitalizacije područja Opštine, osnosno Semberije (ČISTA SREDINA-ZDRAVA SREDINA).

B) **Pitanje**: Koji je stepen **ekonomske sigurnosti** datog područja (Semberija) pri uvodjenju geotermalne energije i odgovarajućeg načina gazdovanja? Da li će uvećanje **kapitala i ulaganja** rasti srazmerno stalnim i tačnim **eko-informacijama** o zdravom području (sredini), zdravim proizvodima i zdravim ljudima (**eko-informati**)?

Odgovor: Ekonomska i socijalna **sigurnost** raste proporcionalno stepenu **pouzdanosti** autohtonog energenta. Uvećanje nacionalnog dohotka realizuje se **domaćinskim gazdovanjem (upravljanjem)**, kako resursom (geotermalna energija)

i njegovom optimalnom primenom (stanovanje/grejanje-proizvodnja/100 programa).

Stepen tačne i pouzdane informacije o kvalitetu i posebnosti lokalnih proizvoda omogućuje globalnu razmenu proizvoda u svim vidovima kapital odnosa.

C) **Pitanja**: Koji je pristup standardima (**eko-menadžment**) i koji su odgovori na stalno inoviranje već postojećih standarda (ISO 9000....ISO 14000)? Kolika je moć inovacija (**inventorskih zahvata**) i koji su pravci delovanja i nivoi usluga kako bi čistu energiju i zdravu sredinu doveli na nivo sigurne i pouzdane berzanske globalne utakmice? Koja su područja inventorskih zahvata pri korišćenju geotermalne enrgije i koji su optimalni odgovori pri primeni geotermalne energije?

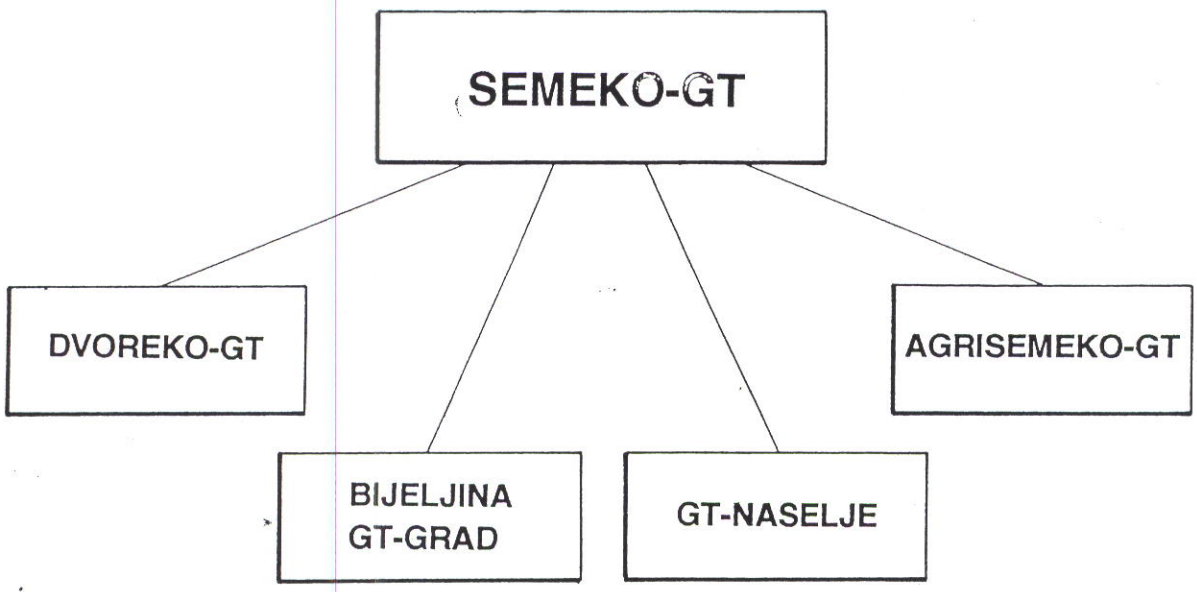
Odgovori: Bez praćenja svih informacija na području standarda može se dogoditi da odredjeni propusti izazovu kao posledicu **eko-sankcije**! Drugim rečima, to znači da izuzetno strogi standardi (ISO 14000) u svetskoj trgovini i uslugama ukazuju nam da globalni novi poredak podrazumeva i oslanja se na polugu **protekcionizma**, tj. mogućim eko-sankcijama kao merama izolacije odredjenih područja proizvoda i usluga zbog neispunjavanja komplikovanih i kompleksnih visokih zahteva (**zdrava sredina-zdravi proizvodi-zdravi ljudi**).

Odgovor se mora pronaći u sklopu relevantnih odgovora sa jedne strane **taksativno** (ispunjavanje zahteva), odnosno visokim stepenom **inventorskih zahvata** u području zdrave sredine i sigurnog i pouzdanog i obnovljivog energenta, kao što je geotermalna energija. Segmenti u kome treba dobro i uspešno balansirati i uspostaviti ravnotežu su područja infrastrukture-geotermalna energija; strukture-naselja i drugih eko-celina, odnosno **suprastrukture** i svih njenih izvoda (**socijalna pravda i ekonomska moć, demografska ravnoteža, odnosno ekološka sigurnost i prednost** kao odraz gazdovanja resursima).

Pored ovih, kao što se iz grafeme (slika 3.25) može zaključiti, postavljen je niz drugih pitanja i dati su odgovarajući odgovori na njih, odnosno grafema ima strukturu avers-revers.

Rukovodeći se celokupnim prikazom i analizom svega napred iznetog, odnosno sinenergetskim uvidjanjem i potrebom da se što dublje sagledaju prirodni sačinitelji i otkriju realne mogućnosti, potencijali rada i stvaralaštva radi zasnivanja nove kulture proizvodnje i razmenskih vrednosti visoke efektivnosti, smatramo da se to može postići formiranjem naučnoistraživačkog makroprojekta ili multiprograma "SEMEKO-GT" (SEM-berija, EKO-logija, GT-geotermalna energija), koji će biti zasnovan na jedinstvu sva tri glavna prirodna resursa Opštine: plodno-obradivo zemljište, pijaća voda i geotermalna energija. Rezultat ovog naučnoistraživačkog projekta služiće za utemeljenje programske razvojne orijentacije Semberije u nastupajućoj budućnosti.

Ovaj naučnoistraživački makroprojekt treba da bude organizovan da se izvodi po razvojnim programima, odnosno razvojnim projektima za pojedine veće oblasti korišćenja geotermalne energije, naravno, jedinstveno sa ostalim prirodnim resursima. Takvih razvojnih programa može biti nekoliko desetina, ali su po našem mišljenju četiri prioritetna (slika 3.26).



Slika 3.26. **Shema programske razvojne orijentacije Semberije na bazi geotermalne energije**

Smatramo da će izdvojena četiri razvojna programa: 1) toplifikacija Bijeljine sa geotermalnom energijom i njenim kompleksnim, integralnim i kaskadnim korišćenjem "BIJELJINA GT-GRAD", 2) kompleksno kaskadno korišćenje geotermalne energije u Dvorovima za zdravstvene, turističke, sportsko-rekreativne, eko-industrijske i druge eko-svrhe "DVOREKO-GT", 3) proizvodnja organske hrane u Semberiji na bazi geotermalne energije, čiste vode i tla "AGRISEMEKO-GT", i 4) izgradnja novih ili revitalizacija nekih postojećih naselja u kojima bi se sveobuhvatno koristila geotermalna energija "GT-NASELJE" otvoriti perspektivu velikog podviga u nastupajućoj budućnosti. Uslov je da se vodi domaćinskom rukom, delujući **saglasno prirodi** i u susret zahtevima tržišta. Iz strukture projekta (slika 3.26) se vidi da on može biti organizovan tako da se radi po istraživačkim grupama uz celovitu sintezu, etapno i u kontinuitetu, odnosno prema mogućnostima, korišćenjem raspoloživih inicijalnih istraživanja, ali pod uslovom da ovaj izuzetni poduhvat za Opštinu Bijeljina i RS mora imati jedinstveno projektovodjenje.

Kolike se mogućnosti razvoja otvaraju iz svakog razvojnog programa, vidi se iz tabela 3.15., 3.16. i slike 3.23.

3.8.3.1. Osnovni koraci razvoja projekta za korišćenje geotermalne energije u Dvorovima ("Dvoreko-GT")

Dvorovi su jedini lokalitet na teritoriji opštine Bijeljina gde se vrši eksploatacija i korišćenje geotermalne energije, skoro 40 godina. Time je praktično stvorena izvesna tradicija, iako je razvoj od momenta izrade bušotine S-1 do danas bio veoma spor. On se odvijao u četiri pravca: 1) balneoterapija, 2) turizam i rekreacija, 3) grejanje i 4) agrikultura.

Najveći napredak u razvoju je načinjen u području balneoterapije, jer je izgradjen moderan rehabilitacioni centar hotelskog tipa "Sv. Stefan".

Na polju turizma i rekreacije razvoj je započet sa izgradnjom otvorenih plivačkih bazena i bazena za kupanje, kao i hotelskim tipom rehabilitacionog centra, čija izgradnja još nije završena.

Razvoj korišćenja geotermalne energije za grejanje je počeo pre deset godina. Prvo je napravljen sistem za grejanje restorana. Najveći napredak je učinjen posle izgradnje rehabilitacionog centra-hotela "Sv. Stefan" čije se sve potrebe za toplotnom energijom obezbedjuju iz termalne vode (grejanje, sanitarna topla voda, pranje).

Na polju razvoja korišćenja geotermalne energije u agrikulturnoj proizvodnji smenjivali su se napredni i nazadni koraci. Najveći napredak je učinjen izgradnjom velikog staklenika pre dvadeset godina za proizvodnju povrća, ali je on pre desetak godina srušen. Sada je "izgradjen" primitivan plastenik za proizvodnju povrća (zelena salata, rotkvica, mlad luk) za potrebe restorana banje "Dvorovi".

Treba ponovo napomenuti da se sve četiri oblasti korišćenja geotermalne energije u Dvorovima vrše na bazi geotermalne energije iz termalne vode u količini od 7,5 l/s temperature 75 °C, koja ističe samoizlivom.

Pored tradicije u Dvorovima se može reći da postoji i izvesno iskustvo u razvoju i korišćenju geotermalne energije. Pošto je završen i usvojen PP Opštine u kome je naglašeno da razvoj istraživanja i korišćenja geotermalne energije treba vršiti brže i intenzivnije, to se na osnovu toga, tradicije, iskustva i svega napred iznetog može predložiti sledeće:

1) Izraditi razvojni program kompleksnog kaskadnog korišćenja geotermalne energije na području Dvorova;

Tabela 3.15. **Osnovne karakteristike razvojnih projekata u okviru makroprojekata "USPON SEMBERIJE 1996-2025"**

Redni broj	Naziv razvojnog projekta	Odnosi	Kombinacije	Teritorija	Vrsta planske dokumentacije
1.	"DVOREKO-GT"	X	n	Dvorovi	Prostorni plan Urbanistički plan Regulacioni plan
2.	"BIJELJINA-GT GRAD"	X	n	Bijeljina	Urbanistički plan
3.	"GT-NASELJE"	X	n	Semberija	Prostorni plan Urbanistički plan
4.	"AGRISEMEKO-GT"	X	n	Semberija	Prostorni plan

Tabela 3.16. **Glavni pravci razvoja razvojnih geotermalnih projekata**

Redni broj	Naziv razvojnog projekta	PREDPROJEKTI - POJEDINAČNI PROJEKTI							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	"Dvorovi-GT"	Bolnica Lečenje	Banja Oporavak	Grejanje	Turizam Razonoda Odmor	Hoteli Udobnost Odmor		Škola Edukacija	Botanička bašta Nauka
2.	"Bijeljina-GT GRAD"	Grejanje	Stanovanje	Hoteli	Škole Akademije	Crkve	Industrija A	Industrija B	Industrija C
		Geot. sistem Bušotine	Geotermalna toplana	Toplovodi Podstanice	Sistem za praćenje i kontrolu	Kućni sistemi za grejanje	Rezervoari	Vršna toplana	Eko-menaĐment Eko-biznis
3.	"GT-NASELJE"	Grajanje	Stanovanje	Škole Akademije	Crkve Duhovni centri	Proizvodni EKO-pogoni A	Proizvodni EKO-pogoni B	Proizvodni EKo-pogoni C	Rekreacija Odmor Razonoda
		Staklene bašte	Cvećare	Rasdnici	Eksperim. stanice	Banke semena	Hladnjače	Sušare	Egzotično cveće
4.	"AGRISEMEKO-GT"	Staklene bašte	Povrtare	Rasadnici	Eksperim. stanice	Banke semena	Hladnjače	Sušare	Egzotično voće i povrće
		Uzgoj životinja	Staje	Konjušare	Obori	Torovi	Živinarnici	Terarijumi	Ezgotične životinje
		Uzgoj riba, vodozemaca i algi	Mrestilišta	Ribnjaci za mladj	Uzgoj algi	Sušare ribe i alge	Uzgajališta rakova	Egzotične ribe	Egzotični vodozemci
		Melioracija tla	Eko-GT-sterilizacija	Eko-GT-irigacija	Eko-GT-uništavanje korova	Eko-GT-Zagrevanje	Eko-GT Zagrevanje		

2) Izraditi Regulacioni urbanistički plan teritorije MZ Dvorovi na bazi Razvojnog programa korišćenja geotermalne energije;

3) Izraditi projekat završetka i pretvaranja nedovršene istražne geotermalne bušotine DV-1 u istražno-eksploatacioni bunar (ovaj Projekat treba prvi da se izradi ili uporedo sa izradom Razvojnog programa i Regulacionog urbanističkog plana);

4) Posle izrade Projekta treba pristupiti završetku i testiranju bušotine DV-1 u cilju definisanju njenih eksploatacionih rezervi termalnih voda i geotermalne energije;

5) Na bazi Elaborata o rezervama bušotine DV-1 treba izraditi idejne ili glavne projekte korišćenja geotermalne energije za toplifikaciju Dvorova, akvakulturu i agrikulturu, moderan turizam i rekreaciju, i izgradnju geotermalnog naselja;

6) Posle izrade projekata za korišćenje geotermalne energije, odnosno posle sagledavanja količina geotermalne energije potrebnih za njihov rad, da bi se donela odluka o njihovoj realizaciji, treba izraditi Projekat detaljnih istraživanja u cilju otvaranja geotermalnog izvorišta na području Dvorova. Cilj njegove izrade je ocena rezervi geotermalne energije na području Dvorova;

7) Po izradi Elaborata o rezervama geotermalnog izvorišta Dvorovi treba pristupiti njegovoj izgradnji i testiranju;

8) Sisteme za intenzivno korišćenje geotermalne energije na području Dvorova treba izgraditi posle izgradnje izvorišta a u skladu sa Regulacionim planom, odnosno po konkretnim pojedinačnim projektima korišćenja geotermalne energije za pojedine oblasti iz Razvojnog programa.

3.8.3.2. Osnovni koraci razvoja projekta za korišćenje geotermalne energije u Bijeljini za toplifikaciju i druge svrhe ("BIJELJINA GT-GRAD")

Na užem području grada Bijeljine nije izbušena nijedna duboka bušotina, tako da nije egzaktno poznato da li se ispod njega nalazi rezervoar sa nalazištem geotermalnih voda. Medjutim, geotermalna potencijalnost je takva da se može sa veoma velikom verovatnoćom smatrati da su akumulacije geotermalnih voda u krednim i trijaskim krečnjacima prisutne ispod grada.

Akcije za pokretanje razvoja projekta toplifikacije Bijeljine na bazi geotermalne energije započinjane su više puta, ali se nije odmaklo od početnog koraka (slika 3.21).

Prva akcija je vršena u periodu od 1983-1986. godine, kada se došlo do saznanja o potrebama za toplotnom energijom i kada je izvršena prva ocena geotermalne potencijalnosti terena Bijeljine, odnosno Semberije.

Druga akcija je pokrenuta pre tri godine sa ciljem da se izradi prva istražna bušotina u gradu kod postojeće toplane ("Stolar"), odnosno da se egzaktno potvrdi prisustvo nalazišta geotermalnih voda. Medjutim, zbog ratnih okolnosti nije se moglo ništa konkretno učiniti, osim prikupljanja ponuda za izradu bušotine.

Treću akciju predstavlja ova Studija, i ona je najkompleksnija, jer su energetske potrebe celog grada veoma detaljno obradjene, odnosno znaju se toplotne potrebe svih potencijalnih potrošačageotermalne energije u Bijeljini. Na taj način je završena prva faza u razvoju projekta korišćenja obnovljivog energetskog resursa, kao što je geotermalna energija (slika 3.21). Sledeća faza je geotermalno istraživanje u kome treba otkriti nalazište geotermalnih voda ispod grada.

Gradski geotermalni toplifikacioni sistem Bijeljine treba da postane nosilac razvoja tržišta za plasman geotermalne energije, jer za to ima najpovoljnije uslove, zbog toga što je geotermalni resurs po svemu sudeći prisutan ispod grada, kao što je to slučaj u Dvorovima. Na njega treba da se nadoveže korišćenje geotermalne energije u industriji i za druge specifične namene (slika 3.15). Raspolaganje sa lokalnim jeftinim energetskim izvorom predstavljaće okosnicu za razvoj specifične proizvodnje sa značajnom energetskom komponentom. Niska cena energije će obezbediti konkurentnost na domaćem i stranom tržištu. Ekonomičnost potrebnih investicionih ulaganja će se postići kombinovanjem različitih korisnika energije ili primenom tehničkih-kaskadnih rešenja koja garantuju postizanje dovoljno visokog koeficijenta godišnjeg opterećenja geotermalnog resursa.

Na osnovu iznetih preduslova, kao i na osnovu toga što je u Generalnom urbanističkom planu Bijeljine predvidjeno korišćenje geotermalne energije za toplifikaciju, osnovni koraci razvoja tog projekta treba da budu sledeći:

1) Izraditi Projekat geotermalnih istraživanja u cilju dokazivanja prisustva geotermalnog nalazišta ispod grada, ocene njegovih rezervi i otvaranja izvorišta za eksploataciju geotermalne energije (u sklopu izrade ovog Projekta treba izvesti duboka seizmička ispitivanja);

2) Posle izrade Projekta istraživanja treba pristupiti izradi prve istražne bušotine. Na osnovu rezultata njenog testiranja i ocene rezervi treba pristupiti izradi druge bušotine. Sa sistemom od dve bušotine može započeti eksploatacija pri čemu treba započeti izgradnju sistema za reinjektiranje termalnih voda;

3) Rezultati dobijeni u prethodnoj fazi služiće kao podloga za projektovanje eksploatacionog sistema i toplifikacionog sistema za celu Bijeljinu.

3.8.3.3. Osnovni pravci razvoja projekta za korišćenje geotermalne energije u geotermalnim naseljima ("GT-NASELJE")

Toplifikacija, odnosno grejanje stambenih i drugih objekata geotermalnom energijom u postojećim naseljima vrši se na isti način kao i sa klasičnim energentima. Medjutim, nove tendencije u svetu koje se razvijaju u cilju racionalizacioje potrošnje i integralnog korišćenja geotermalne energije nameću izgradnju "energoaktivnih zdanja" ili "pametnih kuća". Geotermalna energija za takve objekte je veoma pogodna, ako ne i najpogodnija. Zbog toga, po našem mišljenju, nijedno novo naselje na području Semberije gde postoje geotremalni potencijali, ne treba graditi bez primene geotermalne energije, bez obzira da li se gradi celo novo naselje tipa "Grad na Drini" ili novi stambeni blok u postojećim naseljima (Bijeljina, Dvorovi, Janja, itd).

U vezi sa razvojem projekta "GT-NASELJE" kao prvi korak treba izraditi razvojni program za korišćenje geotermalne energije u takvom naselju i idejni projekat "Geotermalna kuća". Ovaj projekat ima naučnoistraživački karakter, ustvari radi se o demonstracionom projektu čija se dostignuća mogu prenositi u druga područja gde postoje mogućnosti korišćenja geotremalne energije.

3.8.3.4. Osnovni koraci razvoja projekta za intenzivno korišćenje geotermalne energije u agri i akvakulturi ("AGRISEMEKO-GT")

Ovaj projekat "AGRISEMEKO-GT" je najveći, jer treba da obuhvati korišćenje geotermalne energije u agri i akvakulturi na celom području Opštine, odnosno Semberije. Njegov značaj se vidi iz mogućnosti proizvodnje i prodaje organske hrane na stranom tržištu. Da bi se moglo razmišljati o njegovoj fizionomiji-razvoju i oformljenju, po našem mišljenju, treba učiniti sledeće korake:

1) Izraditi detaljan razvojni program Projekta;

2) Izraditi Projekat geotermalnih istraživanja na celom području Opštine Bijeljina u cilju ocene rezervi geotermalne energije,

3) Na bazi rezultata ocene rezervi geotermalne energije na području Opštine treba izraditi detaljnu strategiju razvoja njenog korišćenja u agri i akvakulturi.

3.8.4. Smetnje koje mogu da ometaju razvoj projekata za korišćenje geotermalne energije

Razvoj korišćenja GTE za direktne primene u svetu najbrže se vršio u Madjarskoj, Islandu, Francuskoj i zemljama bivšeg istočno-evropskog bloka. U celini, zadnjih 15

godina on je bio u proseku spor, zbog kontinualnog pada cena tečnih energenata (nafte) na svetskom tržištu. Današnja cena iskorišćene energetske jedinice geotermalnog porekla u svetskim razmerama kreće se od 0,02-0,05 EKU/kWh za direktne primene i 0,05-0,15 EKU/kWh za električnu energiju. Medjutim, zadnjih 4-5 godina situacija se naglo promenila što se vidi po tome da je interes za ubrzan i širok razvoj ovog lokalno raspoloživog energetskog resursa postao veliki, naročito u zemljama Istočne i Južne Evrope. Na osnovu iskustava u tim zemljama, kao i na osnovu sadašnjeg stanja u RS, odnosno u opštini Bijeljina u vezi sa razvojem geotermalne energije, mogu se pri tome javiti i odredjene prepreke i smetnje. Identifikacija i valorizacija realnih smetnji razvoja geotermalnih resursa nije tako jednostavna, kao što izgleda na prvi pogled. Njih ima više i mogu se podeliti u više grupa:

Političke smetnje

- Odsustvo orijentacije u energetskoj politici za realne vrednosti energetskih resursa;
- Odsustvo bilo kakve strategije;
- Odsustvo organizovanog pristupa energetskoj politici.

Tehnološke smetnje

- Nedostatak sistematskih i kontinualnih istraživanja;
- Neraspolaganje kvalitetnim demonstracionim projektima;
- Neraspolaganje adekvatnom opremom;
- Neraspolaganje sa dovoljno znanja za pojedine oblasti.

Standardi

- Odsustvo bilo kakvih standarda.

Finansijska sredstva

- Odsustvo namenskih fondova;
- Odsustvo tretmana geotermalnih objekata na isti način kao što se tretiraju na primer hidro i termoenergetski objekti;
- Zastareo mentalitet finansijskih institucija.

Administracija/zakonodavstvo

- Nedovoljno i neadekvatno zakonodavstvo (nema zakona o rezervama);
- Nedovoljna i neadekvatna primena postojeće zakonske regulative.

Institucionalni aspekti

- Pogrešno i neodgovorno lociranje prava na eksploataciju resursa;
- Odsustvo kontrole i mera za obezbedjivanje racionalne eksploatacije rezervi.

Nedostatak informacija/obrazovanja

- Odsustvo sistema za namensko informisanje;
- Odsustvo sistema za tehničko obrazovanje.

Donošenje odluka

- Odsustvo sistema za odlučivanje na državnom nivou;
- Odsustvo prethodno kompleksno obrazovanog kadra za donošenje odluka.

Zaštita okoline

- Odsustvo adekvatnog zakonodavstva sa "praktičnim" prilazom problematici;
- Odsustvo finansijske podrške razvoju ekološki napredne tehnologije.

Smetnje se mogu u vezi sa tehničko-tehnološkim aspektom problema podeliti u dve grupe:

Smetnje u toku istraživanja

- Teškoće za dobijanje sredstava i dozvola za istraživanje zbog birokratske procedure što rezultira velikim kašnjenjem i neefikasnom realizacijom;

- Nedostatak podsticaja za entuzijaste;
- Nedostatak posebne "geotermalne" zakonske regulative;
- Tehnološki problemi usled pojave visoke temperature, pritisaka i gubljenja isplake u toku bušenja.

Smetnje u toku korišćenja

- Hemijski sastav geotermalnih voda;
- Visoki početni investicioni troškovi za formiranje eksploatacionih bušotina i energetskih sistema za korišćenje;
- Velika konkurencija od strane tradicionalnih energetskih resursa, posebno gasa;
- Problem tržišta za plasman energije u neposrednoj blizini;
- Odsustvo specijalizovanog stručnog osoblja za eksploataciju projekta;
- Niske tarife električne energije bez kompenzacije za "neprivilegovane" nove energetske resurse u razvoju, kao što je geotermalna energija.

Prikazani kompleks smetnji koje mogu ometati razvoj geotermalnih resursa, odnosno geotermalnih projekata, na prvi pogled je nesavladiv. Medjutim, on po našem mišljenju neće izazivati probleme, zato što su rezultati dosadašnjih geotermalnih istraživanja i indikacije o geotermalnoj potencijalnosti takve da će sve prikazane moguće smetnje biti anulirane izvanrednim rezultatima budućih eksploatacionih objekata. Tome će, po mašem mišljenju, pogodovati pokazana odlučnost Opštine da konačno prihvati geotermalnu energiju kao svoj vlastiti lokalni resurs, kao i odluka Privredne komore RS od 14.02.1996. da se usvoji makroprojekt "Posledice rata i strategija obnove RS", tj. da će se RS "ekonomski potpuno osamostaliti oslanjanjem, pre svega, na unutrašnje privredne potencijale". S druge strane, bilo koja smetnja se može rešiti u toku razvoja projekta, odnosno nijedna od njih ne treba da bude unapred postavljen razlog za nepočinjanje razvoja. Drugim rečima, jednom se mora početi sa razvojem bez obzira na teškoće. Sada, posle rata, kada treba oformiti novu energetsku strategiju, je pravo vreme za to. Uostalom, tako je bilo i u istoriji razvoja klasičnih energenata.

3.9. PREDLOG MERA I AKTIVNOSTI KOJE OPŠTINA BIJELJINA TREBA DA PREDLOŽI VLADI REPUBLIKE SRPSKE U VEZI POSPEŠIVANJA RAZVOJA KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE

Geotermalna energija je najunikalnija u odnosu na druge energije u prirodi. To svojstvo se zasniva na njenim mnogobrojnim prednostima u odnosu na, kako obnovljive, tako i fosilne-neobnovljive izvore energije (ugalj, nafta, prirodni gas, nuklearne sirovine). Zbog svega toga se u razvijenim zemljama, gde geotermalna energija ima ravnopravan status sa fosilnim izvorima energije, stimuliše njeno korišćenje uvek i svugde kada za to ima uslova. Doprinos geotermalne energije životnom standardu u regionima i državama gde se ona odavno i intenzivno eksploatiše i koristi je ogroman u smislu povećanja kvaliteta života preko poboljšanja kvaliteta stanovanja, rekreativnih mogućnosti, kvaliteta životne sredine koje ona omogućuje, kao i privrednog značaja. Geotermalna energija usled toga postaje u takvim regionima glavna determinanta demografskog razvoja, jer naselja u kojima se ona svestrano koristi privlače nove porodice, dok naselja bez te energije gube stanovnike. Ova, kao i ostala svetska iskustva, pokazuju da tehnička dostignuća u eksploataciji, transportu i korišćenju geotermalne energije obezbedjuju stalni priliv pogodnosti društvu i privredi. Sredstva uložena u istraživanja i razvoj infrastrukture za eksploataciju geotermalnih nalazišta su se bogato isplatila.

Geotermalna energija je domaća, autonomna i ni od bilo čega zavisna energija. Njena eksploatacija i korišćenje je nezavisno od medjunarodnih političkih, ekonomskih, ratnih i drugih kriza. Eksploatacija i korišćenje geotermalne energije ne zavisi od uvoza. Njenom eksploatacijom i korišćenjem ne stvaraju se uslovi za političke i finansijske ucene ili uslovljavanja od istorijskih neprijatelja u svetu.

U najnovijem ekonomičkom zahtevu, korišćenje geotermalne energije postalo je stvar prestiža u uslovima, ne samo, stranog, već i domaćeg tržišta. To se vidi po tome što u razvijenim zemljama sve veću ulogu imaju integrisani energetski sistemi, odnosno integrisana energetska rešenja: za dobijanje energije po nižoj ceni, čistiju okolinu i efikasnije korišćenje lokalnih resursa (sl. 3.27). Ova nova energetska strategija proizilazi iz nove strategije življenja koja se zasniva, pre svega, na što većem korišćenju lokalnih resursa i što manjoj zavisnosti od resursa iz drugih područja, odnosno što većoj autonomiji, pa i po cenu smanjenja standarda. U toj novoj energetskoj strategiji geotermalna energija ima ravnopravan status sa primarnim energentima, što u RS još nije slučaj.

3.9.1. Perspektive razvoja geotermalne energije u RS

Ekonomska privlačnost geotermalne energije može da predstavlja značajnu osnovu za privredni rast u RS, ne samo u turizmu, balneologiji, agro i akvakulturi, već i u industriji. Medjutim, osim balneologije i delom turizma, to se do sada nije ostvarilo u očekivanoj meri. Šta je moglo drugačije da se uradi i šta može da se učini da bi se popravili izgledi za budućnost?

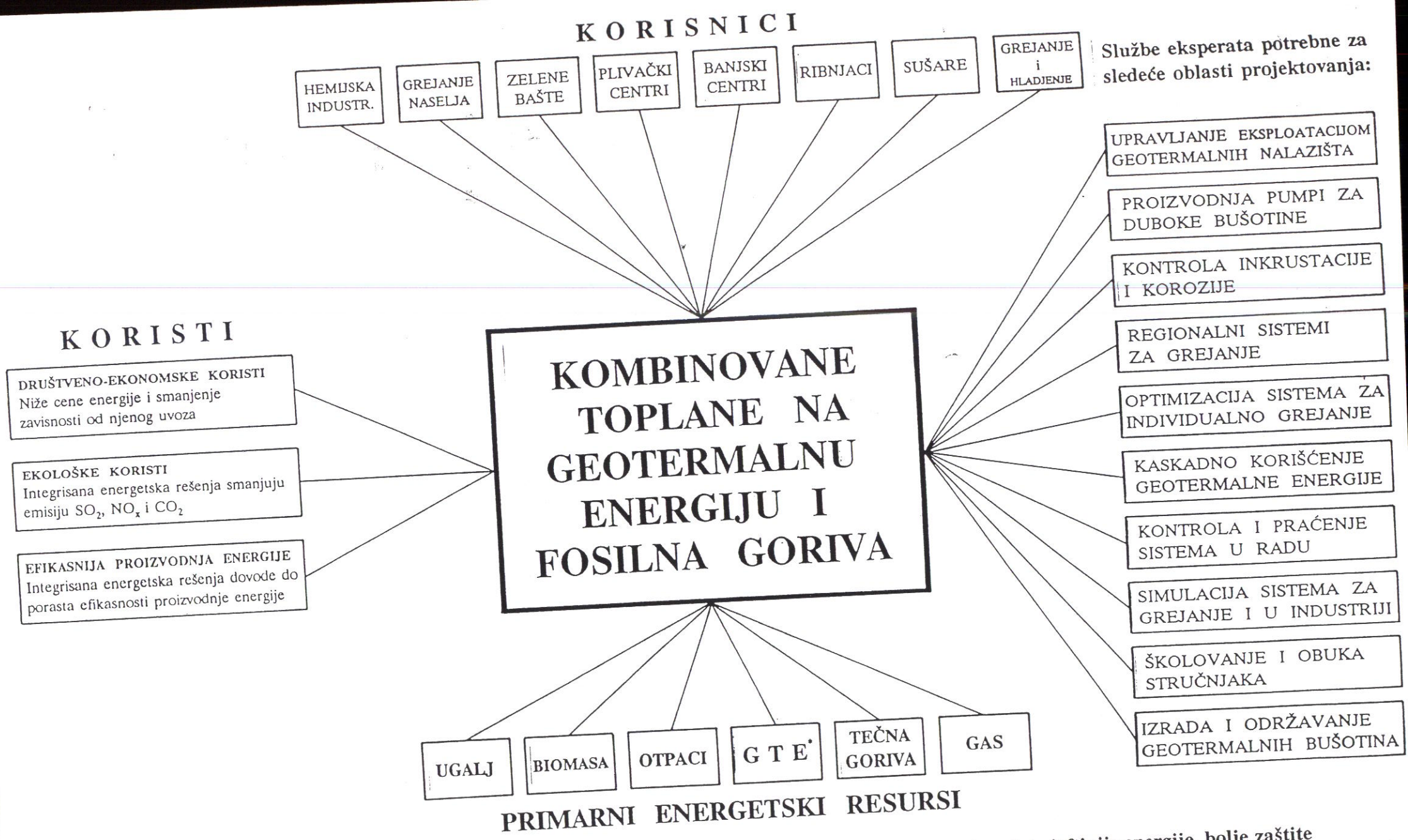
Uprkos značajnim potencijalima i intenzivnom razvoju i pozitivnim rezultatima korišćenja geotermalne energije u svetu zahvaćen je samo mali deo tog prirodnog blaga.

U sadašnjim društveno-ekonomskim uslovima, po našem mišljenju, za ocenu kriterijuma za uspeh nekog od poduhvata unutar širokog spektra tehničkih mogućnosti korišćenja geotermalne energije prikazanih na slici 3.6., važnije je razumevanje medjusobnog delovanja elemenata ekonomskih procesa, koji su dati na slici 3.28., nego tačno prognoziranje ekonomike geotermalne energije kao resursa ili razumevanje tehnologije koja se koristi u odredjenim industrijskim procesima.

Svetska iskustva stečena na osnovu korišćenja geotermalne energije i na osnovu analize elemenata ekonomskih procesa sa slike 3.28., pokazuju sledeće:

- korišćenje geotermalne energije zbog niske cene i ekoloških pogodnosti je najviše ekonomski atraktivno za industrijske procese sušenja, toplifikacione sisteme i agri i akvakulturnu proizvodnju;

- cena energije koja se koristi u industriji nije uvek glavni faktor cene uindustrijskom proizvodu tako da zbog toga samo uštede koje se postižu korišćenjem geotermalne energije ne mogu uvek da opravdaju neku krupnu investiciju u agri ili akvakulturu. Da bi se to postiglo minimalan zahtev je da pored geotermalne energije još jedan postojeći lokalni proizvodni faktor takodje obezbedi neku ekonomsku prednost;

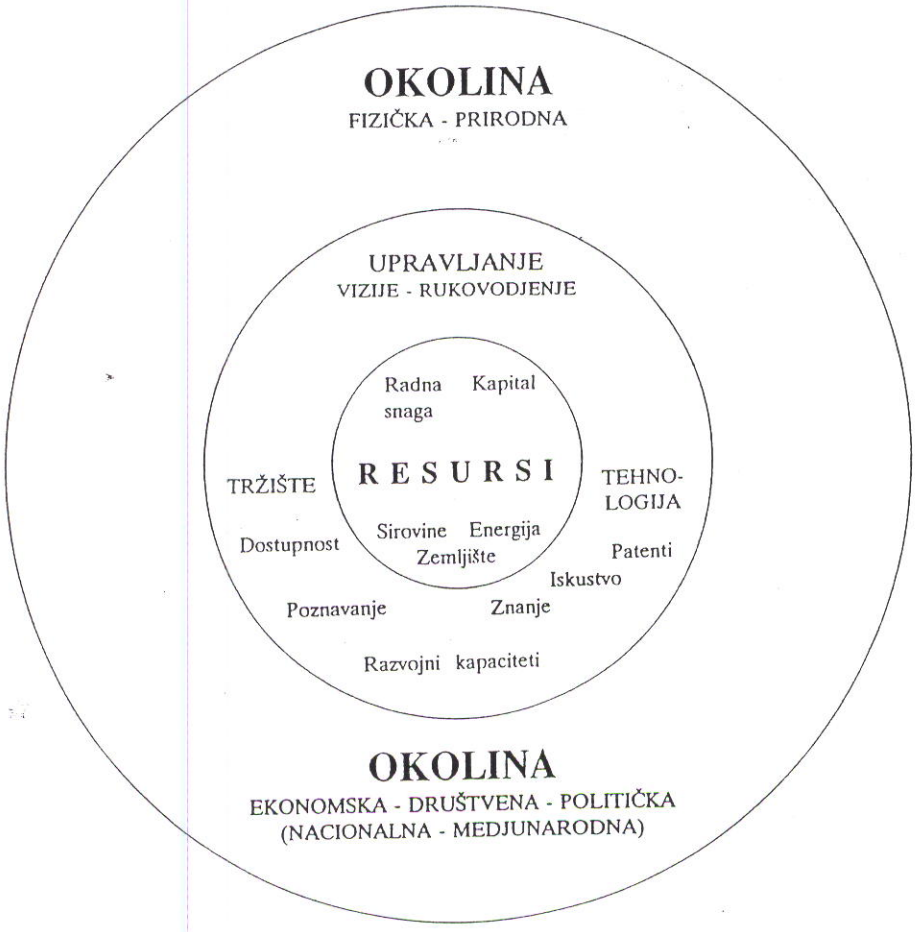


Slika 3.27. **Shema integrisanih energetskih rešenja sa geotermalnom energijom u cilju proizvodnje jeftinije energije, bolje zaštite okoline i efikasnijeg korišćenja lokalnih resursa**

- tržišta za plasman proizvoda, odnosno vreme i način pristupa i iznošenja proizvoda na tržište predstavljaju izvanredno značajan faktor za uspeh ili neuspeh projekta, čak i kada su tehnički i ekonomski faktori povoljni;

- medjusobno delovanje svetskog ekonomskog i političkog okruženja, u manjoj meri i fizičkog, imalo je do sada veliki uticaj na ostvarljivost projekata;

- svaki razvojni projekat mora da bude prožet organizovanim i upravnim rukovodstvom koje može da objedini i kombinuje sve proizvodne faktore, izabere odgovarajuću tehnologiju, realno uskladi koncepciju projekta sa tržištem, političkim i ekonomskim okruženjem, a sve u cilju da se izbegne mnoštvo rizika.



Slika 3.28. **Osnovni elementi ekonomskih procesa**

U vezi sa navedenim inostranim iskustvima i saznanjima a u vezi sa korišćenjem geotermalne energije u RS, može se reći sledeće;

- korišćenje geotermalne energije u RS će biti ekonomski veoma atraktivno za različite sisteme grejanja, u agri i akvakulturnoj proizvodnji, naročito za

industrijsko sušenje biljnih i drugih proizvoda, i u turizmu;

- u našim uslovima za uspeh poduhvata sa korišćenjem geotermalne energije, kao minimalan lokalni proizvodni faktor, koji može da obezbedi ekonomsku prednost, treba maksimalno koristiti ekološke i druge već proverene posebnosti zemljišnih i vodnih resursa, tj. dosledno primenjivati proverenu strategiju: **misliti globalno-postupati lokalno;**

- geotermalna energija nije sasvim slobodna da se samo uzme, odnosno potrebno je pažljivo planiranje i priprema za realizovanje njenog privrednog potencijala;

- u svetu je u poslednje dve decenije i pored svih medjunarodnih sukoba i zabrinutosti u vezi energetske ponude i trgovine opao relativan udeo energije u ukupnim troškovima proizvodnje. Energija je i dalje relativno jeftina u razvijenim zemljama Zapada. Štednja energije usled promene tehnologije, kao i uspešan razvoj proizvodnje nafte i gasa u vreme njihovih visokih cena, stvorili su energetsku prezasićenost koja se nije predvidjala u vreme energetske krize početkom osamdesetih godina. Pošto u RS nije ovakva, već suprotna situacija sa energijom, to eksploatacija i korišćenje geotermalne energije ne bi trebalo da bude ometano od preduzeća koja se bave proizvodnjom energije iz fosilnih izvora (ugalj, nafta, gas). U vezi s tim se očekuje podrška države razvoju geotermalne energije;

- oslanjanje na strategiju u bivšoj državi da se naša energetska budućnost zasniva na sagorevanju domaćeg niskokaloričnog uglja i povećavanju uvoza nafte i gasa bez uzimanja u obzir mogućih ekoloških problema i ograničenja odvraćalo je pažnju od drugih strategija razvoja koje su bile zasnovane više na tržišnom principu, ljudskim resursima i dovitljivosti, a manje na ekonomskoj i tehničkoj privlačnosti domaćih resursa;

- neke od najbogatijih nacija na Zemlji imaju vrlo malo prirodnih bogatstava, ali koriste svoju pamet i poslovnost da to nadoknade i organizuju se da to efikasno rade. Druge nacije imaju ogromne prirodne resurse, ali ostaju siromašne, jer ne mogu da iskoriste kreativnu energiju svoga naroda i te resurse pretvore u bogatstvo. U vezi s tim RS nema nijedan resurs u ogromnoj meri. Može se reći da su njeni resursi skromni. Zbog toga nova otkrića i nove ideje u vezi sa geotermalnom energijom predstavljaju baš tu oslobodjenu kreativnu energiju, koja može da napravi novu revoluciju u primeni geotermalne energije u agri i akvakulturnoj proizvodnji;

- postoji interes stranih investitora da ulažu novac u geotermalne projekte. Ratno okruženje, ekonomske sankcije i još neregulisani zakonski odnosi u vezi sa ulaganjem stranih investitora u velike projekte sa geotermalnom energijom, sprečili su njihovu realizaciju. Najveći problem nije nedostatak novca, već

neregulisani odnosi vlasništva i nemogućnost eksploatacije geotermalnih resursa od strane privatnih preduzeća, odnosno neregulisano pitanje koncesija za domaće investitore;

- postoji dovoljan broj stručnjaka i preduzeća iz RS i SRJ za istraživanje, eksploataciju i korišćenje geotermalne energije;

- geotermalna energija je tehnološki racionalna i ima visoku pouzdanost eksplotacije i korišćenja. Zbog toga se proizvodnja geotermalne opreme lako i brzo osvaja, tj. geotermika je posebna grana tehnike i tehnologije. Domaća preduzeća brzo mogu da predju na proizvodnju geotermalne opreme. Geotermika kao industrija za proizvodnju opreme za direktno korišćenje geotermalne energije treba da doživi znatan porast razvoja, jer je geotermička oprema je lako ugradiva u postojeće grejne, energetske, vodosnabdevajuće i druge naseljske, komunalne i opšte urbane sisteme i tkiva.

- Kakve su pouke? Lako je biti pametan kada se gleda u unazad, ali imajući u vidu veličinu tržišta, finansijsko stanje preduzeća i nerazvijeno finansijsko tržište u bivšoj državi i neravnopravan status geotermalne energije, sada se može reći da je trebalo drugačije postupati u prošlosti. Može se opravdano kritikovati ponašanje države u kreiranju energetske politike, i politički motivisan ili birokratski nerealan pristup komercijalizaciji projektnih ideja u vezi geotermalne energije. Ipak je pohvalno što su izdvajana mnogo puta veća sredstva za istraživanja nego danas, ali se nije pokušalo sa razradom zamisli za korišćenje geotermalne energije.

Danas je situacija drugačija zato što se više zna o tehničkim aspektima geotermalne energije uopšte. Pronadjeni su načini da se savladaju svi tehnički problemi u vezi sa eksploatacijom geotermalne energije. Prema tome, danas su tehnički rizici mnogo manji. Sada su se stekli uslovi da se investitori mogu baviti osnovnim pitanjem marketinga i komercijalnog aspekta svojih poslova.

3.9.2. Šta treba učiniti za brži razvoj geotermalne energije u RS?

Od početka sedamdesetih godina doživljeno niz energetskih potresa koji su bili posledica delovanja medjunarodnih kartela, embarga i ratova. Svaki od tih energetskih potresa negativno je uticao na našu privredu i medjunarodnu konkurentnost, a našu pažnju usmeravao na vitalni značaj energije za nacionalnu bezbednost u svetu u kojem su nagli poremećaji u snabdevanju energijom pre pravilo nego izuzetak.

Geotermalna energija u RS može da odigra značajnu ulogu kako u povećanju snabdevanja rentabilnom energijom koja je prihvatljiva sa stanovišta očuvanja životne sredine, tako i u pomoći komunalnim službama za njihovo integralno planiranje resursa

time što će im obezbediti efikasno sredstvo za upravljanje potražnjom i za smanjenje potreba, odnosno neposrednim geotermalnim korišćenjem.

Geotermalna energija ima sjajnu budućnost u RS. Izradjene preliminarne prve ocene energetske potencijalnosti geotermalnih resursa, čiji je cilj izrade bio da ukažu na celokupnu perspektivu i društveni interes za geotermalnu energiju, tj. one predstavljaju osnovu za odredjivanje dugoročne ekonomske politike i strategije privrede za korišćenje energije, pokazuju da bi se sa intenzivnim programom geotermalnih istraživanja i korišćenja moglo do 2025-te godine da postigne zamena od najmanje 300.000 tona uvoznih tečnih goriva na godišnjem nivou. Ovo je glavni cilj kojem treba težiti.

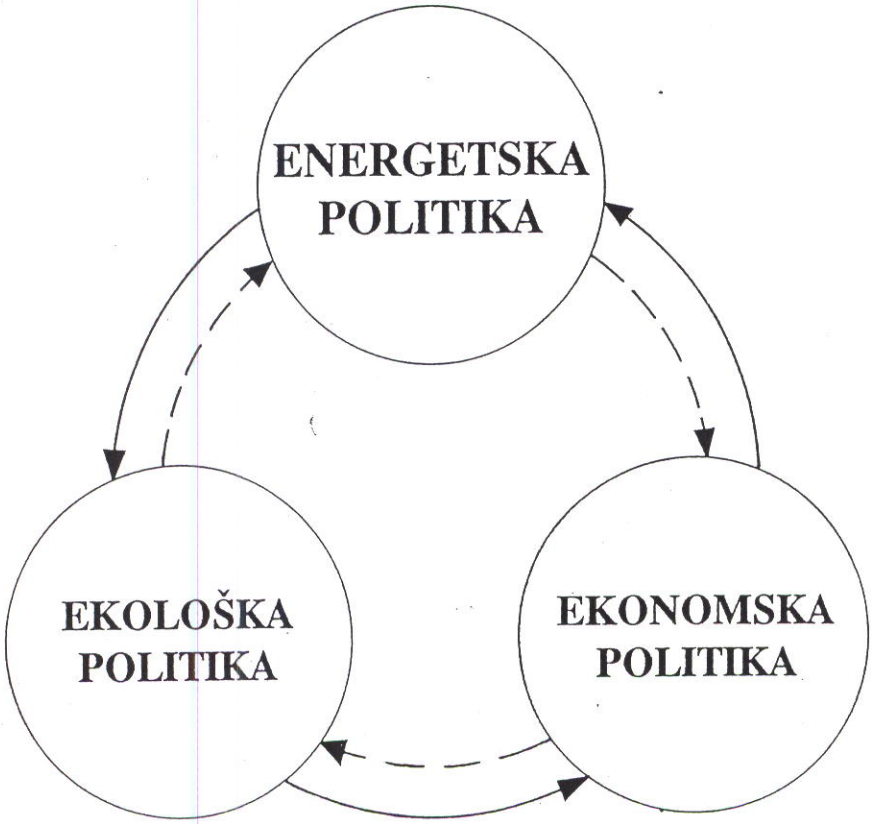
Mogućnosti korišćenja geotermalne energije su mnogobrojne: agrikultura, akvakultura, grejanje i toplifikacija, toplota za industrijske potrebe, sušenje žitarica i drugih biljnih plodova i industrijskih proizvoda, staklene bašte, rekreacija i sport, banje, itd. Sa daljim proširivanjem i povećavanjem korišćenja geotermalne energije RS će postati manje zavisna od uvoza nafte.

Stvarni doprinos će zavisiti od uloženih napora i vremena, ljudi i sredstava namenjenih programima i projektima istraživanja, razvoja i eksperimentalnim uglednim objektima uz učešće saveznih, republičkih i lokalnih vlasti u saradnji sa industrijom, fakultetima, naučnim laboratorijama i narodom.

Imajući u vidu jedinstven značaj energije za RS, kao i potrebu za energetskom strategijom koja bi mogla da odgovori trendovima koji se menjaju i iznenadnim poremećajima, potrebno je što pre da se razradi nova državna ili nacionalna energetska strategija RS (NES), odnosno da se ona napravi u vidu operativnog i dinamičnog dokumenta otvorenog za nova saznanja i nove ideje, kao i za globalne, kontinentalne, regionalne i lokalne promene životne sredine.

Razrada nove NES Republike Srpske treba da bude takva da predstavlja značajan pomak od ranijih strategija, čije se slabosti i promašaji tek sada odražavaju u punom svetlu. Nova NES ne sme da bude samo energetski plan, kao što su sve ranije strategije bile. Ona mora da predstavlja sveobuhvatno povezivanje **politike zaštite okoline** i **ekonomske politike** sa **energetskom politikom** (slika 3.29). Nova NES, takodje, mora da predstavlja značajan pomak u odnosu na napore, koji su činjeni kod sprovodjenja prethodnih strategija.

Osnovni element nove energetske strategije treba da bude podržavanje obnovljivih izvora, ali ne na dosadašnji način, tj. u iznosu koji je nešto veći od simboličnog i koji je stalno sputavan, već intenzivna eksploatacija i korišćenje obnovljive energije (medju kojima je i geotermalna), kao i integralno planiranje resursa. Integralno planiranje predstavlja proces planiranja korišćenja, koji obuhvata razmatranje opcija smanjenja potreba (racionalizacija potrošnje energije) i alternativne izvore energije.



Slika 3.29. **Osnovni elementi za razradu nove energetske strategije RS**

Da bi se sve to postiglo, Vlada RS mora da preduzme odlučnije korake na unapredjenju i ukazivanju pomoći privatnim investitorima da razvijaju svoje idejne zamisli. To se može uraditi na više načina. Na osnovu iskustava zemaljakoje su napravile značajan korak u razvoju geotremalne energije u zadnjih 10 godina, po našem mišljenju Opština Bijeljina, prvenstveno zbog razvoja svojih geotermalnih resursa, treba da predloži Vladi RS kod izrade energetske strategije sledeće:

- Razvoj novog energetskog resursa, kao što je geotermalna energija ne može da se obezbedi bez sistema zakonskih i finansijskih mera za njen dugotrajan privilegovan tretman. Razvoj sopstvenog energetskog resursa (GTE) mora da se plati od zarade dobijene prodajom uvoznih energetskih sirovina;

- Treba da se obezbedi državni sistem mera za podsticanje razvoja, kao što su: direktno subvencioniranje; niske kamate; oslobadjanje od taksi; lokalno oporezivanje potrošača koji koriste druge energente a imaju na raspolaganju geotermalnu energiju; promocije lokalnih mera za razvoj, i formiranje sistema za informisanje javnosti o mogućnostima dobijanja koristi od korišćenja geotermalne energije;

- Neprestana podrška istraživačkim, razvojnim i demonstracionim projektima u cilju razbijanja prisutnih prepreka razvoju "novih" energetskih resursa (GTE);

- Maksimalna podrška za uvršćavanje geotermalnih projekata sa teritorije RS u programe pomoći EEU, UN, SAD i drugih razvijenih zemalja, kao i podstrek za njihovo uvršćavanje u programe saradnje sa državama u kojima je razvijeno korišćenje geotermalne energije;

- Stimulisanje banaka i drugih finansijskih institucija da podržavaju geotermalne programe razvoja;

- Definisanje prava i odgovornosti vršioca eksploatacije geotermalnih resursa. Oduzimanje eksploatacionog prava korisnicima koji umesto da razvijaju, smanjuju ili ometaju razvoj geotermalnih resursa, ili nemaju organizacionih mogućnosti za to;

- Finansijsku pomoć za razvoj treba obezbediti s jedne strane povećavanjem neposrednih davanja za istraživačke projekte, a sa druge strane, putem poreskih olakšica preduzećima, koja se bave inovacijama a investirala su u istraživanje i razvoj, i nameravaju da primenjuju svoje rezultate. To je opšta preporuka Vladi RS da unapredjuje znanje zasnovano na inovacijama u ovoj zemlji;

- Geotermalne vode se mogu kaskadno ili višestepeno koristiti ako se povežu različite primene i odgovarajući zemljišni prostorni uslovi uopšte. Potrebna je realna strateška politika cena uz pažljivo regionalno i lokalno planiranje da bi se privukli investitori;

- Naročito treba posvetiti pažnju mogućnostima kaskadnih efekata izmedju korisnika geotermalne energije. To će imati daleko najrentabilnije ukupne ekonomske efekte, ali zahteva tesnu saradnju izmedju javnih organa i privatnih investitora. Akvakultura predstavlja industriju koja bi imala velike koristi od korišćenja geotermalnih voda niske temperature iz kaskadnih projekata. Rekreacioni centri ("kupališta") i lekovite banje u vezi sa turizmom sa mnogo varijacija zbog različitog prirodnog ambijenta, takodje su ostvarljivi i predstavljaju realno polje budućeg rasta;

- Sa tehnološke strane treba mnogo više da se vodi računa o mogućnostima koje nudi interakcija izmedju geotermalne energije i drugih tehnoloških oblasti, kao što su prehrambena industrija (konzerviranje, sušenje, upravanje), biotehnologija (procesi fermentacije i separacije), tehnologija materijala, itd. Buduće mogućnosti korišćenja geotermalne toplote sve više će proisticati iz ideja za nove proizvode u ovim oblastima, pre nego od ideja "motivisanih energijom", koje će geotermalni stručnjaci izmisliti. U tom smislu su istraživanja i razvoj u drugim oblastima vrlo važni. Naprimer, potencijal za korišćenje u akvakulturi i hortikulturi još se nigde

ne može sagledati, delimično zbog suviše malog iskustva za gajenje potencijalne vrste i načina kontrole njihove sredine.

3.10. OSNOVNI ELEMENTI EKOLOŠKOG GAZDOVANJA GEOTERMALNIM RESURSIMA

Eko-menadžment, tj. ekološko gazdovanje resursima je danas u svetu jedna od glavnih oblasti razvoja menadžmenta. Menadžment uopšte predstavlja mehanizam hijerarhije održivih, regionalnih i lokalnih politika, propisa i planova. Kada se govori o menadžmentu prirodnih i fizičkih resursa (uključujući i GTE) osnovni uslov je da on mora biti održiv. Da bi se to postiglo moraju biti ispunjena sledeća dva uslova:

1) Da se resurs koristi na efikasan način
2) Da je uticaj na okolinu održiv unutar prihvatljivih granica.

Na osnovu gornjih postulata definicija "održivog menadžmenta" glasi: "Održivi menadžment" je sredstvo gaydovanja (korišćenjem razvoja i zaštite prirodnih i fizičkih resursa na način, ali u iznosu koji omogućuje narodu i državi da obezbedi svoje socijalno, ekonomsko i kulturno postojanje, kao i svoje zdravlje i svoju bezbednost.

Njegovi glavni aspekti su:

a) održavanje potencijala prirodnih i fizičkih resursa zadovoljava razumne, dogledne potrebe budućih generacija;

b) zaštita vazduha, vode, zemljišta (tla) i ekosistema za održavanje života;

c) izbegavanje, popravljanje ili ublažavanje aktivnosti nekih nepovoljnih efekata na okolinu

U vezi sa njima postavlja se dodatni uslov: Svi štetni efekti mora da se izbegnu, poprave ili ublaže.

Ostali aspekti:
- rizik za okolinu od opasnih supstanci ili instalacija;
- priroda ispuštanja štetnih supstanci i osetljivost okoline na njihovo primanje;
- opis mera za sprečavanje i/ili ublažavanje;
- shema monitoringa za primenu na mestu.

Eko-menadžment resursa (pijaća voda, geotermalna energija) se sprovodi na osnovu posebnog akta, tj. zakona i propisa.

To su odluke Vlade (Ministar za ekologiju), državni ekološki standardi i državna politika, odnosno javne konsultacije, regionalna politika i lokalni planovi. Državna politika (Vlada) daje željene ciljeve i rezultate a planovi sadrže pravila po kojima treba da se postavljeni ciljevi ostvare.

Na osnovu prethodnih postulata eko-menadžmenta, Vlada ili Opština treba prvo da donesu akt ili propis o menadžmentu resursa, odnosno da donesu propise o kontroli:

a) pijaćih voda i geotermalne energije;
b) ispuštanju ili isticanju vode;
c) ispuštanju ili isticanju zagadjivača u vodu ili vazduh.

U ovom slučaju kada se govori o menadžmentu geotermalnih resursa, pod pojmom "zagadjivač" smatra se sve ono koje okolina prima, a što menja prirodu, uključujući i toplotu. Pri tome se postavlja glavni uslov: kontrola je efikasna ako se na osnovu nje dobije "odobrenje" za sprovodjenje datih aktivnosti.

3.10.1. Glavne opšte oblasti eko-menadžmenta geotermalnih resursa

Eko-menadžment geotermalnih resursa zahvata sve oblasti u toku istraživanja, eksploatacije i korišćenja geotermalne energije. U najopštijem slučaju to su:

- zagadjenje sa štetnim gasovima (H_2S, CO_2),
- promena prirodnog režima temperature okoline i njenih ekosistema,
- promena prirodnih hidroloških uslova,
- spuštanje terena,
- erupcije hidrogeotermalnih fluida,
- porast seizmičnosti,
- promena estetskog izgleda okoline,
- porast buke,
- isticanje gasova iz staklenih bašti (CO_2).

3.10.2. Struktura primene

Eko-menadžment geotermalnih resursa se primenjuje na osnovu traženja saglasnosti o resursima.

Te saglasnosti se traže u svim vremenskim fazama istraživanja i eksploatacije geotermalnih resursa. One se mogu podeliti u tri oblasti:

a) izrada (bušenje) istražnih i eksploatacionih bušotina;
b) testiranje bušotina;

c) eksploatacija resursa, dugotrajno isticanje hidrogeotermalnih fluida i njihovo aktuelno korišćenje.

Izrada istražnih i eksploatacionih bušotina-bušenje

Dozvola za vodu:	uzimanje vode iz reke za bušenje-priprema isplake
Dozvola za ispuštanje vode i isplake u stene ispod površine terena:	isticanje prirodne vode i isplake u kolektore u toku bušenja
Dozvola za ispuštanje vode i isplake na površ terena:	gubici isplake ili vode na površi terena

Testiranje bušotina

Dozvola za vodu:	izvlačenje-crpenje geotermalnih fluida
Dozvola za ispuštanje:	isticanje geotermalnih fluida u hidrogeotermalne rezervoare ako se vrši simultano crpenje i reinjektiranje
Dozvola za ispuštanje:	isticanje geotermalnih fluida na površi terena ili u hidrogeotermalne rezervoare tečnih komponenti iz testova crpenja ili pre reinjektiranja

Proizvodnja - eksploatacija

Dozvola za vodu:	obuhvata uzimanje - eksploataciju hidrogeotermalnih fluida i energije
Dozvola za ispuštanje:	hidrogeotermalnog fluida ponovo u rezervoar-reinjektiranje
Dozvola za ispuštanje:	hidrogeotermalnog fluida u tlo (aluvion)
Dozvola za vodu:	vode iz reke za hladjenje

Na osnovu opštih postavki eko-menadžmenta geotermalnih resursa opštine Bijeljina, može se zaključiti da će on biti održiv, čak i jeftin za sprovodjenje, jer se radi o sterilnim, praktično pijaćim geotermalnim vodama.

3.11. ZAKLJUČAK I PREDLOZI

Na osnovu prikazane sveobuhvatne analize, može se kratko zaključiti da opština Bijeljina ima potrebu i sve preduslove za razvoj geotermalnih energetskih resursa. Definisanjem strategije razvoja i njenom realizacijom može se pod ekonomski opravdanim uslovima obezbedi bitna promena energetske situacije u Opštini, kao i značajno učešće u energetskom bilansu Republike Srpske u relativno kratkom periodu od desetak godina.

U vezi sa gornjim opštim zaključkom, odnosno da bi se razvoj geotermalne energije na teritoriji Opštine Bijeljina brže razvijao predlažemo sledeće:

A) PROMOTIVNE AKTIVNOSTI

- ovu Studiju odmah publikovati kao monografiju na srpskom i engleskom jeziku;
- publikovati Atlas geotermalnih resursa Opštine sa srpskom i engleskom verzijom;
- od materijala iz ove Studije i Atlasa, kao i snimljenog materijala na terenu napraviti video film o geotermalnim resursima Opštine;
- na bazi ove Studije, Atlasa i drugih materijala izraditi CD verziju o geotermalnim resursima Opštine;
- izraditi prospekt o geotermalnim resursima Semberije.

B) AKTIVNOSTI U VEZI SA RAZVOJEM POJEDINIH PROJEKATA KORIŠĆENJA GEOTERMALNE ENERGIJE U SEMBERIJI

Demonstracioni projekat "DVOREKO-GT"

- Izraditi Razvojni program korišćenja geotermalne energije u Dvorovima;
- Izraditi Projekat pretvaranja izvedene istražne geotermalne bušotine Dv-1 u eksploatacionu;
- Izraditi Studiju toplifikacije Dvorova na bazi geotermalne energije;
- Izraditi Idejni projekt - (Studiju) korišćenja geotermalne energije u Dvorovima za agri i akva kulturu;
- Izraditi Studiju razvoja vodnog turizma u Dvorovima na bazi geotermalne

energije;

- Obezbediti sredstva za završetak bušotine Dv-1 i izradu Elaborata o rezervama.

Projekat "BIJELJINA-GT"

- Izraditi Projekat detaljnih geotermalnih istraživanja na području Bijeljine;
- Obezbediti sredstva za izradu prve duboke hidrogeotermalne bušotine u gradu.

Projekat "GT-NASELJE"

- Izraditi naučno-istraživački demonstracioni projekat "Geotermalna kuća";
- Izraditi Projekat implementacije geotermalne energije u postojeća i nova naselja.

Projekat "AGRISEMEKO-GT"

Izraditi detaljni razvojni program Projekta

Izraditi Projekat geotermalnih istraživanja na celom području Opštine, odnosno Semberije

C) **OSTALE AKTIVNOSTI**

Obezbediti saglasnost Rafinerije nafte iz Broda da se može koristiti sva ranija geofizička dokumentacija koja zahvata teritoriju Opštine

Predložiti Vladi RS da se oformi katalog projekata koji se nude stranim finanisjerima za ulaganje novca u razvoj korišćenja geotermalne energije (po uzoru na "Program 2", odnosno "Investing in YU/Conditions and Opportunities" Gosp. akademika D. Avramovića). U tom katalogu treba da se nalaze pomenuti geotermalni projekti.

Za autorski tim:

Dr. Mihailo Milivojević, vanr. prof.
Univerziteta u Beogradu

Beograd, 22.02.1996.

LITERATURA

Arsovski, M., Radulović, V., Prelogović, E., Sikošek, B. & Vidović, M., 1973. Opšte neotektonske karakteristike teritorije SFR Jugoslavije. Acta seizmologica Yugoslavica, No. 2-3, Beograd.

Bjornsson, G., 1993. PREDYP, comput. programme, Reykjavik.

Boissavy, C. & Dubief, R., 1995. New technologies in the geothermal wells of Meaux. Proseed. of the World Geoth. Congr., Florence, Italy, 18-31 May 1995, Vol. 4, Rome.

Dragašević, T., Andrić, B. & Joksović, P. 1989. Strukturna karta Mohorovičićevog diskontinuiteta 1:500.000. SGZ, Beograd.

Heederik, J., Van der Meer, M. & Van der Straaten, R., 1995. Demonstration projekt geothermal exploitation De Lier: Exploration and Evulation of Geothermal Resources in the western Netherlands. Proseed. of the World Geoth. Congr., Florence, Italy, 18-31 May 1995, Vol. 4, Rome.

Jovanović, P., 1971. Recent vertical crustal movements in Yugoslavia. XV Gen. Assembly Intern. Assoc. Geod. and Geophys., Moscow.

JUGINUS, 1996. Prostorni plan Opštine Bijeljina, Beograd.

Melaku, M., Thompson, S. & Mills, T., 1995. Geothermal heat for soil sterilisation.

Meyer, Z. & Kozlowski, J., 1995. Pyrzice-First geothermal heating system in Poland. Proseed. of the World Geoth. Congr., Florence, Italy, 18-31 May 1995, Vol. 4, Rome.

Milivojević, M. & Perić, J., 1982. Potencijalnost geotermalnih resursa Jugoslavije i mogućnosti njihovog korišćenja. U: "Rudarstvo Jugoslavije", Beograd.

Milivojević, M., Ravnik, D., Kolbah, S., Jelić, K., Miošić, N., Tonić, S. & Rajver, D., 1992. Yugoslavia. In: E. Hurtig, V. Čermak, R. Haenel and V. Zui (Editors), Geothermal Atlas of Europe. Geoforschungszentrum, Potsdam Publ., 1.

Milivojević, M., 1989. Ocena energetske potencijalnosti geotermalnih resursa teritorije SR Srbije van teritorija SAP. Dokt. disert. odbranj. na RGF u Beogradu, Beograd.

Milivojević, M. & Martinović, M., 1992. Izveštaj o rezultatima izrade istražne geotermalne bušotine BZ-2 na lokaciji "Ogled" u Bogatiću, Beograd.

Milivojević, M. & Perić, J., 1984. Rezultati istraživanja geotermalne anomalije u Dublju i njihov značaj za procenu hidrogeotermalne potencijalnosti Mačve i Posavo-Tamnave. Zbornik ref. VII Jug. simp. o hidrog. i inž. geol., Knj. 1, Budva.

Milivojević, M. & Perić, J., 1986. Geotermalna potencijalnost Mačve, Semberije i Srema. XI Kongres geologa Jugoslavije, Knj. 5, SGD-SITGMSJ, Beograd.

Milivojević, M. & Perić, J., 1986. Preliminarna ocena energetske potencijalnosti hidrogeotermalnih resursa u mezozojskoj podlozi tercijarnih sedimenata na području Semberije radi njihovog korišćenja za toplifikaciju Bijeljine. Fond str. dok. RGF, Beograd.

Milivojević, M., Perić, J., Simić, M. & Djajić, N., 1988. Potentiality of karst gethermal resources im Mačva region and heat energy storage feasibility. IIId Intern. Colloquium an Applied Geothermics, JIGASTOCK 88, Vol. 2, Paris.

Miošić, N. & Krušić, I., 1985. Elaborat geotermalnih istraživanja duboke istražne bušotine na naftu i plin Bij-1-Bijeljina. Geoinženjering, Sarajevo.

Rosca, M. & Maghiar, T., 1995. Cascaded uses of the geothermal water at the university of Oradea, Romania. Proseed. of the World Geoth. Congr., Florence, Italy, 18-31 May 1995, Vol. 4, Rome.

Sordelli, C. & Karkoulias, V., 1995. Geothermal installations in Rodigo. Proseed. of the World Geoth. Congr., Florence, Italy, 18-31 May 1995, Vol. 4, Rome.

Vatnaskil Consulting Engineers, 1990. AQUA, user's manual. Vatnaskil, Reykjavik.

Zhu Jialing & Cai Yihan, 1995. Geothermal comprehensive utilization in Tuanbo lendscape region, Tianin, China. Proseed. of the World Geoth. Congr., Florence, Italy, 18-31 May 1995, Vol. 4, Rome.

Werner, J., 1995. Utilization of geothermal heat from thermal water in Straubing, Germany. Proseed. of the World Geoth. Congr., Florence, Italy, 18-31 May 1995, Vol. 4, Rome.