



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

**ISTRAŽIVANJE I DEFINISANJE GEOTERMALNOG
POTENCIJALA
NA PODRUČJU OPŠTINE BEČEJ
I MOGUĆNOST KORIŠĆENJA U RAZLIČITE SVRHE**

NOVI SAD
2006. GODINA

FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
INSTITUT ZA ENERGETIKU, PROCESNU TEHNIKU I ZAŠTITU OKOLINE
Trg Dositeja Obradovića 6
21000 NOVI SAD

Telefon: (021) 459 981
Telefax: (021) 63 50 775

Broj: 017-17/262-3
Datum: 2006-12-22

Naziv elaborata: **STUDIJA
ISTRAŽIVANJE I DEFINISANJE GEOTERMALNOG
POTENCIJALA NA PODRUČJU OPŠTINE BEČEJ
I MOGUĆNOST KORIŠĆENJA U RAZLIČITE SVRHE**

Naručilac: POKRAJINSKI SEKRETARIJAT ZA ENERGETIKU I
MINERALNE SIROVINE
Bulevar Mihajla Pupina 16
21000 Novi Sad

Ugovor broj: 107-17/262-2 od 17. novembra 2006. godine

Studiju sastavili: Prof. dr Đorđe Bašić
Prof. dr Gordan Dragutinović
Prof. dr Vojin Grković
Mr Dragana Štrbac, dipl.ing.fiz.
Damir Đaković, dipl.ing.maš.
Branka Gvozdenac, dipl.ing.men.
Mr Branka Nakomčić, dipl.ing.maš.
Mr Goran Vujić, dipl.ing.maš.
Dobrica Filipović, dipl.ing.maš., "NIS Naftagas"
Stanislav Milosavljević, dipl.ing.geol., "Tehnoproing" D.O.O.
Milan Đekić, dipl.ing., "Tehnoproing" D.O.O.
Aca Mikalački, dipl.ing.rud., "Tehnoproing" D.O.O.
Zoran Jankanj, dipl.ing.geol., "Tehnoproing" D.O.O.
Aleksandar Radin, dipl.ing., "Tehnoproing" D.O.O.
Srđan Crnogorac, dipl.ing., "Tehnoproing" D.O.O.

Studija je vlasništvo naručioca posla. Nije dozvoljeno koristiti i prezentovati rezultate iz Studije bez saglasnosti nadležnih lica iz Sekretarijata

Rukovodilac Instituta:

Prof. dr Đorđe Bašić

Rukovodilac posla:

Dekan:

Prof. dr Ilija Čosić

M.P.

SADRŽAJ

LISTA SLIKA	3
LISTA TABELA	4
UVOD	5
PROJEKTNI ZADATAK	7
1 ENERGETSKI POTENCIJAL GEOTERMALNIH BUŠOTINA NA PODRUČJU OPŠTINE BEČEJ	8
1.1 Opšti podaci o istraživanom prostoru	8
1.1.1 Naseljenost, putna mreža, hidrografija	8
1.1.2 Klimatske karakteristike	8
1.1.3 Geomorfološke odlike terena	12
1.2 Pregled ranije izvedenih geoloških i hidrogeoloških istraživanja i ocena stepena istraženosti	12
1.2.1 Geološka istraživanja	12
1.3 Geološka građa područja istraživanja	13
1.4 Hidrogeološke i hidrotermalne karakteristike terena	15
1.4.1 Prostorni raspored i način pojavljivanja ležišta termomineralnih voda	15
1.4.1.1 Zbijeni tip izdani sa nivoom pod pritiskom	16
1.4.1.2 Pukotinski tip izdani	16
1.4.2 Geotermalne karakteristike terena	17
1.4.3 Fizičko-hemijska svojstva termomineralne vode	17
1.4.4 Deponovanje – smeštaj termomineralne vode po iskorišćenju	24
1.5 Geotermalni potencijal područja opštine Bečej	25
1.5.1 Hidrotermalna bušotina Bč-2/H (Bečej)	26
1.5.2 Hidrotermalna bušotina Bč-1/H (Bečej)	27
1.5.3 Procena geotermalnog potencijala na području opštine Bečej	27
1.5.3.1 Zapreminska metoda	29
1.5.3.2 Hidrodinamička metoda	30
1.6 Moguće oblasti korišćenja	32
1.7 Bazni parametri za definisanje hidrotermalnih sistema na području opštine Bečej (prognoza)	33
1.8 Smernice razvoja daljih istraživanja i korišćenja termomineralnih voda na području opštine Bečej	34
2 KORIŠĆENJE POSTOJEĆIH I OČEKIVANIH POTENCIJALA BUŠOTINA GEOTERMALNIH VODA NA PODRUČJU OPŠTINE BEČEJ	36
2.1 Korišćenje prirodnog gasa iz bušotina geotermalnih voda	38
2.1.1 Potencijalni resursi prirodnog gasa iz bušotina na području opštine Bečej	38

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe

2.1.2	Postojeći referentni resursi opštine Bečej (Bč-1/H, Bč-2/H)	40
2.1.3	Osvrt na eksploatacije bušotina na području opštine Bečej	42
2.2	Korišćenje potencijala bušotina geotermalnih voda primenom toplotne pumpe za potrebe hlađenja u letnjem periodu	43
2.2.1	Pregled potreba i mogućnosti hlađenja u letnjem periodu: referentne bušotine Bč-1/H i Bč-2/H	44
2.2.2	Apsorpciona rashladna mašina grejana gasom iz bušotine (Bč-1/H, Bč-2/H)	46
2.3	Korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za zagrevanje staklenika i plastenika	48
2.3.1	Pregled specifičnih potreba energije za plastenike/staklenike	50
2.3.2	Predlog vrsta i veličina plastenika/staklenika	52
2.4	Korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za potrebe postojećeg bazena i Jodne banje	60
2.4.1	Projektovana, aktuelna (tekuća), i moguća perspektivna eksploatacija bušotine Bč-2/H	60
2.4.2	Postojeći bazen i Jodna banja (u okviru Bč-2/H)	67
3	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	74
4	LITERATURA	77

PRILOZI

Prilog 1.	Topografska karta 1:100 000
Prilog 2.	Geomorfološka karta 1:200 000
Prilog 3.	Geološka karta 1:200 000
Prilog 4.	Strukturna karta po bazi neogenih sedimenata 1:200 000
Prilog 5.	Hidrogeološki profil Bg-2-Ps-2
Prilog 6.	Hidrogeološki profil Bg-1-Ps-1
Prilog 7.	Hidrogeološki profil Rd-1-N6-1
Prilog 8.	Konstrukcija istražne bušotine Bč-6 za naftu i gas
Prilog 9.	Geološko-tehnički profil hidrotermalne bušotine Bč-2/H (Bečej)
Prilog 10.	Geološko-tehnički profil hidrotermalne bušotine Bč-1/H (Bečej)
Prilog 11.	Struktura i projektovane potrebe korisnika potencijala bušotine Bč-2/H

LISTA SLIKA

- Slika 1. Srednje mesečne količine atmosferskih padavina za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine
- Slika 2. Srednje mesečne temperature vazduha za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine
- Slika 3. Srednje mesečne vrednosti relativne vlažnosti vazduha za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine
- Slika 4. Uprošćeni geološki profil na potezu Bačko Gradište-Bečej-Banatsko Petrovo Selo sa položajem bušotine Bč-5 u kojoj je došlo do erupcije CO₂ (Marinović Đ., 1982.)
- Slika 5. Unakrsni presek hidrotermalnog gornjo pontijskog ležišta na području opštine Bečej
- Slika 6. Karta efektivnih debljina hidrotermalnog ležišta u domenu gornjeg pontu
- Slika 7. Granični potencijali bušotine Bč-1/H (sasvim levo) i Bč-2/H (srednja i desno) u letnjoj sezoni; najmanje 1,400 h/a
- Slika 8. Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-1/H u sezoni hlađenja objekata (leto); najmanje 1,400 h/a
- Slika 9. Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni hlađenja objekata (leto); najmanje 1,400 h/a
- Slika 10. Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-1/H u sezoni grejana objekata (zima); najmanje 3,200 h/a
- Slika 11. Podzemna zagreivna instalacija u stakleniku/plasteniku
- Slika 12. Površinska greivna instalacija u stakleniku/plasteniku
- Slika 13. Različite izvedbe razmenjivača toplote za slučaj površinske greivne instalacije u stakleniku/plasteniku
- Slika 14. Zagreivač vazduha u stakleniku/plasteniku
- Slika 15. Prikaz opreme u zatvorenom toku geotermalnog fluida
- Slika 16. Pločasti razmenjivač
- Slika 17. Dijagram toka za greivanje
- Slika 18. Projektovani kapacitet i instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni greivanja objekata; najmanje 3,200 h/a
- Slika 19. Postojeća instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H: u a) zimskom režimu, i b) letnjem režimu eksploatacije (oko 62% od projektovanog, odnosno maksimalno mogućeg kapaciteta bušotine); najmanje 6,200 h/a
- Slika 20. Projektovani kapaciteti, sa rekonstrukcijom: Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni greivanja objekata; najmanje 3,200 h/a
- Slika 21. Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom: Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni hlađenja objekata (leti); najmanje 1,400 h/a
- Slika 22. Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom samo za Jodnu banju: Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni greivanja objekata (zimi i u prelaznim režimima); najmanje 3,200 h/a
- Slika 23. Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom samo za Jodnu banju: Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni hlađenja objekata (leti); najmanje 1,400 h/a
- Slika 24. Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom: Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni hlađenja objekata (leti) – najnižom snagom; najmanje 1,400 h/a
- Slika 25. Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom: Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni greivanja objekata (zimi i u prelaznim režimima) – najnižom snagom; najmanje 3,200 h/a

LISTA TABELA

- Tabela 1. Srednje mesečne i godišnje vrednosti padavina, temperature i relativne vlažnosti vazduha za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine
- Tabela 2. Pregled hidrogeoloških i hidrohemijskih parametara dubokih bušotina na širem području opštine Bečej
- Tabela 3. Pregled fizičko-hemijskih karakteristika termomineralne vode iz hidrotermalne bušotine Bč-2 iz intervala 889,99-971,00 m
- Tabela 4. Rezultati ispitivanja termomineralne vode iz bušotine Bč-2/H
- Tabela 5. Struktura korišćenja termomineralnih voda u Vojvodini
- Tabela 6. Uobičajene oblasti korišćenja potencijala geotermalne vode zavisno od njene temperature (tzv. Lindal dijagram)
- Tabela 7. Prikaz toplotnih snaga bušotina koje je moguće iskoristiti za upotrebu u staklenicima/plasticima
- Tabela 8. Troškovi geotermalnog staklenika površine 1000 m²
- Tabela 9. Temperaturski zahtevi za neke od uobičajenih kultura koje se uzgajaju u plasticima/staklenicima

UVOD

Pod geotermalnom energijom podrazumevamo toplotu akumuliranu u plićim delovima zemljine kore na temperaturnom nivou iznad 200°C. Međutim, postoje i drugačije definicije geotermalne energije, zavisno od problematike koja se tretira. Toplotu akumuliranu u suvim stenskim masama nazivamo petrogeotermalnom energijom, a u podzemnim fluidima hidrogeotermalnom. Na današnjem stepenu tehnike i tehnologije praktično se može koristiti samo hidrogeotermalna energija, dok se ova druga nalazi tek u eksperimentalnoj fazi. Zbog toga će u ovoj studiji biti tretirana samo hidrogeotermalna energija, odnosno toplota iz podzemnih fluida, čiji domen korišćenja je energetska područja (zagrevanje raznih objekata i sl.) i termomineralne vode koje se kao medijum koriste u različite svrhe (balneoterapeutske, kao tehnološka ili sanitarna topla voda i dr.).

Prirodne izvore toplih mineralnih voda u lekovite svrhe čovek je koristio još u praistoriji. Stare civilizacije, poput grčke i rimske, poklanjale su posebnu pažnju takvim izvorima. O tome svedoče brojni arheološki nalazi i pisani dokumenti. Banje su kroz istoriju čovečanstva zauzimale značajno mesto u lečenju mnogih bolesti, a ništa manje nisu aktuelne ni u savremenom društvu. Kult lekovitih izvora i banja nije se bitnije menjao kroz vekove. I danas prirodni lekoviti izvori, odnosno banje, igraju važnu ulogu u oblasti profilakse, terapije i rehabilitacije. Savremeni način i tempo urbanog života sve više ugrožava fizičko i mentalno zdravlje čoveka. Zbog toga se ljudi sve više vraćaju starim proverenim vrednostima – prirodi i prirodnim lečilištima. U novije vreme u banje ne odlaze samo bolesni ljudi, već i zdravi sa ciljem preventivnog održavanja zdravlja. Najnovija istraživanja pokazuju da savremeni banjski posetilac, pored klasične banjske ponude, traži raznovrsnije i bogatije sadržaje u smislu rasonode i provoda, o čemu se mora voditi računa.

Korišćenje termalne vode i vodene pare u energetske svrhe tekovina je novijeg datuma. Širi zamah dobilo je izbijanjem velike energetske krize sedamdesetih godina ovog veka.

Prva korišćenja geotermalne energije u energetske svrhe, vezana su za proizvodnju električne energije u zemljama koje su raspolagale ovom vrstom energije u vidu vodene pare (Italija, SAD, Japan, Island i dr.). Sa produblivanjem energetske krize, zemlje koje su raspolagale niskotemperaturnim geotermalnim resursima, odnosno termalnim i termomineralnim vodama, počele su da ih koriste u raznim niskotemperaturnim energetskim područjima. Pokazalo se da geotermalne vode pod određenim uslovima mogu sasvim uspešno da zamene klasične energente.

Sa relativno malim zakašnjenjem i Vojvodina se uvrstila u red korisnika ove vrste energije. Obim korišćenja geotermalne energije u energetske svrhe još uvek je bez većeg značaja, iako Vojvodina ima veoma dobre uslove za mnogo šire korišćenje.

Mesto i uloga geotermalne energije u energetskom bilansu zemlje nisu definisani. Zbog toga se značaj ovog energetskeg resursa u nekim krugovima precenjuje, a u drugima podcenjuje. Nije potrebno naglašavati od kakve važnosti je rešenje ovog pitanja za buduća opredeljenja i razvoj delatnosti.

Paleta mogućih korišćenja je vrlo široka i obuhvata oblasti od balneoterapije, preko rekreacije, turizma, ugostiteljstva, prehrambene i druge industrije do energetike.

Korišćenje geotermalne energije ima značajne prednosti u odnosu na korišćenje klasičnih energenata, a to su:

- obnovljiv vid energije,
- ekološki čista energija,

- domaći autohtoni resursi,
- mali troškovi održavanja hidrotermalnih objekata,
- velika sigurnost i pouzdanost korišćenja i dr.

Na području opštine Bečej u proteklih pedesetak godina izbušeno je više desetina dubokih bušotina.

Iako je raspored bušotina neravnomeran, sistematizacijom i obradom podataka dobijena je opšta slika o uslovima pojavljivanja geotermalnih voda i osnovnim hidrogeološkim, hidrodinamičkim i hidrohemijskim karakteristikama. Pri sagledavanju ukupnog geotermalnog potencijala opštine Bečej dosledno su ispoštovana tri osnovna principa koja se, pre svega, tiču mogućnosti praktičnog korišćenja termomineralnih voda. Oni se sastoje u sledećem:

- interpretacijom su obuhvaćena i obrađena samo ona ležišta termomineralnih voda koja imaju značajne rezerve i dobra kolektorska svojstva,
- odabrani su kompleksi iz kojih se putem bušenja mogu dobiti dobre izdašnosti (najmanje 300-400 l/min/bušotina) i povoljne izlazne temperature vode (najmanje 45°C) i
- obuhvaćeni su vodonosni horizonti iz kojih se mogu dobiti vode takvih fizičko-hemijskih karakteristika koje će odgovarati savremenim tehnološkim zahtevima i ekološkim uslovima deponovanja posle upotrebe.

Ležišta i termomineralne vode koje nisu ispunjavale makar jedan od ova tri uslova nisu obuhvaćena interpretacijom. To se pre svega odnosi na ležišta iz trećeg hidrogeološkog sistema koja mogu imati velike izdašnosti i visoke temperature, ali su im vode visokomineralizovane, često i preko 29 g/l. Takve vode, i pored velike toplotne snage, ne mogu se uspešno koristiti, ne toliko zbog tehnoloških, koliko zbog ekoloških limita.

Na području opštine Bečej u proteklom periodu izbušene su samo dve hidrotermalne bušotine, od čega se koristi jedna, dok je druga imala istražni karakter i nikada nije korišćena. Za sagledavanje ukupnog potencijala opštine Bečej korišćeni su podaci dubokih bušotina, publikovani u raznim vremenskim periodima i od strane raznih autora.

Osnovni cilj studije je da prikaže bogatstvo i stepen poznavanja geotermalnih resursa na području opštine Bečej i mogućnost njihovog praktičnog korišćenja u različite svrhe i na taj način posluži kao baza za dalja opredeljenja i planiranja budućih korisnika termomineralnih voda i geotermalne energije. U radu su prikazani svi parametri neophodni za prethodno sagledavanje i procenu mogućnosti korišćenja, dok je poseban akcenat dat na sam Bečej i njegovo šire područje.

PROJEKтни ZADATAK

Projektni zadatak za izradu studije definisan je navedenim Ugovorom. Kroz izradu studije treba rešiti sledeće osnovne zadatke:

- prikazati opšte prilike na istražnom prostoru koje su bitne u fazi istraživanja i posebno u fazi korišćenja termomineralnih voda (klimatske, hidrografske, hidrohemijske, naseljenost, putna mreža);
- dati pregled ranijih istraživanja i ocenu stepena istraženosti terena;
- prikazati opitno geološku granu terena;
- prikazati hidrogeološke i hidrotermalne karakteristike terena (prostorni raspored ležišta termomineralnih voda, geotermalne karakteristike terena, fizičko-hemijske i balneološke karakteristike termomineralnih voda);
- procenu ukupnog hidrotermalnog potencijala i moguće oblasti praktičnog korišćenja termomineralnih voda;
- koncepciju i stranice daljih hidrotermalnih istraživanja;
- studiju treba uraditi prema važećim standardima i procenama, koristeći svu raspoloživu stručnu dokumentaciju;
- studija treba da obuhvati područje opštine Bečej, a poželjno je korišćenje podataka i van prostora opštine.

Predmet ovog Ugovora je izrada studije o istraživanju i definisanju geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnosti korišćenja u različite svrhe, pre svega sa nekoliko stanovišta i to:

- korišćenje otpadnog gasa iz bušotina,
- korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za zagrevanje plastenika i staklenika,
- korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za potrebe postojećeg bazena i Jodne banje,
- korišćenje geotermalne vode primenom toplotne pumpe za potrebe hlađenja u letnjem periodu.

Struktura sadržaja studije usaglašena je sa napred naznačenim programskim zadacima.

1 ENERGETSKI POTENCIJAL GEOTERMALNIH BUŠOTINA NA PODRUČJU OPŠTINE BEČEJ

1.1 Opšti podaci o istraživanom prostoru

1.1.1 Naseljenost, putna mreža, hidrografija

Na području opštine, pored Bečeja, ima malo naselja koja bi se objektivno mogla uključiti u proces korišćenja geotermalne energije. To su Bačko Gradište, Bačko Petrovo Selo i Radičević. Glavni potencijalni konzumator geotermalne energije je naselje Bečej, sa svojih 27.000 stanovnika i veoma razvijenom industrijom i poljoprivredom. Na ovom području postoje veoma dobri prirodni uslovi za dobijanje termomineralnih voda sa jedne strane, i brojni potencijalni korisnici sa druge strane, tako da se šire područje Bečeja ubraja u područja koja imaju najviše uslova za uspešno korišćenje geotermalne energije.

Tome pogoduju i drugi prirodni uslovi i infrastruktura.

Na području opštine veoma dobro je razvijena putna mreža, koja povezuje sva mesta relativno dobro očuvanim asfaltnim putevima. U Bečeju se ukrštaju saobraćajnice koje povezuju sve okolne veće gradove.

Bečej leži na obali reke Tise, što u slučaju korišćenja termomineralnih voda većeg intenziteta može imati presudnu ulogu. Naime, deponovanje termomineralnih voda posle njihovog korišćenja, može u slučajevima gde u blizini ne postoje veći vodotoci, predstavljati veliki ekološki problem, što ovde svakako neće biti slučaj. Pored reke Tise, treba pomenuti reku Čik, koja protiče severnim delom područja opštine i kanal Dunav-Tisa-Dunav, koji se nalazi u južnom delu opštinskog područja (prilog 1).

1.1.2 Klimatske karakteristike

Prema svojim osobenostima, klima Vojvodine uglavnom pripada pojasu umereno kontinentalne. U zavisnosti od strujanja vazduha, ispoljavaju se uticaji atlantske, sredozemne i kontinentalne klime. Najveće uticaje imaju atlantske vazdušne mase, koje donose najveću količinu padavina.

Padavine, sa hidrogeološkog stanovišta su jedan od najvažnijih klimatskih elemenata, naročito za najpliću vodonosnu sredinu (izdan sa slobodnim nivoom).

Direktan uticaj padavina svakako se smanjuje sa povećanjem dubine izdani. Za proučavanje mehanizma prihranjivanja dubokih hidrogeoloških struktura potrebna su dugoročna i veoma opsežna naučna ispitivanja. Iz tih razloga, u našoj praksi niko se nije sistematski bavio ovim pitanjem. U svakom slučaju, obim prihranjivanja dubokih izdani atmosferskim padavinama treba posmatrati kroz milenijumsku prizmu i kroz veoma složen hidraulički mehanizam filtracije podzemnih voda.

Prosečna godišnja količina padavina u Vojvodini je oko 650 mm. Najveće količine atmosferskih padavina primaju Fruška gora i Vršačke planine, oko 900 mm. Najveća količina padavina izlučuje se leti oko 30%, zatim zimi oko 26%, u proleće oko 24%, a najmanje u jesen oko 20%.

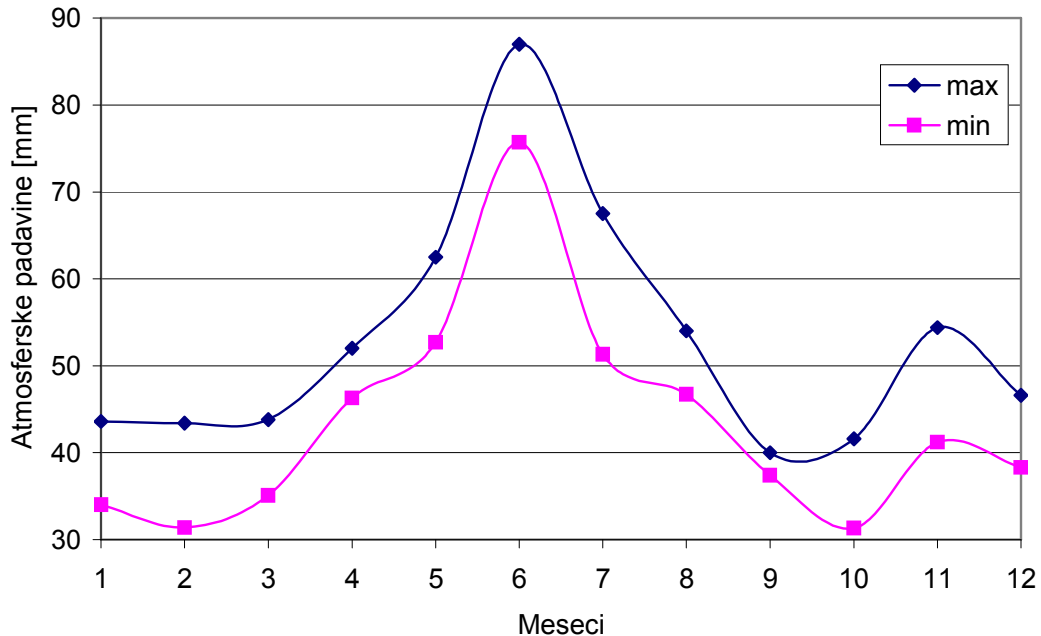
Za ocenu klimatskih prilika na prostoru istraživanja korišćeni su podaci hidrometeoroloških stanica u Kikindi, Somboru, Novom Sadu i Zrenjaninu.

Tabela 1. Srednje mesečne i godišnje vrednosti padavina, temperature i relativne vlažnosti vazduha za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine

Opis	MESECI												Srednja godišnja
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
HMS ZRENJANIN													
Atmosferske padavine [mm]	34.9	33.5	37.3	46.4	56.3	87.0	63.3	46.7	40.0	37.2	41.2	38.3	46.8
Temperatura vazduha [°C]	-0.9	1.9	6.3	11.2	16.7	19.3	20.9	20.5	16.8	11.4	5.4	1.3	10.9
Relativna vlažnost [%]	84.3	79.9	72.2	68.9	70.8	68.7	69.3	72.3	75.1	82.4	86.1	86.1	74.8
HMS KIKINDA													
Atmosferske padavine [mm]	34.0	31.4	35.1	46.3	52.7	75.7	51.3	50.8	37.4	31.3	43.6	45.6	44.6
Temperatura vazduha [°C]	-1.5	1.2	5.9	11.4	16.6	19.6	21.1	20.4	16.7	11.3	5.5	0.9	10.8
Relativna vlažnost [%]	85.3	81.6	73.1	68.3	67.6	69.2	66.9	69.1	71.3	74.6	83.4	87.0	74.8
HMS SOMBOR													
Atmosferske padavine [mm]	37.1	31.7	35.8	51.0	56.9	79.0	60.7	51.8	37.4	36.8	51.8	45.5	47.8
Temperatura vazduha [°C]	-1.3	1.3	5.7	11.1	16.3	19.3	20.7	20.0	16.2	10.9	5.3	0.9	10.5
Relativna vlažnost [%]	86	83	75	70	69	70	69	71	75	77	85	87	76
HMS NOVI SAD													
Atmosferske padavine [mm]	43.6	43.4	43.8	52.0	62.5	85.9	67.5	54.0	38.4	41.6	54.4	46.6	53.9
Temperatura vazduha [°C]	-1.0	1.5	6.0	11.4	16.6	19.6	21.1	20.6	16.9	11.5	5.9	1.2	10.9
Relativna vlažnost [%]	81	77	69	65	66	67	65	65	68	71	80	83	71

Na prostoru Kikinda, Sombor, Novi Sad i Zrenjanin najveće količine atmosferskih padavina zabeležene su u periodu maj-juli, a najmanje u periodu januar-mart (tabela 1 i slika 1).

Mesec sa najvećom količinom padavina je jun, a sa najmanjom februar. Srednja višegodišnja količina padavina za ovaj prostor iznosi oko 580 mm, sa tendencijom smanjenja počev od 1984. godine. S obzirom na konfiguraciju terena najveći deo padavina se infiltrira u podzemlje, dok je površinsko oticanje zanemarljivo.



Slika 1. Srednje mesečne količine atmosferskih padavina za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine

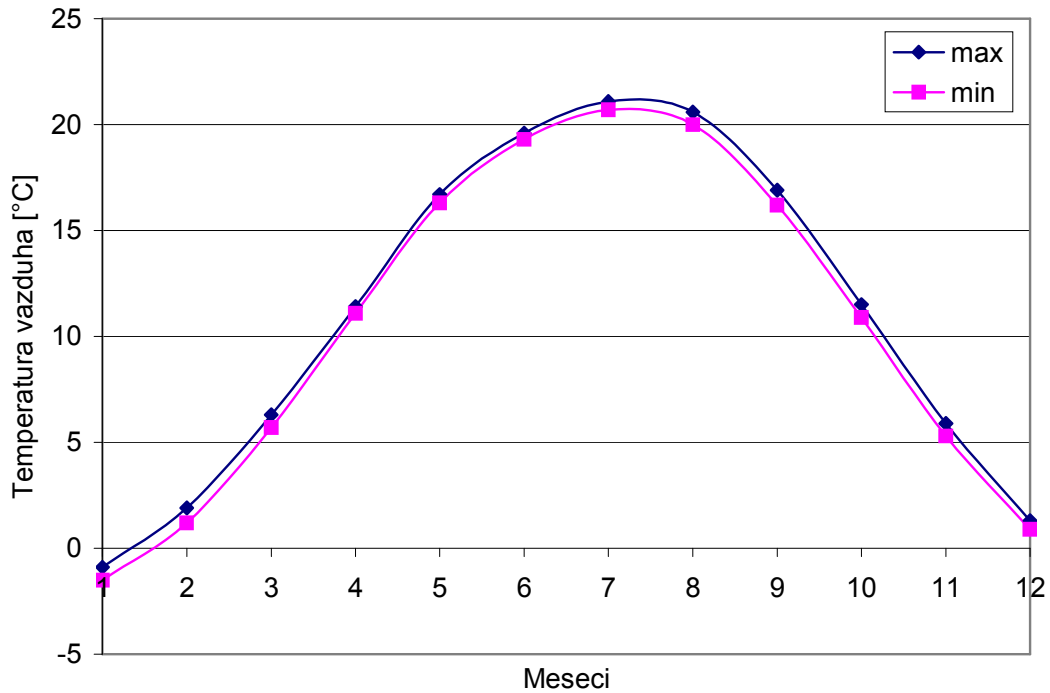
Temperatura vazduha takođe predstavlja važan faktor, koji utiče na režim podzemnih voda. Uticaj temperature vazduha najveći je na izdan sa slobodnim nivoom, odnosno na pliče vodonosne horizonte. Isparavanjem vode sa površine izdani sa slobodnim nivoom, menja se nivo, kao i fizičko-hemijske karakteristike podzemnih voda.

Prosečna srednja višegodišnja temperatura za posmatrane stanice iznosi oko 10.8°C. Najhladniji je mesec januar, a najtopliji jul (slika 2).

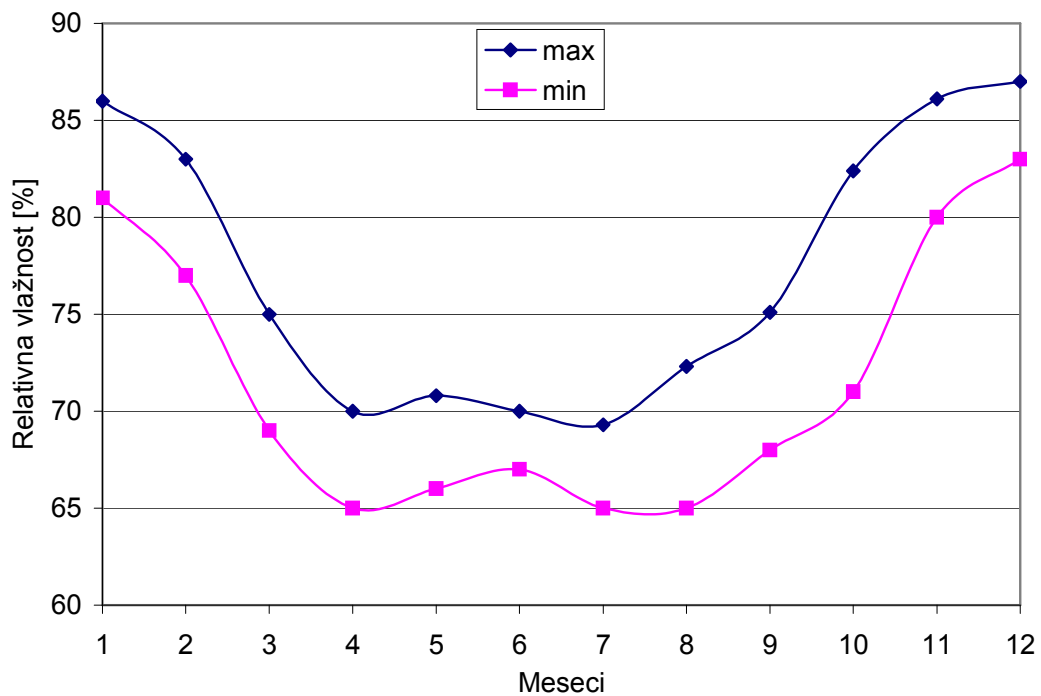
Relativna vlažnost vazduha, kao klimatski faktor koji utiče na režim podzemnih voda, stoji u obrnutom odnosu sa temperaturom.

Najniža vlažnost vazduha je u toplim letnjim mesecima, a najveća u zimskom periodu.

Prosečna srednja godišnja vlažnost vazduha za posmatrani period kreće se u granicama od 65-87% (slika 3).



Slika 2. Srednje mesečne temperature vazduha za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine



Slika 3. Srednje mesečne vrednosti relativne vlažnosti vazduha za HMS Kikinda, Zrenjanin, Novi Sad i Sombor za period 1946-1990. godine

1.1.3 Geomorfološke odlike terena

Deo opštinskog područja leži u zoni fluvijo-barskog reljefa Panonskog basena, pravca pružanja sever-jug (prilog 2).

Fluvijo-barski sedimenti na ovom području predstavljeni su lesoidnim alevritima, glinama i alevritičnim peskom sa bio- i litofacijalnim karakteristikama facije povodnja. Oni čine završni ciklus rečne terase na širem prostoru, a debljina im dostiže do nekoliko metara. Ovi sedimenti, najverovatnije su stvarani u gornjem pleistocenu za vreme virna u uslovima kopneno-barskih facija pri dugotrajnim povodnjima i periodima isušivanja i transformacije aluvijalne ravni reke Tise.

U zapadnom delu opštinskog područja nalazi se prostrana bačka lesna zaravan, koja predstavlja višu rečnu terasu Dunava. Pokrivena je lesom i lesoidnim peskom, zbog čega je nazivaju lesnom terasom ili "varoškom terasom", pošto je na njoj izgrađen najveći broj gradova i sela u Bačkoj.

Ova lesna zaravan, upravo je deo velike aluvijalne lepeze Dunava, koja počinje kod Budimpešte, a završava se u Bačkoj, lesnim odsekom visine oko 10 m. Generalno je blago nagnuta prema jugoistoku i na taj način usmerava pravac oticanja površinskih vodenih tokova.

U južnom delu nalazi se poznata Beljanska bara, tipičan primer rečnih tokova u fazi zabarivanja, usled izuzetno malog nagiba i sporog oticanja vode.

Istočnu granicu opštine čini reka Tisa. Severozapadno od Bečaja nalazi se veoma izražen napušten meandar Tise, tzv. starača u kojoj se i danas stvaraju organogeno-barski sedimenti.

1.2 Pregled ranije izvedenih geoloških i hidrogeoloških istraživanja i ocena stepena istraženosti

1.2.1 Geološka istraživanja

Pokrivenost terena nije omogućavala neka detaljnija površinska geološka istraživanja. Prvi podaci o dubljoj geološkoj grani terena datiraju iz perioda bušenja prvih bunara za potrebe vodosnabdevanja stanovništva, započetih pre I svetskog rata. Ova bušenja dosegala su do dubine od nekoliko stotina metara i na taj način omogućila upoznavanje plićih geoloških formacija. Veliki broj bunara izbušen u kasnijem periodu za iste namene, omogućio je kompletnije i sveobuhvatnije sagledavanje geološke grane i hidrogeoloških karakteristika plićih geoloških formacija.

Izučavanjem plićih delova neogenog kompleksa, pretežno kvartarne i gornje paludinske starosti, bavili su se mnogi istraživači. Pristupi izučavanja su imali praktičan i teoretski značaj; praktičan u smislu istraživanja pijaćih voda, a teoretski u smislu izučavanja geneze, starosti i drugih naučnih aspekata. U tom smislu značajan doprinos dali su V. Laskarev, V. Bukurov, Halavacz, M. Vasiljević i drugi.

Poseban doprinos u izučavanju i upoznavanju geološke grane Panonskog basena dat je izradom OGK u razmeri 1:100 000 sa tumačem i geomorfološke karte 1:200 000.

Prve egzaktno podatke o geološkoj i tektonskoj građi vojvođanskog dela Panonskog basena, na bazi podataka iz dubokih bušotina izbušenih za naftu i gas, dao je V. Aksin (1957-1967.).

Podatke o geološkom sastavu i starosti paleoreljefa, odnosno o podlozi neogene podloge, nalazimo u radovima D. Nikolića, R. Kamenci i Đ. Marinovića. Detaljan opis paleoreljefa sa kartom rasprostranjenja stratigrafskih članova dat je u radovima M. Čanovića i R. Kamenci (1986.).

Na osnovu kompleksnih geofizičkih ispitivanja i podataka iz dubokih bušotina, grupa autora (M. Denić, Đ. Marinović, S. Stanković i S. Stojić) je 1979. godine izradila atlas strukturnih karata po različitim stratigrafskim i litološkim granicama, što je kasnije poslužilo za izdvajanje i definisanje hidrogeoloških kompleksa, odnosno za vertikalnu rejonizaciju u pogledu postojanja i kvaliteta termomineralnih voda. Pokazalo se da je rejonizacija imala veliki praktičan značaj u pogledu procene mogućnosti korišćenja termomineralnih voda u praktične svrhe.

Prva sistematska istraživanja geotermalnih resursa započeta su u Vojvodini, zahvaljujući bogatom fondovskom materijalu prikupljenom u procesu istraživanja nafte i gasa, dosta jednostavnom geološko tektonskom sklopu terena i pre svega rešenom izvoru finansiranja od strane "NIS Naftagas"-a iz Novog Sada.

Na bazi prikupljenih podataka izrađena je 1975. godine studija "Termalne i termomineralne vode Vojvodine i mogućnost korišćenja", koja je, u stvari, predstavljala program budućih istraživanja i primene termomineralnih voda u Vojvodini. U studiji je dat sistematizovan presek dotadašnjih hidrogeoloških, geotermalnih i geohemijskih saznanja o podzemlju Vojvodine i njenim vodama. Autor studije bio je S. Milosavljević.

Realizacija ove studije/programa u značajnoj meri je ostvarena. Na bazi nje, kao i kasnijih programa, projekata i elaborata u Vojvodini su izbušene 73 hidrotermalne bušotine i ispitano na vodu oko 50 naftnih i gasnih bušotina.

U okviru ovih programa izbušene su i dve hidrotermalne i ispitano na vodu nekoliko naftnih i gasnih bušotina.

1.3 Geološka građa područja istraživanja

U geološkom pogledu, istražno područje pripada velikoj Panonskoj niziji (prilog 3). U fundamentu ove prostrane potoline leži ogroman planinski blok, duboko spušten duž sistema raseda između Alpa, Karpata i Dinarida. Potonuli blok pripadao je srpsko-makedonskoj masi, izgrađen od paleozojskih i mezozojskih tvorevina, isprobijan raznim magmatskim stenama. U ovoj potolini sredinom tercijara formirano je Panonsko more u kome su tokom neogena i kvartara nataloženi sedimenti debljine više kilometara. Završni ciklus sedimentnog kompleksa, kvartarne i gornjo paludinske starosti, izgrađen je pretežno od glinovito-peskovitog materijala u kome su formirane izdani pitkih voda.

Stratigrafski stub na istražnom području izgrađen je od stena paleozojske, gornjo kredne, miocenske, pliocenske i kvartarne starosti.

Paleozoik

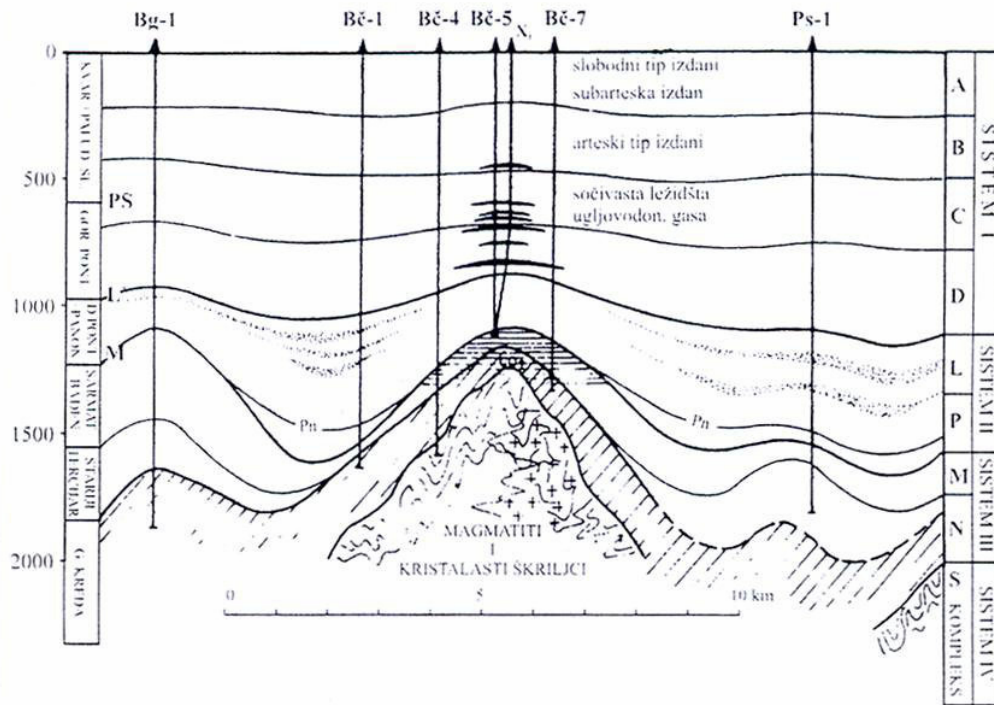
Na području opštine Bečej najstarije nabušene stene pripadaju paleozoiku metamornih stena različitog stepena kristaliniteta. Južno od Bečeja, prema Bačkom Gradištu zastupljeni su gnajs, mikašist i amfibolski škriljci. Ove stene nabušene su na više bušotina između 1500 m i 1700 m. U severnom delu zastupljeni su tzv. zeleni škriljci, predstavljeni hloritskim, sericitskim i epidotskim škriljcima. U uskom pojasu, u domenu bušotine BČ-6, nabušen je biotitski granit na dubini 1530 m.

Gornja kreda

Stene gornjo kredne starosti čine podlogu neogenim sedimentima na čitavom prostoru opštine Bečej. Leže diskordantno preko stena paleozojske starosti. U litološkom pogledu preovlađuju alevriti i glinci, a zatim peščari, laporci i krečnjaci. Razvijeni su u faciji fliša. Javljaju se na različitim dubinama od 1250 do oko 1600 m. Debljina im je promenljiva od 250 m do blizu 500 m.

Miocen

Sedimenti miocena javljaju se na celokupnom prostoru opštine. Leže transgresivno preko gornjo krednih formacija. Podloga neogena, odnosno paleoreljef nalazi se na raznim dubinama. Ovakav oblik paleoreljefa posledica je ondašnje morfologije terena ili kasnijih rasedanja i tonjenja pojedinih blokova (prilog 4). U litološkom pogledu, izgrađeni su pretežno od litotamnijskih krečnjaka i peščara. U stratigrafskom pogledu pripadaju badenu, dok su sarmat i panon male debljine i nemaju kontinuirano razviće. Taloženi su u marinskoj sredini. Javljaju se na raznim dubinama, počev od oko 1000 m, pa do preko 1500 m. Debljina im varira od 80-200 m.



Slika 4. Uprošćeni geološki profil na potezu Bačko Gradište-Bečej-Banatsko Petrovo Selo sa položajem bušotine Bč-5 u kojoj je došlo do erupcije CO₂ (Marinović Đ., 1982.)

U okviru ovih sedimenata, na području Bečeja otkriveno je ležište ugljendioksida velikih razmera i, za naše prilike ogromnih rezervi, poznato po velikoj erupciji sedamdesetih godina prošlog veka, tzv. "Bački vulkan" (slika 4).

Pliocen

Pliocen je predstavljen sedimentima donjeg i gornjeg pontona i paludinskih slojeva. Ima veoma široko razviće i veliku debljinu. Javlja se na celokupnom prostoru Bačke.

Sedimenti donjeg ponta izgrađeni su od različitih varijacija lapora, laporaca i peščara. Preovlađuje laporovita komponenta, a peščari se javljaju u vidu proslojaka debljine 5-10 m. Sedimenti donjeg ponta javljaju se na dubini od oko 850 do 1050 m. Debljina im varira od oko 100 do oko 600 m u predelu Bačkog Petrovog Sela.

Sedimenti gornjeg ponta nastavljaju se u kontinuitetu na sedimente donjeg ponta. Granica između donjeg i gornjeg ponta je oštra i veoma lako uočljiva u litološkom pogledu. Sedimenti gornje pontijske starosti taloženi su u kaspibrakičnoj sredini i u odnosu na donji pont sadrže znatno više psamitsku komponentu. Izgrađeni su od laporovitih i ugljevitih glina i raznih varijeteta peska, od čistog do glinovitog i laporovitog. Generalni izgled sedimenata gornjeg ponta je smenjivanje glina i peska sa svim mogućim varijacijama. Debljina peskovitih slojeva varira od nekoliko metara do oko 15-20 m. Debljina gornjo pontijskih sedimenata dosta je ujednačena i kreće se između 250 i 350 m.

Paludinski slojevi se kontinualno nastavljaju na gornjo-pontijske. Granica između njih je teško uočljiva, iako u tom razdoblju kaspibrakični režim sedimentacije prelazi u jezerskorečni. Sedimenti paludinskih slojeva konstatovani su na širokom prostranstvu. Donja granica im se kreće između 600 i 850 m. Litološki sastav im je promenljiv, sa čestim horizontalnim i vertikalnim smenjivanjima. Javlja se raznovrsni pesak i gline sa proslojcima i sočivima gline, ugljevite gline i lignita u višim slojevima. Pesak je različite granulacije i često zaglinjen u paketima od 10-20 m.

Debljina naslaga paludinskih slojeva veoma je neujednačena i kreće se od oko 400-450 m.

Kvartar

Najmlađi litostratigrafski član razvijen je na celom prostoru istražnog područja. Predstavljen je pleistocenskim i holocenskim sedimentima. Prelaz iz paludinskih u kvartarne sedimente, u litološkom pogledu je postepen i teško uočljiv i može se rasčlaniti jedino faunostički. Debljina kvartara na osnovu koordinatnih dijagrama i litološkog sastava procenjuje se na oko 130-140 m.

Generalno posmatrano, kvartar se odlikuje povećanjem procenta psamitske komponente u odnosu na paludinske slojeve i naizmeničnim smenjivanjem slojeva peska i gline.

Pesak je predstavljen sivim srednjezrnim do sitnozrnim frakcijama, sa povećanim sadržajem liskuna i gline. Peliti su predstavljeni peskovito-glinovitim alevritima i peskovitim glinama sive i žućkaste boje.

U povlati kvartarnih sedimenata leže rečno-barske tvorevine, verovatno mindelske, riske i virmske starosti, predstavljeni sitnozrnim peskom, alevritima i glinama. U većem delu istražnog prostora sedimentni ciklus se završava lesoidnim glinama i prašinastim peskom.

1.4 Hidrogeološke i hidrotermalne karakteristike terena

1.4.1 Prostorni raspored i način pojavljivanja ležišta termomineralnih voda

Na području opštine Bečej u geološkom profilu, počev od stena paleozojske do kvartarne starosti, dominiraju dva genetska tipa izdani, odnosno dva tipa ležišta termomineralnih voda. U hidrogeološkom pogledu, izdani pripadaju zbijenom i pukotinskom tipu, a u ležištarskim slojnim ležištima sa intergranularnim i pukotinskim porozitetom.

1.4.1.1 Zbijeni tip izdani sa nivoom pod pritiskom

Zbijeni tip izdani, odnosno ležišta sa intergranularnim porozitetom, razvijen je u okviru pliocenskih i kvartarnih horizonata, izgrađenih od peska različite granulacije i slabo vezanih peščara.

U okviru laporovite serije donjeg pontja, javljaju se slabo vezani peščari, debljine 5-10 m. Ovi peščari imaju mali porozitet, malu specifičnu izdašnost i male rezerve termomineralnih voda. Slojevi peščara su izolovani debelim paketima lapora, tako da postoje veoma skromne mogućnosti za prihranjivanje. Zbog dosta loših kolektorskih svojstava, izdašnost im je mala i ne prelazi 2-3 l/s/bušotini. Javljaju se u dubinama od 850 do 1050 m i mogu imati dosta povoljnu temperaturu. Međutim, ova ležišta sadrže termomineralnu vodu povećane mineralizacije i relativno male rezerve, te zbog toga nemaju većeg praktičnog značaja.

U okviru sedimenata gornjo pontijske starosti nalaze se slojevi peska debljine 15-20 m pa i više, veoma dobrih kolektorskih svojstava. Pesak je pretežno kvarcnog sastava razne granulacije, od sitnozrnih do srednjezrnih, dok su krupnozrne frakcije ređe i manjih debljina, jedva do nekoliko metara. U profilu gornje pontijskih sedimenata nalazi se više peskovitih horizonata, međusobno izolovanih, odnosno poluizolovanih partijama gline i laporovite i peskovite gline. Broj peskovitih horizonata kreće se od 4-5. Karakteristično je da se u bazi ove stratigrafske jedinice nalaze najdeblji slojevi peska i sa najboljim kolektorskim svojstvima. U praksi, na području Bačke najčešće se bušotinama zahvataju ovi slojevi, zbog velike izdašnosti i povoljnih fizičko-hemijskih karakteristika termomineralne vode. I na području opštine Bečej ovi horizonti su najpovoljniji za zahvatanje termomineralne vode. Kaptirani su na bušotini u sportskom centru u Bečeju (Bč-2/H), o čemu će kasnije biti više reči.

Na području opštine Bečej najinteresantniji peskoviti horizonti, odnosno ležišta termomineralne vode, nalaze se na dubinama između 700 i 1000 m, zavisno od lokaliteta (prilozi 5, 6 i 7). Iz njih se mogu očekivati kapaciteti od 15-20 l/s po jednoj bušotini samoizlivanjem, a primenom potapajućih pumpi oni bi se mogli uvećati za 30-40%. Izlazne temperature vode očekuju se u rasponu od 50-65°C. Kvalitet ovih voda ispitivan je na širem prostoru i on je dosta ujednačen. Vode pripadaju hidrokarbonatno-natrijumskom tipu, ukupne mineralizacije 3-4 g/l. Nemaju sklonost ka stvaranju kamenca na zidovima cevi, a osrednje su agresivni prema metalima i betonu.

U našem slučaju ležišta gornjo pontijske starosti, koja se na području opštine Bečej mogu očekivati u dubinama do oko 950 m, predstavljaju najveći interes.

U okviru paludinskih slojeva u dubinama do oko 700 m zastupljeno je više peskovitih horizonata sa veoma dobrim kolektorskim svojstvima. Debljina ovih horizonata kreće se od 10-20 m. Slojevi peska delimično su izolovani partijama gline i peskovite gline. Imaju široko horizontalno rasprostranjenje i sadrže značajne rezerve termomineralnih voda. Iz njih se samoizlivanjem mogu očekivati kapaciteti od 15-20 l/s po jednoj bušotini, koji se primenom potapajućih pumpi može značajno uvećati. Izlazne temperature vode mogu se očekivati do 50°C. Pripadaju hidrokarbonatno-natrijumskom tipu, ukupne mineralizacije 2-3 g/l. Nemaju izraženu sklonost inkrustaciji i koroziji.

1.4.1.2 Pukotinski tip izdani

U starijim geološkim formacijama, odnosno u stenama miocenske, mezozojske i paleozojske starosti zastupljen je pukotinski tip izdani, odnosno ležišta sa pukotinskim porozitetom. Među

njima značajnu ulogu mogu imati krečnjaci i peščari miocenske starosti, dok ostale formacije nemaju nekog većeg praktičnog značaja.

Miocenski marinski sedimenti javljaju se na dubinama većim od 110 m. Hidrogeološki kolektori predstavljeni su litotamnijским krečnjacima i peščarima. Preovlađuje pukotinski porozitet, dok je primarni u podređenom položaju. S obzirom na heterogeni litološki sastav i prisustvo dvojakog tipa poroziteta, ovde se može govoriti o složenom tipu izdani, odnosno o pukotinsko-zbijenom tipu. Kolektorska svojstva su veoma promenljiva, tako da je veoma teško prognozirati izdašnost. Na osnovu dosadašnjeg iskustva, iz miocenskih organskih krečnjaka i peščara mogu se očekivati izdašnosti reda veličine od 2-3 l/s po bušotini. U ležištima miocenske starosti po pravilu se javljaju povećani ležišni pritisci, koji mogu biti znatno veći od normalnih hidrostatičkih. Termomineralne vode miocenske starosti su visoko mineralizovane, sklone su izdvajanju kamenca i agresivne su na metal i beton. Moguće oblasti primene mogle bi biti balneoterapija.

U okviru fliškog kompleksa gornje krede i paleozojskih stena prisutan je i pukotinski tip izdani. Njegova izdašnost je veoma skromna, tako da nema većeg praktičnog značaja.

1.4.2 Geotermalne karakteristike terena

Temperatura termomineralne vode u ležištu zavisi od dubine zaleganja, geotermnog gradijenta i vrednosti toplotnog toka.

Geotermni gradijent na području opštine Bečej u pliocenskim formacijama iznosi 6.0-6.5°C/100 m i veći je za 10-15% od evropskog proseka. Pri izračunavanju ležišne temperature polazimo od srednje godišnje temperature, koja za ovaj region iznosi 11°C. Vrednosti geotermnog gradijenta dobijene su na osnovu mnogobrojnih merenja na prostoru Vojvodine. Terestrički toplotni tok u Vojvodini nije sistematski ispitivan, ali se na osnovu sporadičnih merenja i naročito na osnovu podataka susednih zemalja, na prostoru opštine Bečej mogu očekivati vrednosti od oko 60 mW/m² koje su za oko 40% veće od vrednosti za Evropski kontinent.

Merenjima u dubokim bušotinama u dubljim geološkim formacijama i proračunima na bazi geotermnih gradijenata, dobijene su temperature za pojedine hidrogeološke horizonte. U miocenskim formacijama registrovane su slojne temperature od 83-114°C u dubinama 1100-1400 m, a u mezozojskim 108-120°C u dubinama 1600-1800 m.

Kako je već rečeno, na području opštine Bečej najinteresantnija ležišta termomineralne vode nalaze se između 700 i 1000 m. Polazeći od geotermnog gradijenta i dubine zaleganja, u ležištima se mogu očekivati temperature od 55-70°C. Gubitak temperature vode od ležišta do površine zavisi pre svega od brzine isticanja, odnosno od kapaciteta bušotine. Praktična iskustva su pokazala da se gubici kreću u rasponu od 5-8%. Prema tome, na području opštine Bečej, sa dubina 700-1000 m mogu se očekivati temperature vode na površini od oko 50-65°C.

1.4.3 Fizičko-hemijska svojstva termomineralne vode

Termomineralne vode na ovom području, kao i na čitavom prostoru Vojvodine, odlikuju se veoma složenim hemijskim sastavom. Posmatrano u celini, zapaža se dobro izražena zonalnost po dubini, odnosno prema stratigrafskoj pripadnosti (tabela 2).

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečež i mogućnost korišćenja u različite svrhe

Tabela 2. Pregled hidrogeoloških i hidrohemijskih parametara dubokih bušotina na širem području opštine Bečež

Oznaka bušotine	Ispitivani interval, [m]	Litološki sastav intervala	Stratigrafska pripadnost	Temperatura u ležištu, [°C]	pH	Suvi ostatak, [g/l]	Ukupna mineralizacija	Formula jonskog sastava	Sadržaj terapeutski aktivnih kom., [mg/l]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bčp-1	401-419	pesak	paludinski slojevi	37	8.2	3.13	4.27	$\frac{HCO_3}{Na_{98}} \frac{Cl_{16}}{Mg_8} \frac{SO_4}{Ca_2} \frac{NH_2}{NH_2}$	*
Bčx-2	825-832	pesak	gornji pont	66	7.3	2.95	3.02	$\frac{HCO_3}{Na_{50}} \frac{SO_4}{Ca_{35}} \frac{Cl_8}{Mg_{12}} \frac{K_3}{K_3}$	H ₂ S = 14.21
Rd-1	855-858	pesak	gornji pont	64	9.0	-	3.44	$\frac{HCO_3}{Na_{97}} \frac{Cl_{46}}{Ca_2} \frac{Mg_1}{Mg_1}$	*
	1340-1350	konglomerat i krečnjak	miocen	93	8.5	24.06	28.04	$\frac{Cl_{68}}{Na_{97}} \frac{HCO_3}{Ca_2} \frac{SO_4}{Mg_1}$	*
Nbi-1	785-797	pesak	gornji pont	60	-	-	5.44	-	*
Bč-2	1050-1053 1076-1079	peščar	donji pont	80	8.5	-	10.49	$\frac{HCO_3}{Na_{98}} \frac{Cl_{32}}{(Ca + Mg)_{12}} \frac{SO_4}{SO_4}$	*
Bg-1	1158-1164 1076-1079	peščar	miocen	83	7.7	13.76	15.73	$\frac{Cl_{68}}{Na_{98}} \frac{HCO_3}{Ca_1} \frac{SO_4}{Mg_1}$	*
	1214	peščar	miocen	87	8.4	10.06	11.49	$\frac{Cl_{66}}{Na_{98}} \frac{HCO_3}{Ca_1} \frac{SO_4}{Mg_1}$	*
	1347-1378	krečnjak	miocen	96	-	-	13.32	$\frac{Cl_{81}}{Na_{94}} \frac{HCO_3}{Ca_5}$	jod
Nb-1	1598-1625	peščar	gornja kreda	108	-	-	17.22	$\frac{Cl_{49}}{Na_{95}} \frac{HCO_3}{Mg_3} \frac{SO_4}{Ca_2}$	*
	1705-1745	fliš	gornja kreda	115	-	> 20	-	-	J = 19 Sr = 19
Bg-1	1725 erupcija	fliš	gornja kreda	114	-	-	13.05	$\frac{Cl_{97}}{Na_{90}} \frac{HCO_3}{(Ca + Mg)_{10}}$	-

Nastavak tabele 2

	1190-1195	peščar	donji pont	85	8.1	11.10	11.36	$\frac{Cl_{68}HCO_{32}^3}{Na_{97}K_2Mg_1}$	J = 22.3
	1316-1325	peščar	donji pont	98	8.0	-	21.64	$\frac{Cl_{73}HCO_{23}^3SO_{14}^4}{Na_{100}}$	*
	1548-1555	peščar krečnjak	miocen	111	8.5	-	12.53	$\frac{Cl_{71}SO_{15}^4HCO_{14}^3}{Na_{92}(Ca+Mg)_8}$	J = 16.5
	1598-1604 1606-1604	krečnjak	miocen	14	8.5	-	24.99	$\frac{Cl_{78}HCO_{22}^3}{Na_{92}(Ca+Mg)_8}$	jod
Ps-1	1681-1688	fliš	gornja kreda	115	8.5	-	24.21	$\frac{Cl_{97}HCO_3^3}{Na_{66}(Ca+Mg)_{b4}}$	jod
	1701-1709	peščar	gornja kreda	117	8.5	-	31.54	$\frac{Cl_{85}HCO_4^3SO_1^4}{Na_{97}(Ca+Mg)_3}$	jod
	1723-1728	fliš	gornja kreda	118	8.5	-	31.04	$\frac{Cl_{87}HCO_{13}^3}{Na_{99}(Ca+Mg)_1}$	*
	1766-1770	fliš	gornja kreda	-	8.5	-	31.05	$\frac{Cl_{87}HCO_{13}^3}{Na_{97}(Ca+Mg)_3}$	jod
Vode današnjih okeana	-	-	-	-	-	-	35.05	$\frac{Cl_{90}SO_9^4HCO_4^3}{Na_{77}Mg_{18}Ca_3K_2}$	-

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe

Tabela 3. Pregled fizičko-hemijskih karakteristika termomineralne vode iz hidrotermalne bušotine Bč-2 iz intervala 889.99-971.00 m

PARAMETAR	"Naftagas", Novi Sad	"Geoinstitut", Beograd	Medicinski fakultet, Novi Sad		Zavod za interne bolesti "Dr V. Godić", Beograd
			I	II	
Boja vode [°Pt skal]	62	80	45	45	-
Mutnoća (SiO ₂)	0.5	2	< 5	< 5	-
pH vrednost	7.80	-	8.5	8.4	8.27
Alkalitet "P" [mval/l]	0	-	0.9	0.8	-
Alkalitet "m" [mval/l]	20.4	-	21.0	20.7	-
Uk. tvrdoća (preračun. na CaO)	9.5	6.6	0.7	2.7	-
Stalna tvrdoća [°dH]	-	-	1.8	0.7	-
Karbonat. tvrdoća [°dH]	9.5	6.6	0.7	2.7	-
Boja vode [°Pt skal]	62	80	45	45	-
Suvi ostatak na 105°C [mg/l]	3749.6	-	3393.0	3269.0	2827.0
Žareni ostatak na 650°C [mg/l]	2980.0	-	2900.0	2719.0	-
Suspendovane materije [mg/l]	3.50	-	9	-	-
Ukupna mineralizacija [mg/l]	4012.3	3857.0	-	-	3590.0
Salinitet Cl ⁻ prer. na NaCl [mg/l]	2279.5	-	-	-	-
Utrošak KmnO ₄ [mg/l]	189	-	29.1	89.7	-
Natrijum Na ⁺ [mg/l]	1330.0	1230.0	1230.8	1218.7	1380.0
Kalijum K ⁺ [mg/l]	9.0	8.2	8.6	7.8	9.3
Kalcijum Ca ²⁺ [mg/l]	15.0	37.8	-	12.7	16.0
Magnezijum Mg ²⁺ [mg/l]	4.6	5.4	-	7.0	11.0
Litijum Li ⁺ [mg/l]	0.03	0.1	-	-	0.1
Amonijum NH ₄ ⁺ [mg/l]	20.0	20.0	6.2	2.7	2.2
Mangan Mn [mg/l]	0.02	0.01	-	-	0.01
Feri jon Fe ³⁺ [mg/l]	0.38	0.1	-	-	-
Fero jon Fe ²⁺ [mg/l]	0.32	0.3	-	-	-
Gvožđe ukupno Fe [mg/l]	0.45	-	0.49	0.36	0.5
Hidrokarbonati HCO ₃ ⁻ [mg/l]	1245.0	976.0	1171.0	1165.0	1268.8
Hloridi Cl ⁻ [mg/l]	1383.0	1377.4	1415.0	1380.0	800.0
Sulfati SO ₄ ²⁻ [mg/l]	0.0	2.0	12.8	19.9	18.5
Nitrati NO ₃ ⁻ [mg/l]	0.15	0.0	2.5	0.0	0.31
Nitriti NO ₂ ⁻ [mg/l]	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0
Jodid J ⁻ [mg/l]	2.85	1.25	-	-	1.51
Bromid Br ⁻ [mg/l]	0.0	20.0	-	-	-
Fluorid F ⁻ [mg/l]	0.9	1.0	-	-	0.96
Stroncijum Sr [mg/l]	1.4	0.65	-	-	0.9
Bor B [mg/l]	10.84	-	-	-	-
Metaborna kiselina HBO ₂ [mg/l]	43.82	45.0	-	-	49.0
Metasilicijumova k. H ₂ SO ₃ [mg/l]	9.09	-	-	-	37.5
Fosfati HPO ₄ [mg/l]	-	-	0.16	0.0	0.25
Silicijum SiO ₂ [mg/l]	0.50	37.0	-	-	-
Slobodni gasovi [m ³ /m ³]	2.13	-	-	-	-
Slobodan ugljen-dioksid CO ₂ [mg/l]	16.55	-	-	-	0.0
Slobodan vodonik-sulfid H ₂ S [mg/l]	-	-	-	-	1.3
Olovo Pb [mg/l]	0.035	0.00	-	-	-
Radijum Ra [Bq/l]	-	-	-	-	-
Hrom Cr [mg/l]	-	0.00	-	-	-
Cink Zn [mg/l]	0.024	0.01	-	-	-
Bakar Cu [mg/l]	0.017	0.00	-	-	-
Uran U [mg/l]	-	0.0004	-	-	-
Fenoli [mg/l]	-	-	0.012	0.005	-
Izdašnost [l/s]	28.3	-	-	-	-
Temperatura vode [°C]	63	-	63	-	62.3

U stenama mezozojske i miocenske starosti preovlađuju visokomineralizovane vode hloridno-natrijumskog tipa. Ove vode pripadaju mešanom tipu vode. Između miocenskih i mezozojskih formacija u podlozi ne postoji hidraulička barijera, tako da je kroz geološku istoriju dolazilo do nesmetanog mešanja miocenskih marinskih slanih voda sa mezozojskim.

Vode miocenske i mezozojske starosti ispitivane su na više bušotina i u različitim nivoima. Treba naglasiti da analize prikazane u tabeli 2 nisu uvek reprezentativne. Naime, neki uzorci vode uzeti su prilikom testiranja (casing testerom) pri čemu nije bilo dužeg dreniranja, a moglo je doći do mešanja slojne vode sa fluidom za bušenje. Zbog toga su interpretirane samo one analize za koje je ocenjeno da su reprezentativne.

U okviru krednog fliša zapaža se da ukupna mineralizacija, kao jedna od osnovnih i naglašenih karakteristika termomineralnih voda, raste sa dubinom; od 17.22 g/l na 1598 m do 31.54 g/l na 1701 m.

U miocenskim vodama izražena je određena zonalnost; vode iz dubokih delova sadrže veću količinu rastvorenih soli, a idući prema mlađim geološkim formacijama količina soli opada. Na 1158 m registrovana je opšta mineralizacija od 15.73 g/l, a na 1340 dobijena je vrednost od 28.04 g/l. Takva slika je logična, kada se zna da su miocenski sedimenti taloženi u pravom marinskom ambijentu, gde se salinitet kretao blizu 30 g/l. Prema tome, u dubljim izolovanim delovima miocenskog kompleksa vode su zadržale približno konatni oblik, dok je u plićim, na kontaktu sa pliocenskim vodama, dolazilo do mešanja sa oslađenim vodama i razblaživanja. Za potrebe ove studije od posebne važnosti je kvalitet vode iz ležišta gornjo pontijske starosti, te će u nastavku njima biti poklonjena posebna pažnja. Kao ilustracija kvaliteta termomineralnih voda gornjo pontijske starosti, prikazane su fizičko-hemijske i balneološke karakteristike vode iz bušotine BČ-2/H (tabela 3).

Boja. Vode gornjo pontijske starosti imaju žućkastu boju zbog povećanog prisustva huminskih materija, čije poreklo je vezano za prisustvo ugljevitih materija i drugih bitumija.

Providnost. Vode su uglavnom nedovoljno prozirne, te ukoliko se koriste za bazene i slične potrebe, neophodna je odgovarajuća tehnološka obrada.

Temperatura. Temperatura vode pontijskih ležišta iznosi 55-70°C u ležištima, a 50-65°C na površini.

Tvrdoća. Na području opštine ima malo podataka o tvrdoći vode, ali na osnovu podataka iz šireg područja može se konstatovati da se radi o mekim i umereno tvrdim vodama. Karakteristično je da se radi uglavnom o karbonatnoj tvrdoći.

pH vrednost. Podaci u tabeli 2 nisu verodostojni i znatno su manji od prikazanih. Ovako visoke vrednosti pH rezultati su merenja pH vrednosti u laboratoriji, a ne na samom terenu, gde je usled transporta i stajanja uzorka vode došlo do nestabilnosti i prelaska hidrokarbonata u karbonate.

Makrokomponente. Prema anjonskom sastavu posebno se izdvajaju dva tipa, hidrokarbonatni i hloridni, koji se mogu pojaviti u dva odnosa, hloridno hidrokarbonatne i hidrokarbonatne-hloridne. U plićim delovima gornjo pontijskog kompleksa preovlađuju hidrokarbonatni, a u baznom delu odnos je približno jednak.

Prema katjonskom sastavu, kao dominantan katjon možemo izdvojiti natrijumski. Katjoni kalcijuma i magnezijuma se pojavljuju u podređenom položaju.

Generalno, može se konstatovati da su u okviru gornjo pontijskog kompleksa dominantne makrokomponente: natrijum, hidrokarbonati i hloridi.

Ukupna mineralizacija ili zbir svih rastvorenih materija u vodi je jedan od najvažnijih faktora za ocenu kvaliteta vode. Mineralizacija u uslovima Panonskog basena je, pre svega, u funkciji dubine zaleganja ležišta i njegove stratigrafske pripadnosti. Sa povećanjem dubine i starosti kolektora mineralizacija se po pravilu povećava. Odstupanja od ovog pravila javljaju se u slučajevima gde se vrši intenzivnija vodoizmena. Na području opštine Bečej, kao i na ostalim terenima Panonskog basena, mineralizacija se sa dubinom i starošću povećava. Zbog toga se vode iz dubljih geoloških formacija, gde vladaju više temperature, ne mogu praktično koristiti. U našem slučaju, ležište koje je odabrano kao najinteresantnije sa aspekta korišćenja ima relativno malu mineralizaciju, koja se kreće u granicama od 3-4 g/l.

Mikrokomponente. Kao stalni pratilac termomineralnih voda javlja se jod u povećanim količinama, maksimalno do 19 mg/l. U slučaju korišćenja termomineralnih voda u balneološke svrhe prisustvo joda je, kao terapijski aktivne komponente, veoma bitno.

Pored joda, kao stalni pratioci termomineralnih voda, pojavljuju se litijum, stroncijum i fluor u različitim oblicima i količinama.

Od terapijski aktivnih komponenata, u termomineralnim vodama gornjo pontijske starosti još se javljaju metaborna i metasilicijumova kiselina i vodonik-sulfid.

Gasni sastav (slobodni i rastvoreni). Prisustvo gasova u termomineralnim vodama Vojvodine je njihova opšta karakteristika i predstavlja posebnu specifičnost. Najčešće se pojavljuju metan, azot i sumporvodoničnik.

Među gasovima prevlađuje metan. Vodi poreklo od razlaganja organske materije. U procesu eksploatacije igra važnu ulogu. Na putu od ležišta do površine terena kroz eksploatacione cevi, dolazi do pada pritiska i oslobađanja rastvorenog metana u vidu mehuranja. U zapljinjenom vodenom stubu u eksploatacionoj koloni, usled toga dolazi do prirodnog "gas-lift sistema" i do povećane visine stuba vode i povećanog kapaciteta bušotine. Na taj način dobija se viši, odnosno "lažni pijezometrijski nivo".

U toku hidrodinamičkih ispitivanja obavezno se meri i količina slobodnih gasova, koja se u internoj terminologiji naziva "gasni faktor". Njime se izražava količina slobodnih gasova u odnosu na količinu zahvaćene vode. Takva vrsta merenja obavljena je na bušotini Bč-2/H u intervalu 890-971 m. Registrovan je gasni faktor od $1.855 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (metar kubni gasa po metru kubnom vode).

Tom prilikom izvršena je i analiza slobodnih gasova. Utvrđen je sledeći komponentalni sastav slobodnog gasa:

- metan (CH_4) = 96.01 % molarnih,
- etan (C_2H_6) = 0.26 % molarnih,
- azot (N_2) = 1.69 % molarnih,
- ugljen-dioksid (CO_2) = 2.04 % molarnih.

Sumporvodoničnik se u termomineralnim vodama javlja u vidu gasa (H_2S) i u vidu jona (HS), a procentualno učešće zavisi od pH vrednosti vode. Na području opštine Bečej sadržaj sumporvodoničnika je registrovan samo na bušotini Bčx-2 na dubini 825-832 m u količini 14.21 mg/l. Međutim, treba napomenuti da na većini bušotina analize na sumporvodoničnik nisu rađene.

Inkrustacija. Sklonost ka taloženju kamenca na zidove bušotina, cevovoda i nadzemnih instalacija zavisi od sastava vode, odnosno od fizičko-hemijskih karakteristika. Vode sa povećanim sadržajem hidrokarbonata, silikata, sulfata i oksida, mogu biti sklone inkrustaciji ukoliko dođe do poremećaja hemijske ravnoteže vode. Do poremećaja hemijske ravnoteže

dolazi na mestima naglog pada pritiska ili u slučaju turbulentnog kretanja vode, zatim u najgornjem delu bušotine (do dubine oko 60 m) gde dolazi do izdvajanja gasova iz vode, u cevovodima na mestima suženja ili proširenja i dr.

U našim uslovima uzrok stvaranja kamenca mogu biti karbonati i sulfati zemnoalkalijske, silikati i oksid i hidrooksid gvožđa.

Vode gornjeg pontaa, koje su uglavnom predmet našeg interesovanja, zbog relativno niske opšte mineralizacije i sadržaja slobodne ugljene kiseline retko su podložne inkrustaciji u meri koja bitno otežava njihovo praktično korišćenje. Kao ilustracija da se radi o stabilnoj vodi niskog stepena agresivnosti, priloženi su podaci Centralne laboratorije "NIS Naftagas"-a (tabela 4).

Tabela 4. Rezultati ispitivanja termomineralne vode iz bušotine Bč-2/H

Osvojeni interval:	889.99 – 943.99 m i 949.86 – 971.00 m
Datum uzimanja uzorka:	08.07.1985. godine
Datum rada analize:	08. i 09.07.1985. godine
Laboratorijska ispitivanja sastoje se od određivanja sledećih osobina vode:	Stabilnost vode prema CaCO ₃ i metalu
	Agresivnost vode prema betonu i metalu
	Taloženje kamenca iz vode
Merenje na terenu:	
Temperatura vode	63°C
pH	7.80
Merenje u laboratoriji:	
pH nakon 24 časa	8.18
pH pri zasićenju sa CaCO ₃ nakon 24 časa	8.18
m – alkalitet	20.50 mol HCl/m ³
n – alkalitet pri zasićenju sa CaCO ₃ nakon 24 časa	20.30 mol HCl/m ³
Ukupna tvrdoća prerač. na CaO	0.64 mol/m ³
Sadržaj kalcijuma (Ca)	14.8 mg/l – 0.37 mol/m ³
Sadržaj magnezijuma (Mg)	6.75 mg/l – 0.27 mol/m ³
Sadržaj gvožđa (Fe)	0.45 mg/l – 0.008 mol/m ³
Sadržaj gvožđa nakon potapanja čelične žice određenog Ø i dužine u toku 24 časa	4.7 mg/l – 0.08 mol/m ³
Hidrokarbonatni CO ₂	451 mg/l – 10.25 mol/m ³
Slobodni CO ₂	16.5 mg/l – 0.37 mol/m ³
Na osnovu terenskih i laboratorijskih merenja dobijeni su sledeći rezultati:	
pH pri ugljeno-kiselinskoj ravnoteži	8.46
CO ₂ pri ugljeno-kiselinskoj ravnoteži	2.15 mg/l – 0.04 mol/m ³
Indeks agresivnosti prema metalu	3.5
Indeks saturacije (I _{sa}) po Langelier-u	0
Indeks stabilnosti (I _{st}) po Ryznar-u	8.24
Koeficijent stabilnosti (C) po Gost-u	1.00
Korozivnost po Gost-u (K)	33 gFe/m ²
Zaključak	
<ul style="list-style-type: none"> – pH pri ugljenkiselinskoj ravnoteži veći je od pH vode, dok je koncentracija CO₂ pri ugljenkiselinskoj ravnoteži znatno manja od koncentracije slobodnog CO₂, što pokazuje da se iz vode ne bi mogao taložiti CaCO₃ i MgCO₃ i da celokupna količina slobodnog CO₂ može da deluje agresivno. – Na osnovu koeficijenta stabilnosti po Gost-u (C=1) i indeksa saturacije (I_{sa}=0) zaključuje se da je voda stabilna prema CaCO₃, odnosno prema betonu i da se neće taložiti kamenac iz vode. – Indeks stabilnosti po Ryznar-u pokazuje da je voda agresivna prema metalu (I_{st}>7). – Na osnovu veličine indeksa agresivnosti prema metalu i korozivnosti po Gost-u zaključuje se da je voda srednje agresivna prema Fe, odnosno prema metalnim površinama. Na agresivnost vode, pored slobodnog CO₂ utiče i ukupan sadržaj mineralnih soli rastvorenih u vodi (4 g/l). 	

Vode iz dubljih geoloških formacija, a naročito miocena i mezozoika, najčešće su podložne izdvajanju kamenca i to u količinama i vremenskim intervalima koji mogu bitno uticati na procese korišćenja.

Rešavanje problema inkrustacije sastoji se ili u preventivnim merama ili u mehaničkom i hemijskom tretmanu. I jedna i druga metoda poskupljuju i ometaju proces proizvodnje, te na to treba ozbiljno računati.

Agresivnost. Sve termomineralne vode Vojvodine sadrže u sebi rastvorene soli i gasove (slobodne i rastvorene). Soli se pretežno pojavljuju u vidu hidrokarbonata i hlorida alkalnih i zemnoalkalnih elemenata, a gasovi kao metan, ugljen-dioksid i sumporvodoničnik. Neke od ovih supstancija deluju agresivno na metal i beton. Naročito su agresivni sumporvodoničnik, ugljen-dioksid i natrijumhlorid. Pored toga, agresivnost pospešuje i povišena temperatura vode.

Vode gornjo pontijske starosti pokazuju mali do srednji stepen agresivnosti (tabela 4). Vode koje pripadaju starijim geološkim formacijama sadrže agresivne materije u znatno većim koncentracijama i imaju znatno nepovoljniji hemijski sastav, izražen kroz natrijum hlorid i sumporvodoničnik i mogu zadavati znatno veće probleme i poskupljivati eksploataciju.

Međutim, sumirajući teškoće koje bi mogle nastati zbog agresivnosti termomineralne vode gornjo pontijske starosti, može se konstatovati da korozija ne bi trebalo da predstavlja neki veći limitirajući faktor, što se ne može reći za termomineralne vode starijih geoloških formacija.

1.4.4 Deponovanje – smeštaj termomineralne vode po iskorišćenju

Pitanju deponovanja, odnosno smeštaju termomineralne vode posle njenog iskorišćenja, mora se pokloniti posebna pažnja, kako ne bi došlo do štetnog uticaja na životnu sredinu.

Ovo pitanje se može rešiti na tri načina:

- deponovanjem vode u površinske vodotoke, reke ili kanale,
- ispuštanjem u prirodne ili veštačke akumulacije, jezera, bare i sl.,
- injektiranjem, odnosno vraćanjem u porozne sredine u podzemlju, putem injekcionih bušotina.

Očigledno je da je najekonomičnije i tehnički najjednostavnije rešenje deponovanje u površinske vodotoke, odnosno reke i kanale.

Zahvaljujući blizini reke Tise, u našem slučaju rešenje odlaganja iskorišćenih termomineralnih voda treba tražiti u tom pravcu. Pri tome, prema postojećoj zakonskoj regulativi, mora se obratiti posebna pažnja na sledeće:

- temperatura vode u recipijentu ne sme se povećati za više od 2°C, niti maksimalna temperatura recipijenta sme preći 28°C;
- vrednost pH u recipijentu mora biti između 6.5 i 8.5;
- upuštanjem termomineralne vode u reku ili kanal ne sme doći do pogoršanja kvaliteta vode u recipijentu, odnosno voda ne sme preći u nižu kvalitetnu klasu;
- voda u recipijentu, posle prijema iskorišćene termomineralne vode, ne sme poprimiti nikakav miris i ukus, niti promeniti boju;
- mora se voditi računa o eventualnim štetnim mikroelementima i stepenu radioaktivnosti.

Polazeći od kvaliteta termomineralnih voda gornjo pontijske starosti, koja je predmet naše opservacije, može se zaključiti da deponovanje tih iskorišćenih termomineralnih voda, zahvaljujući relativno povoljnim fizičko-hemijskim svojstvima i blizini reke Tise, neće predstavljati neki veći problem.

U okviru rešavanja problema deponovanja iskorišćenih (podhlađenih) termomineralnih voda, uobičajeno je da se razmotri i mogućnost reinjektiranja, odnosno vraćanja vode u istu ili neku drugu vodonosnu sredinu u podzemlju.

Ležište iz kojeg se eksploatiše termomineralna voda izgrađeno je od sitnozrnog i srednjezrnog peska. Iz iskustva je poznato da reinjektiranje u ovakvim uslovima nema ekonomskog opravdanja, pre svega zbog vrlo visokih pritisaka za utiskivanje i velikih količina vode. Takođe, po našem mišljenju, nema uslova za reinjektiranje iskorištenih voda u podinskim povlatnim formacijama.

1.5 Geotermalni potencijal područja opštine Bečej

Za realnu procenu geotermalnog potencijala jednog područja veoma je bitan stepen istraženosti tog područja, odnosno stepen poznavanja prostiranja i dubinskih odnosa pojedinih hidrogeoloških struktura, geotermalni i hidrodinamički režim i fizičko-hemijska svojstva termomineralnih voda. To znači da je potreban dovoljan broj dubokih bušotina pravilno raspoređen na istražnom prostoru i da su ispitivanja i interpretacije sveobuhvatno i korektno urađene.

Prvi zaključak, kada je u pitanju područje opštine Bečej, jeste da postoji dovoljan broj dubokih bušotina, ali da nisu ravnomerno raspoređene, odnosno da ne pokrivaju čitav prostor opštine, što se vidi iz priloga 1. Drugi zaključak je, da su izuzev Bč-1/H i u Bč-2/H, sve ostale bušotine "nenamenske" pošto su bušene u cilju istraživanja nafte i gasa.

Činjenica da se konstrukcije hidrotermalnih bušotina bitno razlikuju od konstrukcija bušotina namenjenih za naftu i gas, kao i da imaju drugačiju namenu, predstavlja još jednu poteškoću za procenu geotermalnog potencijala područja. U prilogu 8 data je konstrukcija jedne istražne bušotine za naftu i gas, koja se bitno razlikuje od konstrukcija hidrotermalnih bušotina. Iz tih razloga se negativne naftno-gasne bušotine ne mogu iskoristiti za eksploataciju termomineralnih voda. Ova konstatacija se pre svega odnosi na hidrodinamičke parametre, odnosno na izdašnost i rezerve pojedinih geotermalnih ležišta. U oblasti poznavanja fizičko-hemijskih i balneoloških karakteristika termomineralnih voda, situacija je znatno povoljnija, pošto sastav i kvalitet termomineralne vode u jednom određenom vodonosnom horizontu, odnosno ležištu, ne podležu nekim većim promenama.

Bez obzira na navedene poteškoće i pomanjkanja nekih bitnih podataka, postoji dosta solidna osnova za procenu geotermalnog potencijala u regionalnom smislu. Na području opštine Bečej u proteklom periodu urađena su obimna geofizička ispitivanja i izbušeno više desetina dubokih bušotina. Ipak, područje samog Bečeja, zahvaljujući hidrotermalnoj bušotini Bč-2/H, mnogo bolje je upoznato od ostalog terena opštine. Iz tih razloga, pri proceni geotermalnog potencijala područja opštine, pošlo se pre svega od rezultata dobijenih na toj bušotini, te je u daljem tekstu dat detaljan opis te bušotine i rezultati dobijeni na njoj.

1.5.1 Hidrotermalna bušotina Bč-2/H (Bečej)

Hidrotermalna bušotina Bč-2/H izbušena je u istočnom delu Bečeja, u blizini reke Tise, u krugu Omladinskog sportskog centra "Mladost" (prilog 9). Dala je izvanredne rezultate i predstavlja repernu bušotinu za procenu geotermalnog potencijala na širem prostoru. Njome je zahvaćeno ležište koje se nalazi na dubini od oko 700-1000 m. Ova bušotina je detaljno ispitivana u dužem vremenskom periodu. Dobijeni su sledeći rezultati:

- Godina bušenja: 1985.
- Dubina bušotine: 1020 m
- Zacevljenje: čelična kolona D = 244.5 mm od površine do 726.29 m
- Kaptirani interval: 890-944 m i 947-971 m
- Filterska konstrukcija: čelična, tip "Hidrosonda" D = 144.3/135 mm od 699.64-987.54 m
- Litološki sastav kaptiranog intervala: sitnozrni i srednjezrni pesak
- Stratigrafska pripadnost: gornji pont
- Efektivna debljina hidrotermalnog ležišta: 120 m
- Početna maksimalna izdašnost bušotine na samoizliv: 24.83 l/s
- Statički pritisak na glavi bušotine: 8.9 bar
- Radni pritisak pri Q = 24.83 l/s: 2.28 bar
- Izlazna temperatura vode: 66°C
- Hidrodinamička merenja sa četiri različita kapaciteta (samoizlivno):
 - Q₁ = 9.43 l/s T₁ = 64°C P₁ = 5.92 bar GW₁ = 1.135 m²/m³
 - Q₂ = 17.16 l/s T₂ = 65°C P₂ = 4.12 bar GW₂ = -
 - Q₃ = 24.83 l/s T₃ = 65°C P₃ = 2.50 bar GW₃ = 1.885 m²/m³
 - Q₄ = 25.78 l/s T₄ = 66°C P₄ = 2.28 bar GW₄ = -gde je: Q – kapacitet bušotine
T – izlazna temperatura vode
P – radni pritisak na glavi bušotine
Gw – gasni faktor
- Ukupna mineralizacija: 4 g/l
- Sadržaj NaCl: 2.28 g/l
- Gasni faktor: 1.855 m³/m³
- Sastav slobodnog gasa: CH₄ = 96.01 % mol
C₂H₆ = 0.26 % mol
H₂ = 1.69 % mol
CO₂ = 2.04 % mol
- Sadržaj fenola: 0.006-0.012 mg/l
- Tip vode: HCO₃ – Cl – Na
- Stabilnost vode: voda nije podložna taloženju, a srednje je agresivnosti prema metalima
- Toplotna snaga bušotine pri samoizlivu: za Δt 36 = 3.7 MW
za Δt 41 = 4.3 MW
za Δt 46 = 4.8 MW
za Δt 31 = 3.2 MW
- Toplotna snaga bušotine u pumpanju: za Δt 31 = 5.0 MW
za Δt 36 = 6.0 MW
za Δt 41 = 6.9 MW
za Δt 46 = 7.7 MW

Bušotina Bč-2/H se nalazi u eksploataciji i koristi se u sledeće svrhe:

- OSC "Mladost"
 - zagrevanje celokupnog Omladinskog sportskog centra,
 - zagrevanje vode u zatvorenom bazenu olimpijskih razmera,
 - zagrevanje vode za sanitarne potrebe.
- Jodna banja
 - zagrevanje banjskih prostorija,
 - za banjsko terapijske potrebe.
- Hotel "Bela lađa"
 - zagrevanje hotela,
 - zagrevanje vode za sanitarne potrebe.

Bušotina se nalazi u stalnoj eksploataciji od 1988. godine i u toku celog perioda ponašala se veoma stabilno, bez tendencije pada kapaciteta i pritiska, što ukazuje da se radi o velikom geotermalnom ležištu i značajnim rezervama termalne vode, kao i o dugovečnom radu bušotine u uslovima samoizlivanja.

1.5.2 Hidrotermalna bušotina Bč-1/H (Bečej)

Hidrotermalna bušotina Bč-1/H izbušena je na jugozapadnom delu Starog Bečaja (prilog 10). Dostigla je relativno malu dubinu i nije dala neke značajne informacije o postojanju geotermalnog ležišta. Bušotina nije bila u eksploataciji, a u toku ispitivanja dobijeni su sledeći rezultati:

- Godina bušenja: 1981.
- Dubina bušenja: 503.0 m
- Zacevljenje:
 - D = 323.8 mm do 199.97 m
 - D = 219.1 mm do 369.50 m
- Kaptirani interval: 369.7-442.0 m
- Filterska konstrukcija: 369.73-397.80 m i 412.90-442.00 m
- Litološki sastav kaptiranog intervala: pesak
- Stratigrafska pripadnost: paludinski slojevi
- Efektivna debljina hidrotermalnog ležišta: cca 90 m
- Početna izdašnost bušotine samoizlivanjem: 8.33 l/s
- Statički pritisak na glavi bušotine: 4.75 bar
- Izlazna temperatura vode: 33°C
- Hidrodinamička merenja sa tri različita protoka (samoizlivno):

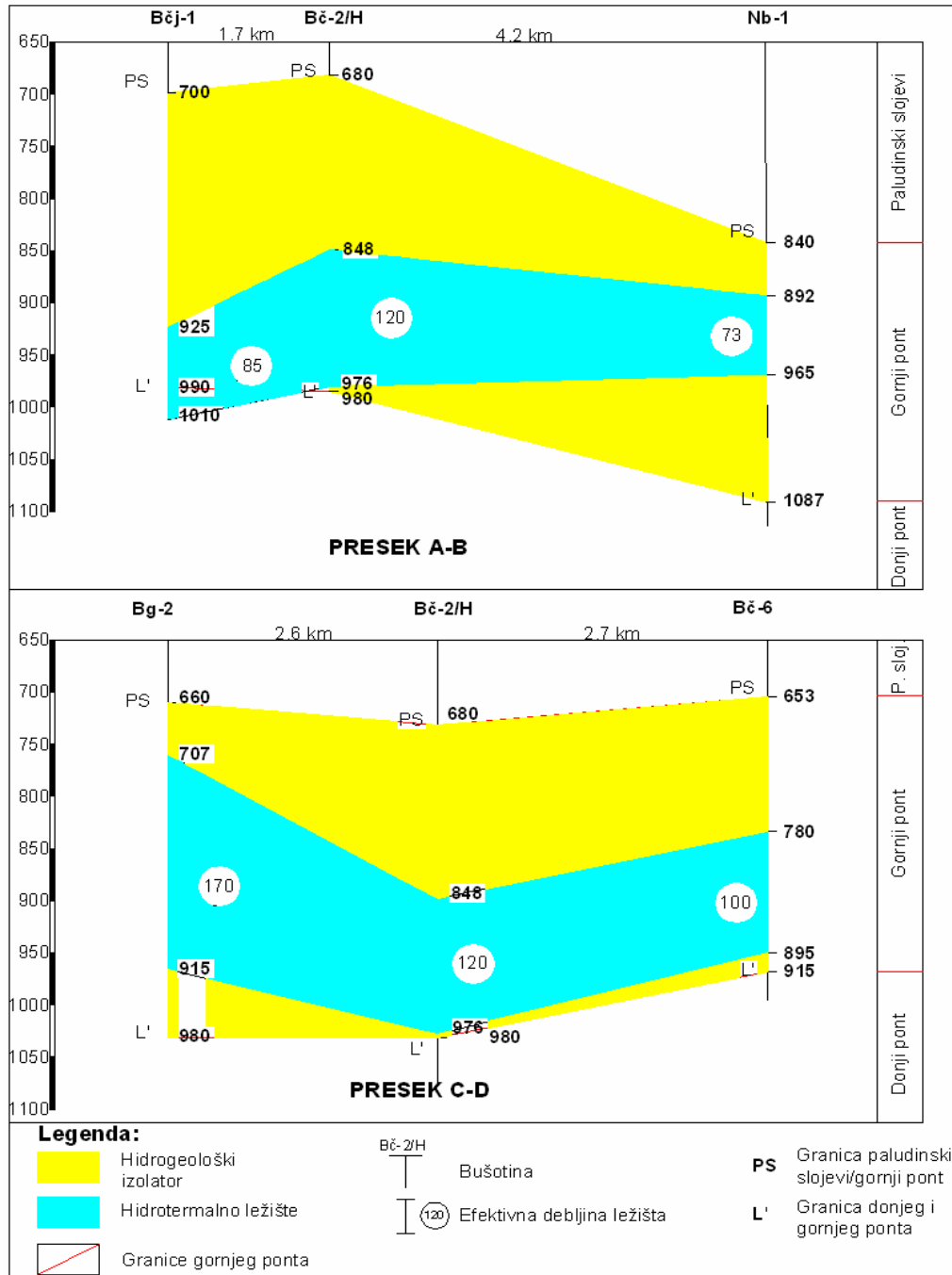
$Q_1 = 3.6$ l/s	$T_1 = 31^\circ\text{C}$	$P_1 = 3.10$ bar	$GW_1 = 1.046$ m ³ /m ³
$Q_2 = 7.05$ l/s	$T_2 = 33^\circ\text{C}$	$P_2 = 2.85$ bar	$GW_2 = 1.137$ m ³ /m ³
$Q_3 = 10.65$ l/s	$T_3 = 33^\circ\text{C}$	$P_3 = 2.61$ bar	$GW_3 = 1.134$ m ³ /m ³
- Geotermiski gradijent: 5.5°C/100 m
- Ukupna mineralizacija: 4.51 g/l

1.5.3 Procena geotermalnog potencijala na području opštine Bečej

Procena geotermalnog potencijala na području opštine Bečej rađena je samo za hidrotermalno ležište gornjo pontijske starosti, koje zaleže na dubini od oko 700-1000 m, zavisno od mesta posmatranja. Treba naglasiti da i na većim i manjim dubinama od ovog

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe

ležišta, postoje hidrotermalna ležišta. Dublja ležišta, pre svega u miocenskim karbonatima i peščarima, pored nepovoljnog fizičko-hemijskog sastava i visoke mineralizacije, sklona su inkrustaciji i koroziji. Plići delovi, iznad 700 m, imaju veoma povoljne hidrogeološke uslove: veliku izdašnost, velike rezerve i odgovarajući kvalitet vode, ali imaju relativno nisku temperaturu, kakav je slučaj na bušotini BČ-1/H. Iz tih razloga, kao najpovoljnija hidrogeološka sredina, odabrano je ležište koje je smešteno u najdonjem delu gornjeg pontaa. Za procenu geotermalnog potencijala, pored podataka sa hidrotermalne bušotine BČ-2/H, korišćeni su i svi objavljeni podaci sa područja opštine Bečej.



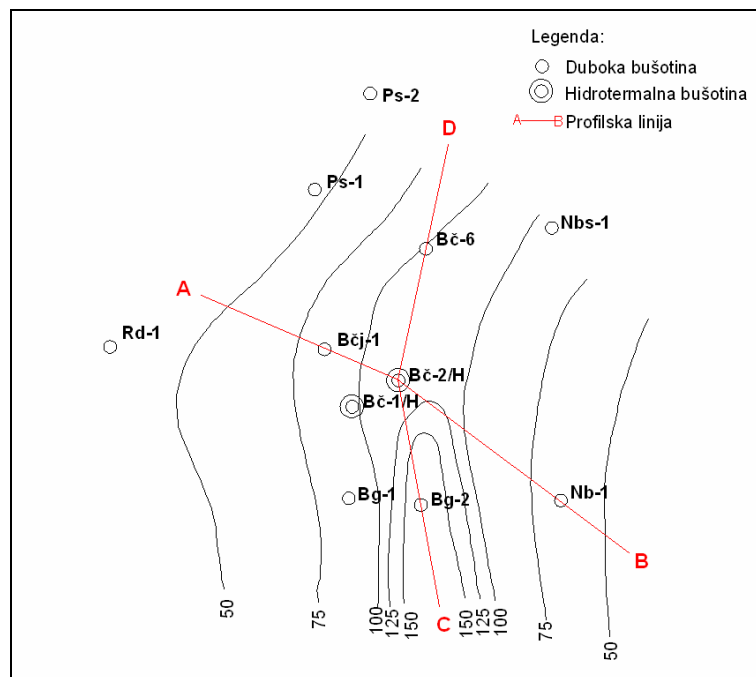
Slika 5. Unakrsni presek hidrotermalnog gornjo pontijskog ležišta na području opštine Bečej

Hidrotermalno ležište otkriveno je bušotinom Bč-2/H. Izgrađeno je od sitnozrnog i srednjezrnog veoma čistog peska, pretežno kvarcnog sastava. Korelacijom podataka sa okolnih bušotina utvrđeno je da ležište ima poluregionalni karakter, odnosno da se prostire na širem prostoru: prema jugu do Bačkog Gradišta, prema severu do Bačkog Petrovog Sela, prema istoku do Novog Bečeja, dok je granica prostiranja prema zapadu, zbog nedostatka podataka ostala nedefinisana. Šematski prikaz razvića i prostiranja ležišta dat je na slici 5. Na profilima se uočava da granice ležišta ni u jednom pravcu nisu zatvorene, odnosno nije okontureno, što znači da se pretpostavlja da je njegovo prostiranje znatno šire od prikazanog.

Treba naglasiti da unutar ležišta u više nivoa postoje sočiva i prosljoci slabije propusnosti, ali u svakom slučaju radi se o jedinstvenoj hidrauličkoj celini.

Ležište se nalazi u okviru kompleksa gornjeg pontaa, odnosno u njegovom baznom delu. Dubina ležišta je promenljiva. Zapaža se da ležište, uglavnom, prati trend kretanja granice između donjeg i gornjeg pontaa.

Razviće, odnosno efektivna debljina ležišta prikazana je na slici 6. Vidljivo je da ležište ima najbolje razviće u pravcu sever-jug. Na prostoru prikazanom na slici 6, od Bačkog Gradišta do Bačkog Petrovog Sela i Novog Bečeja i Radičevića, debljina ležišta varira od 50-170 m.



Slika 6. Karta efektivnih debljina hidrotermalnog ležišta u domenu gornjeg pontaa

Prikaz geotermalnog potencijala, odnosno prikaz rezervi termomineralnih voda dat je u dve varijante, zapreminskim i hidrauličkim proračunom.

1.5.3.1 Zapreminska metoda

Proračun rezervi termomineralnih voda u ležištu po ovoj metodi, svodi se na proračun pornog prostora unutar ležišta izgrađenog od sitnozrnog i srednjezrnog peska. Takvim načinom proračuna mogu se dobiti statičke rezerve termomineralnih voda, koje se po pravilu

ne bi trebale eksploatisati. Međutim, iz domaće i strane prakse je poznato da se statičke rezerve, kako u oblasti termomineralnih, tako i pijaćih voda, u značajnoj meri zahvataju. To je nepobitna činjenica koju potvrđuje konstantan pad pijezometarskog nivoa u mnogim ležištima termomineralnih i pijaćih voda Vojvodine. Prema tome, proračun po ovoj metodi ne samo što daje uvid u veličinu i značaj ležišta, već može imati i praktičan značaj.

Prilikom proračuna rezervi po ovoj metodi uzeta je površina 15x15 km, odnosno prostor na kome je pouzdano registrovano razviće ležišta, što se može videti iz priloga 1 i slike 6.

Rezerve su računane po formuli:

$$Q_v = \frac{Ph\emptyset}{B_w}$$

gde je: Q_{uk} [m³] ukupne rezerve termomineralne vode u ležištu
 P [km²] površina ležišta (225 km²)
 h [km] srednja debljina ležišta (0.1 km)
 \emptyset srednji porozitet ležišta (delovi jedinice – 0.20)
 B_w zapreminski faktor za vodu (1.012)

$$Q_{uk} = \frac{225 \cdot 0.100 \cdot 0.20}{1.012} = 4.45 \text{ km}^3 \text{ ili } 4.45 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

Rezerve dobijene po ovoj metodi pripadaju, kako je već rečeno, kategoriji statičkih rezervi. Da bi se izračunale dinamičke, odnosno eksploatacione rezerve ležišta, neophodno je poznavanje više parametara od kojih je najvažniji onaj koji se odnosi na prihranjivanje, odnosno obnavljanje rezervi. Međutim, taj parametar je kod ovakvih tipova ležišta velika nepoznanica. Za njegovo upoznavanje potrebna su sistematska i dugoročna osmatranja i proučavanja, što u ovom slučaju nedostaje. Zbog toga smo bili prinuđeni da se zadržimo na nivou prognostike.

Na osnovu iskustvenih podataka za ovakav tip ležišta procenjuje se da je starost termomineralne vode u ležištu oko 1000 godina. Iz toga proizilazi da se ukupne rezerve vode u ležištu mogu kompletno obnoviti za 1000 godina. To znači da se u toku jedne godine obnavljaju sledeće količine vode:

$$Q_g = 4.45 \times 10^9 : 1000 = 4.45 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{god.}$$

Prema tome, ove obnovljive količine vode mogu se svrstati u kategoriju eksploatacionih, što znači da se godišnje iz ležišta može eksploatisati (crpsti) količine od $4.45 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Na taj način dolazimo do godišnjeg potencijala celog ležišta, površine 225 km² i srednje debljine 100 m, prikazanog u prilogu 1.

1.5.3.2 Hidrodinamička metoda

Na posmatranoj površini od 225 km², teoretski posmatrano, može se izbušiti preko 200 bušotina na međusobnom rastojanju oko 1 km, u šah-matskom rasporedu. Međutim, za ovakvu pretpostavku neophodno je poznavanje distribucije pritiska i temperature u ležištu, kao i poluprečnik uticaja eksploatacionih bušotina. Pored toga, moraju se ispoštovati i drugi zahtevi koji proističu iz specifičnosti geotermalne energije. Naime, termomineralne vode, kao što je poznato, ne trpe duži transport i ne mogu se akumulirati, te se praktično mogu koristiti na mestu zahvatanja. Radi se o specifičnoj vrsti energije koja se može koristiti u određene

svrhe i na lokalitetima gde postoje povoljni hidrogeološki uslovi. Prema tome, neophodno je da se poklope, odnosno preklope prirodni uslovi i potrebe i interes korisnika.

Pošto u ovom trenutku ne raspoložemo podacima o potencijalnim korisnicima termomineralnih voda, što i nije bio predmet ove studije prinuđeni smo da pođemo od određenih pretpostavki.

Za razliku od zapreminske metode, čiji cilj je bio da prikaže ukupan geotermalni potencijal ležišta na području opštine Bečej, prilaz kod hidrodinamičke metode ima više praktičan značaj. Kod ove metode pošlo se od nekih realnih pretpostavki.

Prva pretpostavka je da bi se postojeći hidrotermalni sistem u OSC "Mladost" u Bečeju, baziran na hidrotermalnoj bušotini Bč-2/H, mogao proširiti sa četiri novo izbušenih hidrotermalnih bušotina, koje bi se povezale u jedan sistem od 5 bušotina.

Druga pretpostavka je da bi se u budućnosti mogao izgraditi još jedan zaseban hidrotermalni sistem i povezati u bateriju od 5 bušotina, za potrebe zagrevanja novog staklenika ili slične potrebe. Lokacija budućeg staklenika, polazeći od prirodnih i drugih uslova, mogla bi se postaviti severno od Bečeja na prostoru Medenjače i Velikog rita ili južno od grada u pojasu postojećih bušotina Bg-1 i Bg-2, između ribnjaka i reke Tise, kako je to prikazano u prilogu 1.

Polazeći od jedne takve realne pretpostavke, pristupilo se sagledavanju raspoloživih količina termomineralne vode za ove dve baterije od po 5 bušotina.

Na osnovu dosadašnjih podataka predviđeno je da se iz jedne hidrotermalne bušotine na području opštine Bečej može prosečno ostvariti izdašnost – kapacitet od 15-20 l/s. Usvojena je srednja vrednost od 17.5 l/s/bušotina ili 63 m³/h/bušotina.

Iz ovoga sledi da se:

- iz jedne bušotine može dobiti termomineralna voda
prosečne izlazne temperature 57.5°C: 63 m³/h/bušotina
- iz 5 bušotina (jedna baterija) iste izlazne temperature: 315 m³/h/5 bušotina
- iz 10 bušotina (dve baterije) iste izlazne temperature: 630 m³/h/10 bušotina

Posmatrano sa energetskog stanovišta hidrotermalne bušotine takvih karakteristika raspoložu sledećom toplotnom snagom:

$$N = Q_v \times c_p \times \Delta t = 17.5 \times 4.1868 \times 32 = 2.35 \text{ MW}$$

gde je:

N [kW]	toplotna snaga bušotine
Q _v [l/s]	kapacitet bušotine
c _p [kJ/kg]	specifična toplota (4.1868 kJ/kgK)
Δt [°C]	temperaturna razlika (57.5-25.5=32°C)

Prema tome, iz jedne baterije od 5 bušotina pod, uslovom da se termomineralna voda podhladi do 25.5°C, toplotna snaga iznosi: 11.75 MW.

Primenom potapajućih pumpi, procenjuje se da bi se toplotna snaga bušotina mogla povećati za 30-50%, a samim tim i cele baterije.

Ukoliko se pođe od pretpostavke da će se u budućnosti realizovati obe baterije od po 5 bušotina i da bi hidrotermalni sistem u toku kalendarske godine radio 160 dana i 18 sati dnevno, to bi zahtevalo sledeće količine termomineralnih voda:

160 dana x 18 sati = 2880 h/god.

Potrebna količina vode za 2 baterije (10 bušotina) iznosi 630 m³/h, što za 2880 h/god. iznosi 1.81x10⁶ m³/god/10 bušotina.

Upoređenjem potrebnih količina vode za 2 baterije (10 bunara) za godinu dana (1.81x10⁶ m³) sa obnovljivim količinama u ležištu za isti vremenski period (4.45x10⁶ m³) proističe da su raspoložive eksploatacione količine vode u ležištu za 2,5 puta veće od potrebnih.

1.6 Moguće oblasti korišćenja

Na osnovu domaćih iskustava i iskustva susednih zemalja, a s obzirom na fizičko-hemijske i geotermalne karakteristike termomineralnih voda iz ležišta gornjo pontijske starosti na području opštine Bečej, vode bi se mogle koristiti u sledeće svrhe:

- u poljoprivredi za zagrevanje staklenika,
- u stočarstvu i živinarstvu za zagrevanje farmi,
- u banjama, sportsko-rekreativnim i turističkim centrima,
- za toplifikaciju banjskih, stambenih, industrijskih i drugih objekata,
- kao sanitarna topla voda u stanovima,
- u industriji kao tehnološka topla voda,
- za sušenje lekovitog bilja i žitarica,
- za uzgoj određenih vrsta riba i dr.

Neki od vidova primene termomineralne vode provereni su kroz našu praksu u izgrađenim hidrotermalnim sistemima. Struktura korišćenja termomineralnih voda u Vojvodini, prikazana u tabeli 5, dosta je široka.

Tabela 5. Struktura korišćenja termomineralnih voda u Vojvodini

Nº	Lokalitet	Korisnik	Svrha korišćenja	Izdašnost, [l/s]	Temperatura, [°C]
1	Bač. Karađorđevo	Vojska Jugoslavije	Zatvoreni bazen	2.2	34
2	Kula	SOFK-a	Otvoreni bazen	9.5	50
3	Kula	Fabrika kože "Eterna"	Tehnološke potrebe	8.3	53
4	Kula	Fabr. štof. "Sloboda"	Tehnološke potrebe	8.5	51
5	Prigrevica	Banja "Junaković"	Zagrevanja, balneoterapija	20.8	54
6	Srbobran	IPK "Elan"	Zagrevanje staklenika	11.7	63
7	Kikinda	Kom. org. "6 oktobar"	Zagrevanja prostorija	6.2	50
8	Kikinda	Farma "Jedinstvo"	Zagrevanje farme	15.2	51
9	Mokrin	DP "Mokrin"	Zagrevanje farme	10.5	51
10	Ban. Vel. Selo	DP "Kozara"	Zagrevanje farme	10	43
11	Palić	RO "Akumulacija"	Otvoreni bazen	12.2	58
12	Palić	Hotelsko-tur. pred.	Zagrevanje hotela	5	45
13	Melenci	Banja "Rusanda"	Balneoterapija	10.3	33
14	Kanjiža	Banja "Kanjiža"	Zagrevanje, balneoterapija	14	65
15	Vrbas	Sportski centar	Zatvoreni bazen	7.8	43
16	Temerin	Mesna zajednica	Otvoreni i zatvoreni bazen	20	41
17	Bač. Petrovac	Institut za hmelj	Zagrevanje staklenika	7.8	45
18	Bečej	OSC "Mladost"	Zagrevanje objekta i dr.	19.4	65

U periodu korišćenja geotermalne energije na prikazanim objektima nije bilo nikakvih problema, havarija, zastoja i sl. Troškovi održavanja hidrotermalnih sistema bili su minimalni. Bušotine su se ponašale veoma stabilno; kapacitet, temperatura vode i fizičko-hemijska svojstva bili su ustaljeni.

Većina hidrotermalnih sistema uspešno radi i danas, međutim, neki sistemi su, u periodu velike ekonomske krize i svojinske transformacije, prestali sa radom. Razlozi prestanka rada ni u jednom slučaju nisu bili hidrogeološke ili tehničko-tehnološke prirode. Stoga se na osnovu dosadašnjeg iskustva u procesu proizvodnje i korišćenja termomineralnih voda može zaključiti sledeće:

- velika pouzdanost i sigurnost funkcionisanja hidrotermalnih sistema,
- veoma niski troškovi održavanja,
- dug vek eksploatacije hidrotermalne bušotine i dr.

Treba, međutim, naglasiti da su problemi ekonomske prirode veoma izraženi, o čemu će kasnije biti više reči.

Sumirajući hidrogeološke i hidrotermalne karakteristike terena, s jedne i potencijalne korisnike termomineralne vode, sa druge strane na području opštine Bečej, možemo konstatovati sledeće:

- da postoje veoma dobri prirodni uslovi za dobijanje termomineralnih voda pogodnih fizičko-hemijskih karakteristika,
- da postoje potencijalni potrošači,
- da se termomineralna voda može višestepeno koristiti i
- da se period eksploatacije bušotine može produžiti na veći deo godine.

1.7 Bazni parametri za definisanje hidrotermalnih sistema na području opštine Bečej (prognoza)

- Površina hidrotermalnog ležišta: 225 km² (prilog 1)
- Debljina ležišta: 50-150 m (prilozi 5, 6 i 7)
- Dubina ležišta: 700-1000 m
- Kapacitet-izdašnost bušotina: 15-20 l/s (54-72 m³/h)
- Izlazna temperatura vode: 50-65°C
- Gasni faktor: 1.2-1.9 m³/m³
- Sastav gasa: metan, 96%
- Način eksploatacije bušotina: samoizlivanje
- Ukupna mineralizacija vode: 3-4 g/l
- Voda nije podložna izdvajanju kamenca
- Voda je srednje agresivna prema metalima
- Tip vode: hidrokarbonatno-hloridno-natrijumski
- Moguće je formirati dva hidrotermalna polja sa po 3 hidrotermalne bušotine u bateriji (raspored je dat u prilogu 1)
- Prosečna cena nove bušotine: 400 €/m¹
- Dubina novih hidrotermalnih bušotina: 900-1000 m
- Ostali parametri bitni za proračun hidrotermalnih sistema dati su u prethodnim poglavljima

1.8 Smernice razvoja daljih istraživanja i korišćenja termomineralnih voda na području opštine Bečej

Područje opštine Bečej ima veoma dobre uslove za dobijanje termomineralne vode pogodnih fizičko-hemijskih i balneoloških karakteristika i sve uslove za njihovo masovnije korišćenje u različite svrhe. U prethodnim poglavljima prikazani su svi osnovni parametri koji treba da posluže za nadogradnju, odnosno za sagledavanje i planiranje budućih hidrotermalnih objekata.

Polazeći od te činjenice naredne aktivnosti bi trebalo usmeriti, pre svega, na izradu katastra potencijalnih korisnika termomineralnih voda na području opštine. Za sagledavanje mogućih korisnika termomineralnih voda studija daje veoma dobru podlogu. Tu se pre svega misli na postojeće banjske, industrijske, poljoprivredne, turističke i druge organizacije, kojima bi trebalo predočiti prirodne mogućnosti prikazane u poglavlju 8. Pri izradi katastra potencijalnih korisnika geotermalne energije naročito treba voditi računa o budućim novim objektima, pošto je uvođenje termomineralne vode u takve objekte znatno jeftinije i tehnički lakše izvodljivo.

Svojevremeno je postojala ideja da se uži centar Bečeja zagreva termomineralnom vodom, ali nikada nije urađena tehno-ekonomska analiza opravdanosti takvog poduhvata, što bi i danas bilo aktuelno. U studiji je prikazano da se na području samog grada, pored postojeće Bč-2/H, može izbušiti još nekoliko hidrotermalnih bušotina i povezati u jedinstveni hidrotermalni sistem. Buduća analiza bi trebalo da pokaže tehničko-tehnološke mogućnosti izgradnje sistema kao ekonomske aspekte poduhvata. Svakako da bi, u ovom slučaju, analiza trebalo da razmotri i mogućnost višestepenog, kaskadnog korišćenja termomineralne vode, pre njenog ispuštanja u reku Tisu. Na primer, u prvoj fazi korišćenje u višem temperaturnom režimu za zagrevanje stanova i objekata, a u drugoj u nižem temperaturnom režimu za banjske i sportsko-rekreacione potrebe ili za uzgoj određene vrste ribe npr. afričkog soma. Pošto rentabilno korišćenje termomineralnih voda podrazumeva korišćenje bušotine u većem delu godine, treba predvideti mogućnost korišćenja geotermalne energije za rashlađivanje prostorija i dr. u letnjem periodu.

U stručnim krugovima vlada mišljenje da bi lokalitet Medenjača i Veliki rit bio idealan za izgradnju staklenika ili čvrstog plastenika za gajenje povrća i drugih poljoprivrednih kultura. Za takvo mišljenje ima više razloga, od kojih ćemo navesti važnije:

- velika izdašnost bušotina i povoljan kvalitet vode,
- blizina reke Tise (ispuštanje iskorišćene termomineralne vode, navodnjavanje kultura i eventualno vodeni transport proizvoda),
- mogućnost višestepenog korišćenja (dogrevanje vode za zalivanje putem izmenjivača toplote u niskotemperaturnom režimu),
- mogućnost korišćenja ugljen dioksida u staklenicima za brži rast i razvoj povrća,
- ekološki čista energija,
- duga tradicija u gajenju povrtarskih kultura na području opštine,
- plodno zemljište,
- mali rizik pri izradi hidrotermalne bušotine i dr.

Alternativni lokalitet za izradu staklenika nalazi se južno od Bečeja u predelu bušotine Bg-2, između reke Tise i ribnjaka, gde bi pri oceni pogodnosti trebalo uzeti u obzir i mogućnost uzgajanja ribe u zimskom periodu zbog blizine ribnjaka.

Na području cele opštine postoje veoma povoljni prirodni uslovi za dobijanje termomineralne vode za sportsko-rekreacione potrebe, uzgoj ribe, balneoterapeutske i druge slične potrebe. Pošto se radi o specifičnom vidu energije, pre ulaska u bilo kakav investicioni poduhvat,

neophodno je uraditi potrebnu hidrogeološku i tehno-ekonomsku dokumentaciju. U oblasti istraživanja i korišćenja geotermalne energije, u prethodnom periodu, može se reći da je na teritoriji Vojvodine dosta urađeno. Međutim, na planu ekonomike, odnosno rentabiliteta korišćenja, s obzirom da je skoro sve radove iz ove oblasti finansirao i izvodio "NIS Naftagas", vrlo malo je urađeno. Ovde se pre svega misli na visoka početna ulaganja, i monopolski položaj izvođenja radova. Karakteristično za ovaj vid delatnosti je da su početna ulaganja visoka, ali da su troškovi održavanja veoma niski, a vek bušotine veoma dug, što znači da se na ovu vrstu energije može računati dugoročno.

Pri korišćenju ove vrste energije, u budućem periodu, smatramo da bi trebalo računati na određene olakšice i subvencije, što je u inostranstvu uspešna praksa za nove vrste energije.

2 KORIŠĆENJE POSTOJEĆIH I OČEKIVANIH POTENCIJALA BUŠOTINA GEOTERMALNIH VODA NA PODRUČJU OPŠTINE BEČEJ

Raniji pregled [16] i praćenje eksploatacije bušotina, tzv. termomineralnih, ili geotermalnih voda (GTV), ukazuje da se na eksploataciju potencijala može gledati kroz tri mogućnosti:

- korišćenje eventualnog gasa iz bušotina,
- korišćenje energije same geotermalne vode,
- supstancijalna eksploatacija same vode.

U našem okruženju dominantno se koristi druga od naznačenih mogućnosti: topla geotermalna voda (GTV) iz bušotine za zagrevanje. Gas iz bušotina ne nalazi se u respektivnim količinama, a tamo gde postoji koristi se na kvalitativno primitivan način – spaljivanjem na licu mesta radi dogrevanja same vode.

Treća komponenta potencijala bušotina, korišćenje vode kao supstance, svedena je na upotrebu vode u banjskim lečilištima pre svega, i rekreativnim centrima sa bazenima; mogućnost da se voda prerađuje do stanja pitke vode je sasvim isključena.

Pregled potencijala bušotina na području opštine Bečej

Prvi zaključak (tačka 1 ove studije), kada je u pitanju područje opštine Bečej, jeste da postoji dovoljan broj dubokih bušotina, ali da nisu ravnomerno raspoređene, odnosno da ne pokrivaju čitav prostor opštine (videti tačka 1, prilog 1).

Drugi zaključak (tačka 1 ove studije) je, da su izuzev Bč-1/H i u Bč-2/H, sve ostale bušotine "nenamenske" pošto su bušene u cilju istraživanja nafte i gasa. Konstrukcije hidrotermalnih bušotina bitno se razlikuju od konstrukcija bušotina namenjenih za naftu i gas, te se negativne naftno-gasne bušotine ne mogu iskoristiti za eksploataciju termomineralnih voda. Ova konstatacija se uglavnom odnosi na hidrodinamičke parametre, odnosno na izdašnost i rezerve pojedinih geotermalnih ležišta. U oblasti poznavanja fizičko-hemijskih i balneoloških karakteristika termomineralnih voda, situacija je znatno povoljnija, pošto sastav i kvalitet termomineralne vode u jednom određenom vodonosnom horizontu, odnosno ležištu, ne podležu nekim većim promenama.

Bazni parametri geotermalnih bušotina na području opštine Bečej (prognoza)

- Površina hidrotermalnog ležišta: 225 km² (prilog 1)
- Debljina ležišta: 50-150 m
- Dubina ležišta: 700-1000 m
- Kapacitet-izdašnost bušotina: 15 -20 l/s (54-72 m³/h)
- Izlazna temperatura vode: 50-65°C
- Gasni faktor: 1.2-1.9 m³/m³
- Sastav gasa: metan, 96%
- Način eksploatacije bušotina: samoizlivanje
- Ukupna mineralizacija vode: 3-4 g/l
- Voda nije podložna izdvajanju kamenca
- Voda je srednje agresivna prema metalima
- Tip vode: hidrokarbonatno-hloridno-natrijumski
- Prosečna cena nove bušotine: 400 €/m
- Dubina novih hidrotermalnih bušotina: 900-1000 m
- Moguće je formirati dva hidrotermalna polja sa po 3 hidrotermalne bušotine u bateriji

Smernice za izbor mogućih korisnika geotermalnih voda

Izbor mogućih korisnika, kao i strategije eksploatacije potencijala bušotina geotermalnih voda (GTV), pre svega korišćenja same GTV, treba tražiti u preporukama datim tzv. Lindal dijagramom, tabela 6. Prema dijagramu, izbor korisnika zavisi od nivoa resursa, tj. temperature raspoložive GTV, ili obrnuto: temperatura raspoložive GTV diktira izbor potencijalnog korisnika. Takođe, dijagram implicitno sugeriše i strategiju eksploatacije raspoloživih resursa GTV, a to je kaskadno, ili sukcesivno korišćenje potencijala od najvišeg do najnižeg nivoa.

Tabela 6. Uobičajene oblasti korišćenja potencijala geotermalne vode zavisno od njene temperature (tzv. Lindal dijagram)

Mašinski delovi									industrija
Pranje vune i tkanina									
Reciklaža ulja									
Tretman betona i blokova									
Digestija muljeva									
Tehnologija bakra									
Ribnjaci									agroindustrija
Grejanje tla									
Tehnologija hrane									
Staklenici									
Rasadnici									
Peletiranje stočne hrane									
Toplotne pumpe									grejanje i klimatizacija
Topla potrošna voda									
Zračeći paneli									
Radijatori									
Topljenje snega i leda									
Plivališta, bazeni									paheoterapija
Banjski tretmani, terapija									
	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	

Na osnovu domaćih iskustava i iskustva susednih zemalja, a s obzirom na fizičko-hemijske i geotermalne karakteristike termomineralnih voda iz ležišta gornjo pontijske starosti na području opštine Bečej, vode bi se mogle koristiti u sledeće svrhe:

- u poljoprivredi za zagrevanje staklenika,
- u stočarstvu i živinarstvu za zagrevanje farmi,

- u banjama, sportsko-rekreacionim i turističkim centrima,
- za toplifikaciju banjskih, stambenih, industrijskih i drugih objekata,

- kao sanitarna topla voda u stanovima,
- u industriji kao tehnološka topla voda,

- za uzgoj (određenih) vrsta riba i dr.

Neki od vidova primene termomineralne vode provereni su kroz našu praksu u izgrađenim hidrotermalnim sistemima. Struktura korišćenja termomineralnih voda u Vojvodini, prikazana u tabeli 5 (glava 1 ove studije), dosta je široka.

U okviru ove teme korisnici (potrošači) su već sugerisani konkretnim zadacima, naznačenim poglavljima 2.1 do poglavlja 2.4.

2.1 Korišćenje prirodnog gasa iz bušotina geotermalnih voda

Korišćenje prirodnog gasa uglavnom ne zavisi od njegovog porekla, te svaki prirodni gas, makar dobijen eksploatacijom bušotina geotermalnih voda (pod uslovom da se izdvoji, pripremi i ponudi na uobičajen način), po sebi nije bolji niti je lošiji od gasa iz komercijalne distributivne mreže.

Korišćenje prirodnog gasa uopšte – nezavisno od njegovog izvora, nije predmet ove studije. Iz konteksta naslova i sadržaja studije očigledno je da se treba ograničiti na razmatranje:

- korišćenja gasa prevashodno na "licu mesta" (kao prve komponente potencijala bušotine), *istovremeno* sa
- korišćenjem energije tople geotermalne vode (kao druge komponente potencijala bušotine).

Nužnost *istovremene* procene i eksploatacije obe spomenute komponente potencijala bušotina proističe iz činjenice da su one tokom angažovanja resursa (bušotine) dostupne samo istovremeno i nerazdvojno. Naime, prirodni gas iz geotermalnih bušotina može da se dobije tek separacijom vode i gasa iz bušotine, odnosno izdvajanjem rastvorenog gasa iz vode. Njegovo izdvajanje vezano je dakle za izlivanje vode u osetnim količinama, i to tople vode (od 50-60°C, prema podacima s početka). Sama topla voda (GTV) je takođe potencijalno upotrebljiva za različite svrhe (videti Lindalov dijagram ranije, tabela 6). Prema tome prirodno je da se eksploatacija izdvojenog gasa razmatra istovremeno sa eksploatacijom same GTV, dakle da se razmatra eksploatacija **ukupnih potencijala bušotine**.

Iz spomenutih razloga će se neposredno dalje upravo proceniti ukupni potencijali na osnovu postojećih i prognoziranih resursa.

2.1.1 Potencijalni resursi prirodnog gasa iz bušotina na području opštine Bečej

Na osnovu pregleda baznih parametara na području opštine Bečej (tačka 1 studije, ili s početka tačke 2) operiše se sa sledećim, ovde relevantnim podacima:

- Kapacitet-izdašnost bušotina: 15-20 l/s (54-72 m³/h)
- Izlazna temperatura vode: 50-65°C
- Gasni faktor: 1.2-1.9 m³/m³
- Sastav gasa: metan, 96%
- Način eksploatacije bušotina: samoizlivanje

Količine gasova zavise od kapaciteta bušotine i tzv. gasnog faktora. Toplotne moći gasova zavise pak od njihovog hemijskog sastava, i za očekivani hemijski sastav operiše se sa osrednjom gornjom toplotnom moći gasa od oko 35,000 kJ/m_n³. Sa ovakvim podacima dobijaju se rezultati dati sledećom tablicom.

Protok na bušotini		Gasni faktor	Protok gasa	Snaga sag. gasa
[m ³ /h]	[kg/s]	[m _n ³ /m ³]	[m _n ³ /h]	[kW]
54	15	1.2	64.8	630.0
		1.9	102.6	997.5
72	20	1.2	86.4	840.0
		1.9	136.8	1330.0

Od izdvojenog gasa treba, dakle, očekivati snagu od 630 do 1,330 kW. Raspolaganje ovakvim snagama podrazumeva "izlivanje" od oko 54 do 72 m³/h tople vode (GTV).

GTV se mora kupiti (ili prodati) ako se želi korišćenje gasa, te je razumno da se iskoristi što je moguće bolje. Može da se iskoristi kao izvor energije, a naknadno i kao supstanca kada može da se koristi u banjskim objektima. Takođe, može da se priprema do stanja pitke vode, međutim zahtevima ove studije takva mogućnost nije eksplicitno zahtevana, niti nagoveštena. Stoga se ovde procenjuju samo opsezi raspoloživih energija same GTV.

Raspoloživa snaga GTV zavisi od temperature vode na izlivu bušotine, ali i od temperature do koje ona može da se ohladi. Ova temperatura hlađenja, po sadašnjoj metodologiji računanja toplotne snage bušotine koju primenjuje JP "NIS Naftagas" je 25°C. Razlog za to je, verovatno, što su do sada primenjena rešenja u Vojvodini omogućavala maksimalno hlađenje vode do oko 25°C. Naznačeni kapaciteti i izabrana temperatura hlađenja daju rezultate prikazane sledećom tablicom.

Protok na bušotini		Temperatura na izlivu	Snaga GTV, hlađenjem	
[m ³ /h]	[kg/s]		do 25°C	do 15°C
		[°C]	[kW]	[kW]
54	15	50	1571.3	2199.8
		65	2514.0	3142.5
72	20	50	2095.0	2933.0
		65	3352.0	4190.0

Kako se vidi, hlađenjem GTV samo do 25°C treba očekivati snage u opsegu od 1,570 do 3,350 kW.

Ukupna istovremeno raspoloživa snaga eksploatacijom bušotina, snaga od gasa i hlađenja GTV, je dakle u opsezima od 2,200 do 4,680 kW, i to po sledećoj strukturi:

sagorevanjem gasa: 630 do 1,330 kW (visokopotencijalna energija)
 hlađenjem GTV: 1,570 do 3,350 kW (energija niskotemperaturnog potencijala)

ukupno: 2,200 do 4,680 kW

Pod pretpostavkom da se ovi resursi koriste u postrojenjima sa realno očekivanom godišnjom angažovanosti od oko 6,200 h/a, to bi značilo da je raspoloživo od 2,200x6,200=13,640,000 kWh/a do od 4,680x6,200=29,016,000 kWh/a.

Naravno ovo je moguće samo ako se od slučaja do slučaja nađu pogodni i zainteresovani potrošači energije na "licu mesta", jer nikakav transport GTV na velike daljine (sudeći prema svetskim iskustvima) nije tehno-ekonomski opravdan [16].

Poznato je (glava 1 studije) da je uže područje Bečeja okarakterisano dobrim potencijalima geotermalnih bušotina, što sugerise da u perspektivi treba imati u vidu mogućnost spajanja različitih bušotina u baterije. U tom smislu za sada postoje dve bušotine, Bč-1/H i Bč-2/H, sa svojstvima da su:

- bogate rastvorenim gasom,
- relativno bliske međusobno (na rastojanju manjem od 1,000 m), i takođe,
- praktično u velikom naselju – Bečej.

Osim toga, to su dve sasvim različite bušotine po temperaturnim potencijalima same GTV: jedna (Bč-1/H) je na donjoj granici, a druga (Bč-2/H) na sredini opsega primenljivosti i to tzv. nisko temperaturnih GTV. Stoga će ove bušotine biti ovde referentne u razmatranju daljih postavljenih zahteva.

2.1.2 Postojeći referentni resursi opštine Bečej (Bč-1/H, Bč-2/H)

Hidrotermalna bušotina Bč-1/H izbušena je na jugozapadnom delu Starog Bečeja, u krugu fabrike "Flora". Dostigla je relativno malu dubinu i nije dala neka značajna saznanja o postojanju geotermalnog ležišta. Bušotina nije bila u eksploataciji, a u toku ispitivanja dobijeni su sledeći rezultati merenja:

Hidrodinamička merenja sa tri različita protoka (samoizlivno).

Protok na izlivu, [l/s]	Temperatura na izlivu, [°C]	Pritisak na izlivu, [bar]	Gasni faktor, [m ³ /m ³]
3.60	31	3.10	1.046
7.05	33	2.85	1.137
10.65	33	2.61	1.134

Hemijski sastav slobodnog gasa: CH₄ = 91.80 %mol,
CO₂ = 7.11 %mol.

Za date hemijske sastave gasova na bušotini toplotne moći gasova su 36,754/33,034 kJ/m_n³ (45,349/40,762 kJ/kg).

Protok na bušotini		Gasni faktor	Protok gasa	Snaga sag. gasa (prema DTM)
[m ³ /h]	[kg/s], [l/s]	[m ³ /m ³]	[m ³ /h]	[kW]
38.34	10.65	1.134	43.48	398.98

Protok na bušotini		Temperatura na izlivu	Snaga GTV, hlađenjem	
[m ³ /h]	[kg/s]		do 25°C	do 15°C
		[°C]	[kW]	[kW]
38.34	10.65	33	356.99	803.22

Problematika eksploatacije bušotine Bč-1/H nikad nije, koliko je poznato, razmatrana u pojedinostima.

Hidrotermalna bušotina Bč-2/H izbušena je u istočnom delu Bečeja, u blizini reke Tise, u krugu Omladinskog sportskog centra "Mladost". Hidrodinamička merenja sa četiri različita kapaciteta (samoizlivno), dala su sledeće rezultate:

Protok na izlivu, [l/s]	Temperatura na izlivu, [°C]	Pritisak na izlivu, [bar]	Gasni faktor, [m ³ /m ³]
9.43	64	5.92	1.135
17.16	65	4.12	-
24.83	65	2.50	1.855
25.78	65	2.28	-

Sastav slobodnog gasa: CH₄ = 96.01 %mol,
C₂H₆ = 0.26 %mol,
H₂ = 1.69 %mol,
CO₂ = 2.04 %mol.

Za date sastave gasova na bušotini, toplotne moći gasova su 38,433/34,545 kJ/m_n³ (51,138/45,965 kJ/kg).

Protok na bušotini		Gasni faktor	Protok gasa	Snaga sag. gasa (prema DTM)
[m ³ /h]	[kg/s]	[m ³ /m ³]	[m ³ /h]	[kW]
89.3	24.8	1.85	165.21	1585.33

Protok na bušotini		Temperatura na izlivu	Snaga GTV, hlađenjem	
[m ³ /h]	[kg/s]		do 25°C	do 15°C
[m ³ /h]	[kg/s]	[°C]	[kW]	[kW]
89.3	24.8	65	4156.48	5195.60

Bušotina Bč-2/H nalazi se u eksploataciji i koristi se u sledeće svrhe:

- OSC "Mladost" (OSC)
 - zagrevanje celokupnog Omladinskog sportskog centra,
 - zagrevanje vode u zatvorenom bazenu olimpijskih razmera,
 - zagrevanje vode za sanitarne potrebe.
- Dom zdravlja "Dr Predrag Hadnađev" – Jodna banja, (DZ, JB)
 - zagrevanje banjskih prostorija,
 - za banjsko terapeutske potrebe.
- Hotel "Bela lađa" (BL)
 - zagrevanje hotela,
 - zagrevanje vode za sanitarne potrebe.

Ovaj konzum ima sledeće karakteristike (za detalje strukture opterećenja videti prilog 11).

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe

OSC	Indirektno korišćenje	grejanje	2,000	kW
	Direktno korišćenje	4 otvorena bazena	-	kW
DZ	Indirektno korišćenje	grejanje	800	kW
	Direktno korišćenje	terapeutski bazen i kade	-	
BL	Indirektno	grejanje	1,500	kW
Ukupno projektovana snaga za grejanje:			4,300	kW

Projektovani kapaciteti veći su od ovde procenjenih raspoloživih (4,300 > 4,156.48 kW) sa hlađenjem vode do 25°C. Razlog je u činjenici što se projekat oslanjao na temperaturu ulazne vode od oko 75°C (umesto ovde 65°C), što dovodi do kapaciteta koji očigledno zadovoljavaju projektovana opterećenja:

Protok na bušotini		Temperatura na izlivu	Snaga GTV, hlađenjem	
[m ³ /h]	[kg/s]		do 25°C	do 15°C
89.3	24.8	75	5195.6	6234.72

Mogućnost podizanja temperature vode nakon izlivanja, a pre upotrebe, sa 65°C na oko 75°C ostvarena je instalacijom separatora-degazatora-kontaktne dogrejača GEOMIX na izlivu bušotine. Sagorevanjem separisanog gasa na "licu mesta", u degazatoru, produkti sagorevanja dovode se neposredno u kontakt sa vodom, koja se tako dogreva pre upotrebe.

Iskustva u korišćenju bušotine Bč-2/H u spomenutim objektima pokazuju da je grejanje bilo dobro do temperature spoljnog vazduha od -5°C, dok je temperatura dolazne vode bila 63°C, jer je radijatorsko grejanje projektovano za sistem 90/70°C. Već duže vreme temperatura geotermalne vode na ulazu u razmenjivače je oko 52°C što u hladnim zimskim danima stvara teškoće. Ovaj problem u radu sistema tokom oštih zimskih dana je sasvim ozbiljan, jer objekti nemaju postrojenja za vršno grejanje.

2.1.3 Osvrt na eksploatacije bušotina na području opštine Bečej

U vezi sa problemom korišćenja gasa iz bušotina geotermalnih voda, i uopšte sa strategijom eksploatacije svih komponenta potencijala bušotina ovakve vrste, u ranijim studijama razmatrana je sledeća problematika [17], [18]: korišćenje potencijala GTV za različite svrhe u lokalnim okvirima, a gas sa kojim se računalo predviđen je za korišćenje u instalacijama:

- sa vršnim i baznim dogrejačima u sezoni grejanja,
- sa dogrejačima tople potrošne vode (TPV),
- sa motorima SUS i gasom kao pogonskim energentom u kogenerativnim postrojenjima.

U studijama su razmatrane instalacije sa malim investicijama, i malim rekonstrukcijama postojećih instalacija. Takođe, razmatrane su i različite varijante složenih postrojenja za potpuno iskorišćavanje potencijala bušotina. Predlozi složenijih struktura podrazumevale su uvek kogenerativno postrojenje (konkretno gasni motor SUS – za korišćenje gasa) i toplotnu pumpu (za naknadno hlađenje vode do oko 15°C).

Instalacije sa gasnim motorima očekivano su bile skuplje, s jedne strane, a s druge strane davale su mogućnost proizvodnje električne energije kako za sopstvene potrebe, tako za potencijalni plasman na tržište. Ova druga mogućnost u našim uslovima nije jasno regulisana i malo je verovatna bar u dogledno vreme, te stoga treba da se računa samo na

korišćenje proizvedene energije za interne potrebe postrojenja. To je sugerisalo da se kao toplotna pumpa predvidi kompresiona rashladna mašina (tj. kompresiona toplotna pumpa KTP), gonjena upravo proizvedenom električnom energijom.

Umesto KTP u ranijim studijama mogla je, tehnički gledano, da bude instalisana alternativno apsorpciona toplotna pumpa (ATP). Koristila bi tzv. "otpadnu" toplotu gasnog motora SUS, a sav "višak" električne energije bi odlazio na tržište. Međutim, apsorpciona toplotna pumpa (ATP) je skuplja od KTP, a proizvedena struja je po ceni nepovoljna za tržište.

Ni u jednoj varijanti postojećih studija nisu, dakle, uzete u razmatranje instalacije sa apsorpcionim toplotnim pumpama (ATP), niti analiza njihovih implikacija na visinu investicionih troškova. Osnovna ideja u ovoj studiji je da se prethodne studije upotpune upravo ovakvom varijantom: instalacijama sa apsorpcionim toplotnim pumpama (ATP).

Sav gas raspoloživ kod bušotina će biti upotrebljen za pogon ATP, i to korišćenjem toplovodnog kotla (TVK) u funkciji pogona ATP, ali i kao vršnog dogrejača. Neće biti gasnog motora SUS (niti drugih još skupljih kogenerativnih postrojenja), pošto se ne očekuje zadovoljavajuća potražnja za proizvedenom električnom energijom. Očekuje se da se ovakvim rešenjem osetno snize pre svega investiciona ulaganja u opremu, pošto eliminacija motora daleko više snižava troškove nego što instalacija ATP ima veće troškove u odnosu na KTP. Osim toga, zahtev za energijom iz električne mreže je praktično sveden na minimum potreba.

Varijante koje se razrađuju u vezi sa temom korišćenja gasa iz bušotina, predviđaju kako mogućnost hlađenja (zahtevana analiza u okviru ove studije, poglavlje 2.2), tako i mogućnost zagrevanja u sezoni grejanja: grejanje objekata, plastenika i staklenika, bazena (što je opet zahtevano u okviru ove studije, poglavlje 2.3 i 2.4), i sl., konačno i pripremu tople potrošne vode. Stoga će sama upotreba **gasa** biti razmatrana integralno kroz odgovarajuće celine – nikako zasebno (kako je naslovom zahtevano).

2.2 Korišćenje potencijala bušotina geotermalnih voda primenom toplotne pumpe za potrebe hlađenja u letnjem periodu

Hlađenje može da se obavlja samo rashladnim mašinama (toplotnim pumpama). Ako se misli na korišćenje toplotne energije **samo geotermalne vode**, takva energija nije prihvatljiva za neposredni pogon rashladnih mašina (toplotnih pumpi). Bez ulaženja u detalje napomenimo samo sledeće:

Postoje dve tehničke mogućnosti toplotne pumpe: gonjene motorom (elektro, ili SUS, turbinom i sl.), i gonjene toplotom (svakom vrstom toplote: spaljivanjem goriva, zatim tzv. otpadnom toplotom i sl.). Prve, dakle, podrazumevaju raspolaganje mehaničkom snagom (ili električnom energijom), a druge raspolaganje toplotom.

Kompresione mašine, gonjene motorom, ako računaju na korišćenje GTV obavezno računaju na konverziju energije GTV bar u mehaničku snagu. Takva konverzija za naše uslove nije prihvatljiva. Apsorpcione mašine, gonjene toplotom, ako računaju na korišćenje GTV tehno-ekonomski nisu prihvatljive: komercijalne ARM sa temperaturnim potencijalom naših GTV nisu jednostavno dostupne na tržištu.

Ponavlja se i naglašava: reč je o mogućnostima komercijalnih rešenja. Samo ako se razviju rešenja toplotnih pumpi za tzv. "predgrevanje" potencijalom GTV u mogućem opsegu, tada se neposredno može računati na ovu toplotnu energiju "skromnog" potencijala. Sa teorijskog i praktičnog stanovišta ovo je rešiv problem: razvoj sopstvenih rešenja (koja su problem

izvan ovog konteksta), ili specijalna narudžba od nekog mogućeg proizvođača (što opet izlazi izvan konteksta teme – misli se na cene, aranžmane i slično).

Prema tome, sa aspekta nametnutih zahtevom u tekstu Projektnog zadatka, o mogućnostima hlađenja korišćenjem samih GTV nema govora u nekim razumnim tehnno-ekonomskim okvirima. Ako se, međutim, naslov (tj. zahtev) preinači i formuliše kako je predloženo, tada se otvara nova mogućnost kod razmatranja problema hlađenja. Reč je, naime, o tome da kada bušotina raspolaže i respektivnim količinama gasovitog goriva (prirodnog gasa), to otvara kvalitativno nove mogućnosti.

Sasvim konkretno: postojanje prirodnog gasa nudi široke mogućnosti izbora komercijalnih proizvođača mehaničke snage za pogon kompresionih rashladnih mašina (npr. gasno turbinskih postrojenja sa mikroturbinama, gasnih motora SUS,...). Samo tada može da se računati na eksploataciju naših bušotina (a ne samih geotermalnih voda), i odluka o varijanti mogućnosti hlađenja je sada više tehno-ekonomske procene, a ne teorijske. Razume se, upotreba komercijalne električne energije (EE) je moguća alternativa, ali je tada eksploatacija potencijala bušotine praktično isključena, te stoga izlazi iz konteksta teme. Cela ova problematika je detaljno razmatrana i obrazlagana u ranijim studijama spomenutim u poglavlju 2.1.3.

Dalje, postojanje prirodnog gasa daje mogućnost jednostavne realizacije nužne toplotne energije za pogon ARM. Naime, jednostavnim spaljivanjem raspoloživog gasa ostvaruje se potrebna toplota. Spaljivanje može da se obavi u integrisanom kotlu mašine u komercijalnoj izvedbi, ili u posebnom kotlu za pripremu toplote (obično zagrevanjem vode, koja zatim greje ATP). Ovo je termodinamički najlošija varijanta, ali ekonomski gledano najjeftinije rešenje. Postoji i druga mogućnost sa efektima dijametralno suprotnim prethodnoj. To je varijanta sa kogenerativnim postrojenjem (recimo gasnim motorom SUS). Konkretno, raspoloživi gas se koristi za energetska postrojenja dominantno, a otpadna toplota takvog postrojenja se koristi na nižem nivou (potrebnom nivou) za pogon ATP.

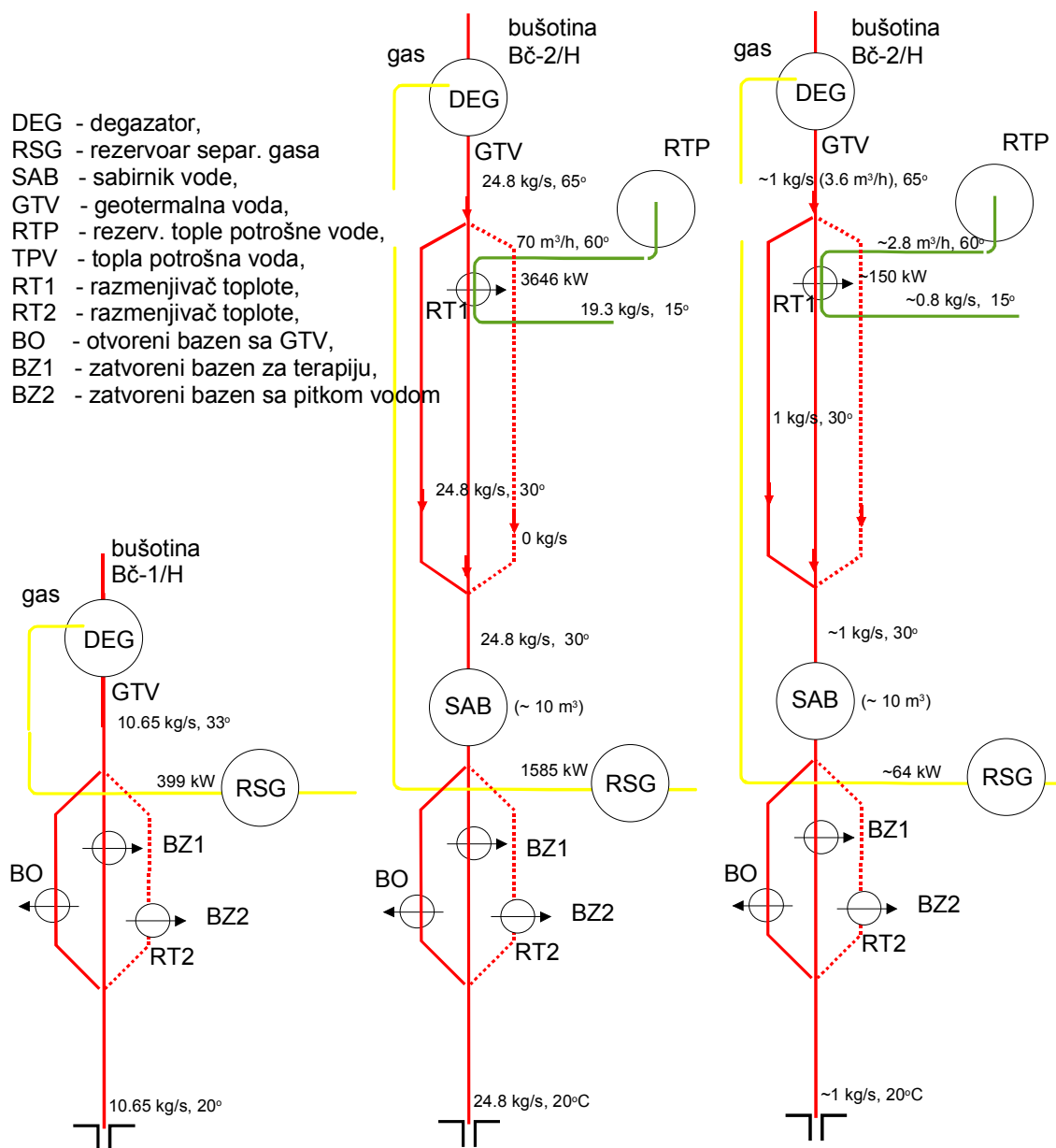
Produžavamo razmatranje saglasno korigovanom zahtevu, i saglasno tome zaključujemo: mogućnosti za hlađenje objekata se sužavaju samo na malo (ovde će biti razmatrane samo dve) bušotine sa respektivnim količinama gasa. Prema našim saznanjima tipične bušotine takve vrste su Bč-1/H i Bč-2/H.

2.2.1 Pregled potreba i mogućnosti hlađenja u letnjem periodu: referentne bušotine Bč-1/H i Bč-2/H

Pošto se razmatra samo potreba hlađenja objekata u letnjem periodu (hladnjače su isključene), napomenimo da se u sezoni hlađenja (leti) računati na oko 1,400 h/a (sati na godišnjem nivou) angažovanja rashladne mašine.

Praksa pokazuje da je topla GTV, sa temperaturama ispod 100-110°C, neprihvatljiva kao potencijal za pogon komercijalno raspoloživih apsorpcionih rashladnih mašina (ARM). Pogonski potencijal može ovde da bude već samo separisani i pripremljeni gas iz bušotina. Separacija gasa podrazumeva izlivanje vode, i bilo bi razumno da se uz gas (potreban za ARM) iskoristi i potencijal same GTV. Jedan od predloga korišćenja tople GTV u sezoni hlađenja objekata (leti) dat je šematski na slici 7.

Topla GTV u letnjoj sezoni može biti upotrebljena za sledeće svrhe: Pripremu tople potrošne vode (TPV), bazene sa direktnom primenom same GTV i to otvorene bazene (BO) i zatvorene bazene za terapeutske svrhe u banjama (BZ1).



Slika 7. Granični potencijali bušotine Bč-1/H (sasvim levo) i Bč-2/H (srednja i desno) u letnjoj sezoni: najmanje 1,400 h/a

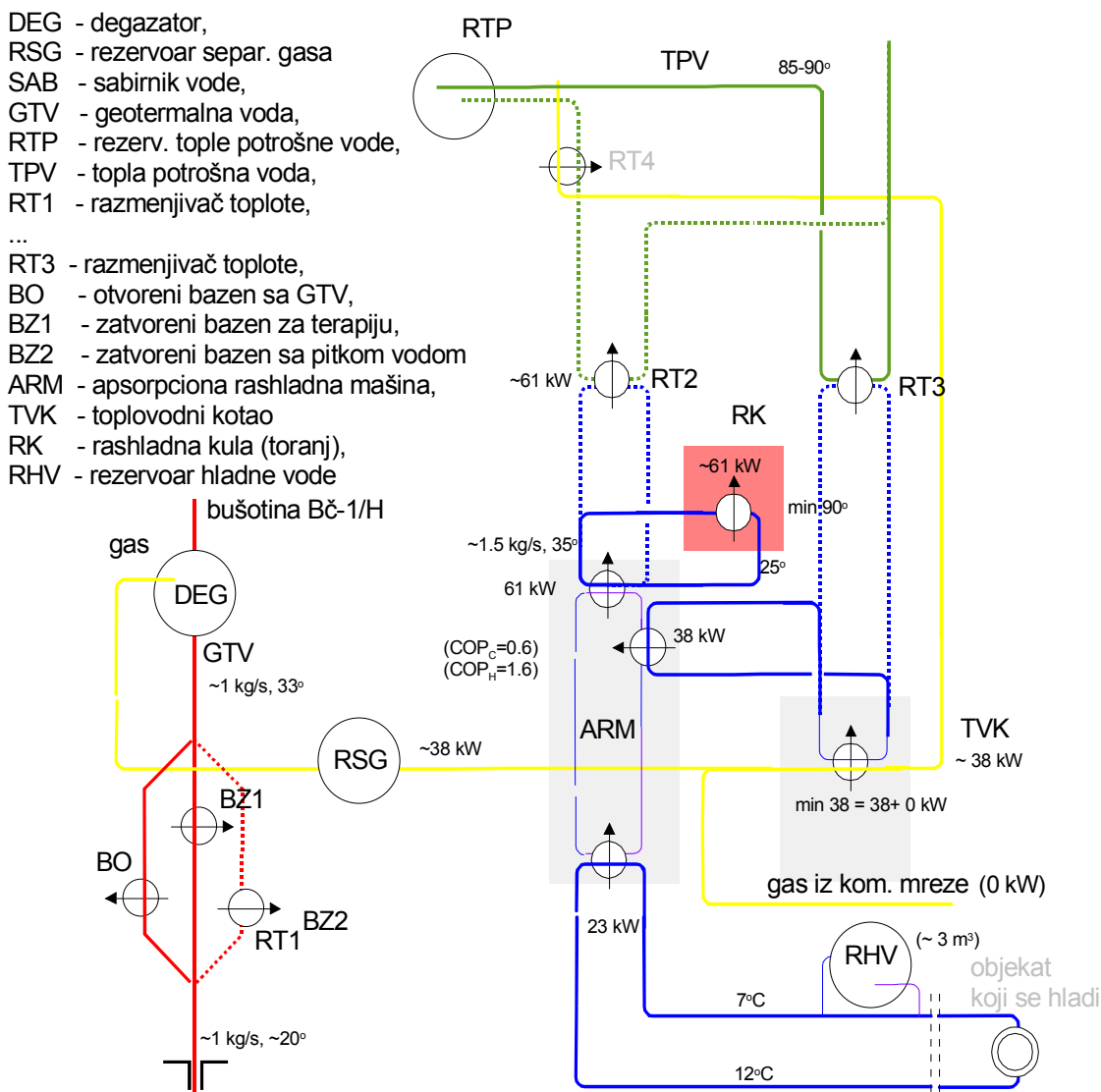
Kod bušotine Bč-1/H se ne predviđa priprema TPV, dok u slučaju bušotine Bč-2/H mogu da se podmiri vrlo velike potrebe za TPV (slika 7, sredina). Takve količine bi mogle da budu interesantne za neku od industrija, ali isto tako za neke od sadržaja koji mogu da se očekuju u tzv. akva-parkovima. Uz odgovarajuću ponudu sadržaja i cena, takva alternativa bi verovatno bila ekonomski isplativa. Sa tehničko-energetskog, to bi svakako bilo vrlo komotno i luksuzno korišćenje resursa (sve skuplje i sve traženije) energije.

Nešto realnija potreba za TPV predviđena je za bušotinu Bč-2/H (koja je već u upotrebi), na slici 7, desno. Tada je viša temperatura GTV, od oko 60°C, raspoloživa za BO i BZ1. Opet, zgodnim izborom sadržaja i ponude moglo bi da se računa na pozitivna poslovanja. U suprotnom, trebalo bi sniziti izliv na bušotini, što nažalost uzrokuje i količinu raspoloživog

gasa. Na datoj slici je upravo prikazana situacija sa očekivanim izlivom na bušotini za podmirivanje realnih potreba svih bazena u letnjem režimu eksploatacije.

2.2.2 Apsorpciona rashladna mašina grejana gasom iz bušotine (Bč-1/H, Bč-2/H)

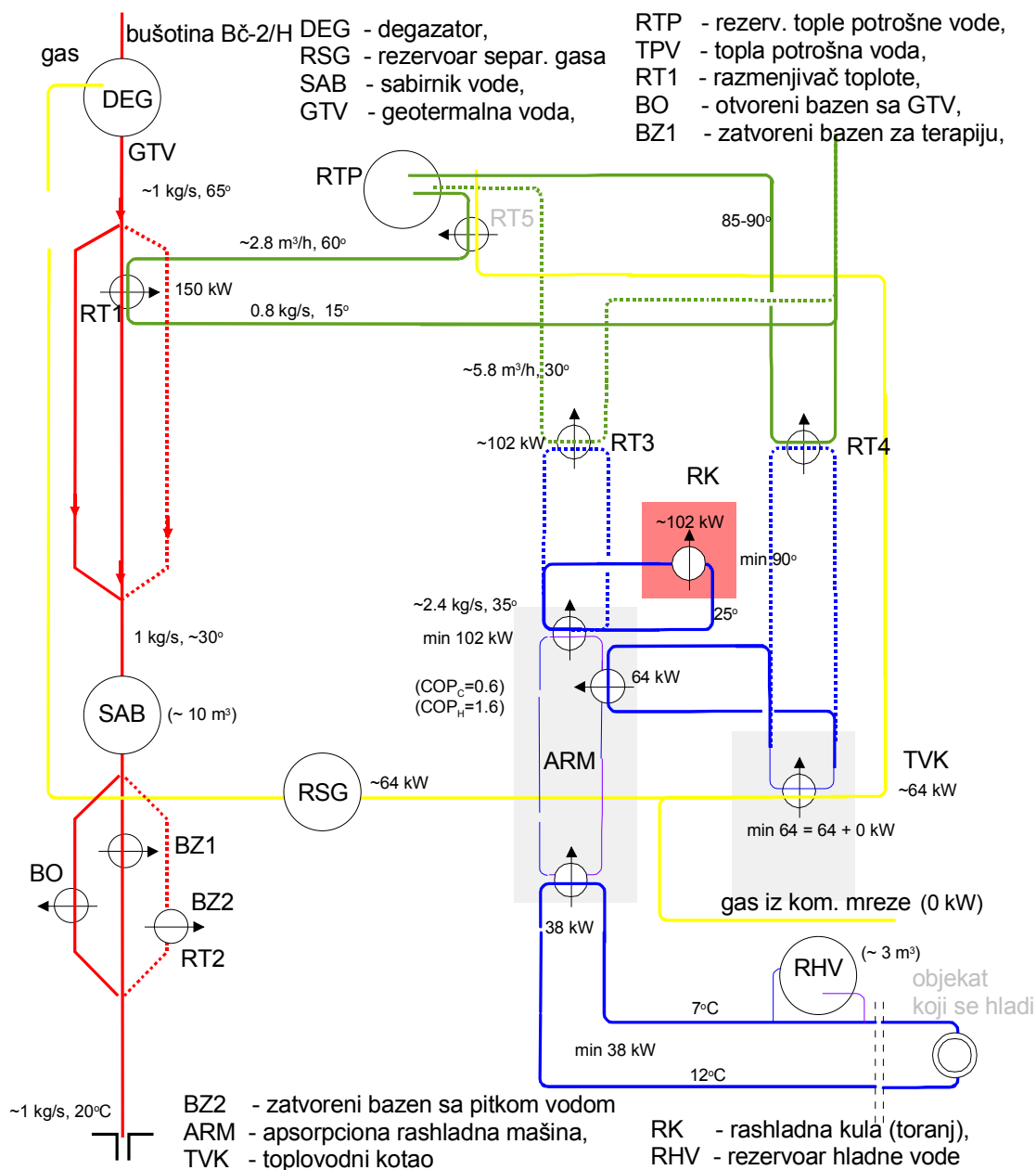
Izdvojeni gas u letnjoj sezoni može da se koristi za (apsorpcionu) rashladnu mašinu (ARM) sa direktnim sagorevanjem gasa – kakvih ima na tržištu. Računa se, međutim, na višestruku primenu ARM, i u sezonama bez hlađenja, te se predlaže rashladna mašina sa posrednim sagorevanjem gasa u izdvojenom toplovodnom kotlu (TVK), jer bi sam kotao mogao da podmiruje i vršne potrebe u sezonama grejanja. Tako se ARM goni toplom vodom proizvedenom u TVK, a na račun sagorelog izdvojenog gasa. Takve instalacije su prikazane šemama na slici 8 i slici 9.



Slika 8. Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-1/H u **sezoni hlađenja** objekata (leto); najmanje 1,400 h/a

Najveći rashladni kapaciteti, sa osloncem samo na izdvojeni gas iz bušotina u letnoj sezoni, dati su na odgovarajućim slikama. U slučaju da se zahteva veći kapacitet, on bi bio podmiren kupovinom dopunskih količina gasa iz komercijalne mreže. Razume se, novom zahtevanom kapacitetu bi trebalo podrediti i izbor kapaciteta same ARM, kao i samog TVK.

Osim toga, gasoviti produkti sagorevanja iz kotla jesu prilično topli. Razumno je da se ohlade do krajnjih mogućnosti, i na šemi se opet podrazumeva priprema TPV. Druga mogućnost (nije data na šemama 8 i 9) jeste da se dogreva topla voda iz kotla u cirkulacionom krugu prema ARM, čime bi se dizanjem temperature dovođenja toplote popravile performanse ARM.



Slika 9. Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni hlađenja objekata (leto); najmanje 1,400 h/a

Hlađenje kondenzatora rashladne mašine (konkretno ARM) mora da se obavi. Klasično, i skupo rešenje je korišćenjem rashladnog tornja, ili vazdušnog hladnjaka (RK). Bolje i jeftinije je da se koristi hlađenje vodom, recimo grejanjem TPV – ako za njom postoji potreba. Takva varijanta je i predložena na šemama kao alternativa, mada je malo verovatno da postoji potreba za TPV takvog temperaturnog nivoa. Pre može da se očekuje potreba za sanitarnom vodom višeg nivoa, i stoga se predviđa priprema vode posredstvom toplovodnog kotla (TVK). Razume se, u takvom slučaju opet treba računati na potrebe gasa iz komunalne mreže.

Predložene instalacije bile bi angažovane tokom cele sezone hlađenja (leti), koja se procenjuje na oko 1,400 h/a. Izvan ove sezone one ne bi bile korišćene. Ekonomski to nije prihvatljivo, i trebalo bi da se dalje razrade u smislu višečasovnog godišnjeg angažovanja. Za mogućnost angažovanja ARM izvan sezone hlađenja, i zajedno sa njom istog "pogonskog" TVK, povoljna okolnost je činjenica da ARM može da radi i u režimu apsorpcione toplotne pumpe (ATP), bez ikakve promene strukture funkcionalne veze ARM (ATP) – TVK. U narednim šemama kod grejanja objekata (izvan sezone hlađenja) ovo će biti očigledno. Pri tom je strategija daljeg razvoja ideje ovakva.

U zahtevanoj tački 2.3, pod nazivom: "Korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za zagrevanje *plastenika i staklenika*", biće razrađena ideja produženog korišćenja instalacije za bušotinu Bč-1/H na razdoblja izvan sezona hlađenja.

U zahtevanoj tački 2.4, pod nazivom: "Korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za potrebe *postojećeg bazena i Jodne banje*", biće razrađena ideja produženog korišćenja instalacije za bušotinu Bč-2/H na razdoblja izvan sezona hlađenja.

Pre nego se pređe na razradu spomenutog, zbog stručne javnosti bi trebalo da se napravi neka vrsta odbrane predloga toplovodnog kotla (TVK) u svim predloženim instalacijama. S tim u vezi, ima se u vidu sledeće.

Izbor kotla za pogon ARM je termodinamički gledano najlošije rešenje, ali je jedno od najjeftinijih. Funkciju kotla mogu da obave i termodinamički bolja, ali i skuplja rešenja, na primer kogenerativni agregati (gasno turbinska postrojenja, motori SUS, i srodno). Takva rešenja su kvalitativno bolja, jer osim "otpadne" toplote (koja bi bila korišćena umesto toplote kotla) proizvodi se i mehanička (električna) energija. Međutim, zbog ranije spomenutih razloga problematične distribucije proizvedene električne energije, trebalo bi da se studioznije razmotre takve varijante. Zbog ograničenja u vremenu, takve analize neće biti sprovedene. Na sreću, njihova implementacija u predložene instalacije nije ni malo različita od sprege sa TVK, te u slučaju potrebe ili interesa mogu da se razmotre naknadno.

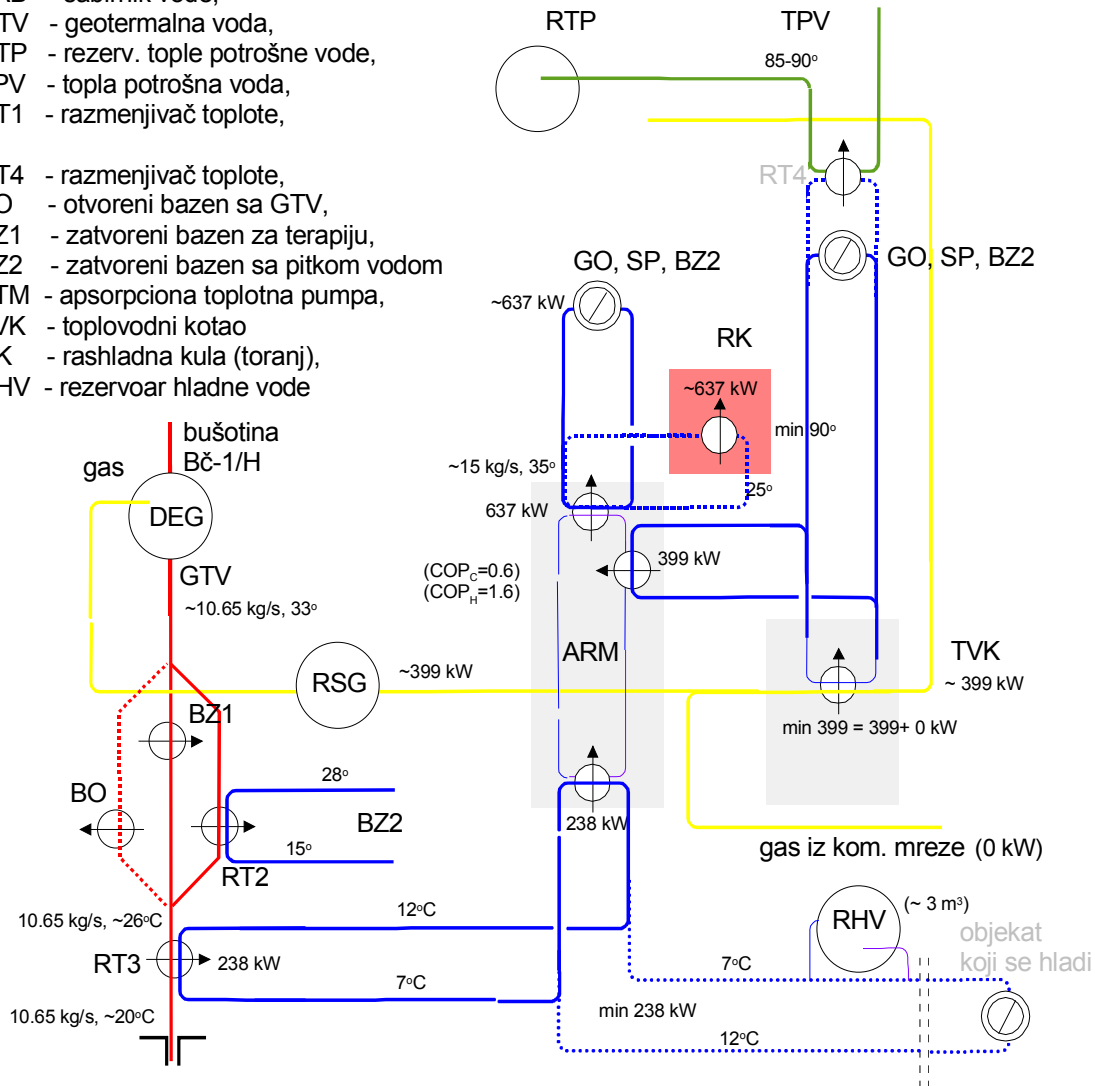
2.3 Korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za zagrevanje *staklenika i plastenika*

Prisustvo gasa u bušotinama proširuje mogućnost njihove eksploatacije izvan letnjih sezona. Štaviše, predviđene instalacije za letnji režim funkcionisanja mogu uz minimalne intervencije da se prilagode i na alternativni, zimski režim. Tako je ovde urađeno sa instalacijom sa slike 8, čime je dobijena šema na slici 10. Naime, sprežanjem isparivača ARM i GTV preko razmenjivača RT5, rashladna mašina ARM prelazi na režim apsorpcione toplotne pumpe (ATP), a promenom namene razmenjivača RT2 dobija se mogućnost primene niskopotencijalne toplote za svrhe grejanja bazena, plastenika i staklenika. Očigledno, raspolaganje gasom (i to u većim količinama zimi) sa energetskog stanovišta daje kvalitativno nove mogućnosti eksploatacije uprkos ekstremno niskim temperaturnim potencijalima samih GTV, kao što je slučaj sa bušotinom Bč-1/H.

DEG - degazator,
 RSG - rezervoar separ. gasa
 SAB - sabirnik vode,
 GTV - geotermalna voda,
 RTP - rezerv. tople potrošne vode,
 TPV - topla potrošna voda,
 RT1 - razmenjivač toplote,
 ...

GO - grejanje objekata,
 SP - staklenici, plastenici, rasadnici

RT4 - razmenjivač toplote,
 BO - otvoreni bazen sa GTV,
 BZ1 - zatvoreni bazen za terapiju,
 BZ2 - zatvoreni bazen sa pitkom vodom
 ATM - apsorpciona toplotna pumpa,
 TVK - toplovodni kotao
 RK - rashladna kula (toranj),
 RHV - rezervoar hladne vode



Slika 10. Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-1/H u **sezoni grejanja** objekata (zima); najmanje 3,200 h/a

Objektivno, nisu realna očekivanja da se bušotine ovakvih potencijala razmatraju nezavisno od situacije u njihovom neposrednom okruženju. Konkretno, ovakve bušotine u Bečeju su od minornog značaja sa stanovišta banjskog turizma (za šta je već angažovana bušotina Bč-2/H sa značajnim kapacitetima), a u slučaju da su izvan urbanih sredina, teško da se može predvideti banjski turizam i rekreativne aktivnosti – mada se takve mogućnosti ne isključuju.

Shodno rečenom, razumno je da se razmotre mogućnosti predložene instalacije za eksploataciju bušotina niskotemperaturnih voda, bogatih gasom, u funkciji potreba agroindustrije, plastenika, ribnjaka, staklenika i slično. Stoga se nadalje sagledavaju tehničke realizacije ovakvih objekata, i procenjuju kapaciteti ovakvih potencijalnih korisnika.

2.3.1 Pregled specifičnih potreba energije za plastenike/staklenike

Pre nego što se počne razmatranje o specifičnim potrebama energije za plastenike i staklenike, neophodno je saznati uslove (pre svega temperaturske) za uzgajanje određenih vrsta za koje se izgradnja plastenika/staklenika i planira.

Istovremeno je potrebno znati kakvim toplotnim izvorima se na datom mestu raspolaže:

- opseg temperature grejnog fluida,
- količine grejnog fluida.

Raspoloživa toplotna snaga bušotine se određuje preko izraza:

$$Q = \rho \cdot V \cdot c_p (t_1 - t_2)$$

gde su:	Q [kW]	toplotna snaga bušotine,
	ρ [kg/m ³]	gustina geotermalnog fluida,
	V [m ³ /s]	kapacitet bušotine,
	c_p [kJ/kgK]	specifična toplota geotermalnog fluida,
	t_1 [°C]	temperatura na glavi bušotine,
	t_2 [°C]	temperatura geotermalnog fluida nakon korišćenja.

U tabeli 7 dat je prikaz toplotnih snaga bušotine za podatke navedene u prethodnim poglavljima studije za slučaj samoizlivanja, kao i u literaturno preporučenim granicama povećanja snage usled pumpanja. Stvarno povećanje snage usled pumpanja će biti moguće utvrditi tek nakon ugradnje konkretne opreme.

Navedeni rezultati su navedeni za pretpostavljene vrednosti gustine geotermalnog fluida od 1000 kg/m³ i specifične toplote od 4.2 kJ/kgK.

Navedene su vrednosti raspoložive toplotne snage u slučaju različitih povratnih temperatura, t_2 .

Tabela 7. Prikaz toplotnih snaga bušotina koje je moguće iskoristiti za upotrebu u staklenicima/plastenicima

R. br.	Ime	t ₁ -temperatura vode na glavi bušotine, [°C]	Izdašnost, [l/s]	Q=ρVc _p Δt, [kW]	Toplotna snaga bušotine pri pumpanju (veća 30%), [kW]	Toplotna snaga bušotine pri pumpanju (veća 50%), [kW]	t ₂ -temp. vode nakon potrošača, [°C]
1	Bg-2	65	17.16	3963.96	5153.148	5945.94	10
			17.16	3603.6	4684.68	5405.4	15
			17.16	3243.24	4216.212	4864.86	20
			17.16	2882.88	3747.744	4324.32	25
2	Bč-6	65	17.16	3963.96	5153.148	5945.94	10
			17.16	3603.6	4684.68	5405.4	15
			17.16	3243.24	4216.212	4864.86	20
			17.16	2882.88	3747.744	4324.32	25
3	Bčj-1	65	17.16	3963.96	5153.148	5945.94	10
			17.16	3603.6	4684.68	5405.4	15
			17.16	3243.24	4216.212	4864.86	20
			17.16	2882.88	3747.744	4324.32	25
4	Nb-1	65	17.16	3963.96	5153.148	5945.94	10
			17.16	3603.6	4684.68	5405.4	15
			17.16	3243.24	4216.212	4864.86	20
			17.16	2882.88	3747.744	4324.32	25
5a	Bč-1/H	31	3.6	317.52	412.776	476.28	10
			3.6	241.92	314.496	362.88	15
			3.6	166.32	216.216	249.48	20
			3.6	90.72	117.936	136.08	25
5b	Bč-1/H	33	7.05	681.03	885.339	1021.545	10
			7.05	532.98	692.874	799.47	15
			7.05	384.93	500.409	577.395	20
			7.05	236.88	307.944	355.32	25
5c	Bč-1/H	33	10.65	1028.79	1337.427	1543.185	10
			10.65	805.14	1046.682	1207.71	15
			10.65	581.49	755.937	872.235	20
			10.65	357.84	465.192	536.76	25
6a	Bč-2/H	64	9.43	2138.724	2780.3412	3208.086	10
			9.43	1940.694	2522.9022	2911.041	15
			9.43	1742.664	2265.4632	2613.996	20
			9.43	1544.634	2008.0242	2316.951	25
6b	Bč-2/H	65	17.16	3963.96	5153.148	5945.94	10
			17.16	3603.6	4684.68	5405.4	15
			17.16	3243.24	4216.212	4864.86	20
			17.16	2882.88	3747.744	4324.32	25
6c	Bč-2/H	65	24.83	5735.73	7456.449	8603.595	10
			24.83	5214.3	6778.59	7821.45	15
			24.83	4692.87	6100.731	7039.305	20
			24.83	4171.44	5422.872	6257.16	25
6d	Bč-2/H	66	25.78	6063.456	7882.4928	9095.184	10
			25.78	5522.076	7178.6988	8283.114	15
			25.78	4980.696	6474.9048	7471.044	20
			25.78	4439.316	5771.1108	6658.974	25

2.3.2 Predlog vrsta i veličina plastenika/staklenika

Na osnovu [19], postoji 5 oblasti za direktno korišćenje geotermalnih izvora, a to su:

- uzgajanje vodenih kultura,
- primena u plastenicima i staklenicima,
- industrijska i poljoprivredna primena,
- primena u banjama i odmaralištima i
- primena u prostornom i daljinskom grejanju.

Podela mogućnosti za direktnu upotrebu može da se izvrši na sledeći način (treba napomenuti da još uvek nije jednoznačno definisana podela, čak ni u okviru podoblasti za direktnu upotrebu).

Podela geotermalnih izvora, na osnovu vrste primene u zavisnosti od temperature [20], se vrši na sledeći način:

- toplotne pumpe se upotrebljavaju kod izvora temperature od 4 do 38°C,
- direktna upotreba 38-150°C,
- mogućnost proizvodnje električne energije postoji kod izvora sa temperaturama višim od 150°C, mada ima primera korišćenja i sa nižim, čak i do 60°C.

U [21], kaže da u direktnu primenu geotermalne energije spadaju sve primene kod kojih nema proizvodnje električne energije. Negde se pod direktnom primenom podrazumeva ona primena kod koje se ne koriste toplotni razmenjivači. Ovde je usvojena podela po [19], mada se ni za nju ne može reći da je savršena, pre svega zbog činjenice da postoji međusobno preklapanje između pojedinih kategorija (plastenici i primena u poljoprivredi, ili postavljanje gajenja vodenih kultura u okviru primene geotermalne energije u poljoprivredi). Zbog takvih problema se postavlja pitanje da li će u skorije vreme i doći do usvajanja neke opšteprihvaćene kategorizacije.

Ovako prihvaćena podela direktne upotrebe geotermalne energije koja je usvojena i navedena i u ovoj studiji, verovatno je nastala pre kao posledica rasprostranjenosti pojedinih oblasti primene, nego kao podela primenljivosti na osnovu striktno razgraničenih oblasti.

Jedan od mogućih načina podele upotrebe geotermalne energije mogao bi da izgleda ovako:

- primena u poljoprivredi (potkategorije bi bile vodene kulture, plastenici/staklenici),
- grejanje (prostorija, bazena),
- industrijska primena,
- banjska primena.

Direktna primena geotermalne energije je uslovljena preporukama [17] da je njeno korišćenje ograničeno upotrebljivošću na razdaljini manjoj od 10 km od izvora.

Za većinu niskotemperaturnih izvora i bušotina, koji uz to imaju i niske pritiske, neophodna je zbog tih razloga i upotreba pumpi.

Tip tehnologije koja će se na određenom mestu primeniti za iskorišćenje postojećih geotermalnih potencijala zavisi od prirode geotermalnog fluida i planiranog tipa direktne primene. U mnogim slučajevima direktne primene, geotermalni fluid se ne može koristiti direktno, kao npr. u procesima sušenja gde je potrebna čista struja tople vode, pošto su u geotermalnom izvoru često prisutni hemijski zagađivači. U tim slučajevima se kao rešenje problema, uglavnom, koriste toplotni razmenjivači sa ulogom prenosnika toplote sa

geotermalnog fluida na čistu vodu, ili u slučaju sušenja na vazduh. To je i razlog zbog čega nije usvojena pomenuta kategorizacija na direktnu primenu kao vrstu primene kod koje se ne koriste toplotni razmenjivači.

Uglavnom se koriste 2 vrste toplotnih razmenjivača, pločasti i razmenjivači tipa cev u cevi.

Što se tiče izgleda sistema za direktnu upotrebu, može se reći da se oni, uopšteno govoreći, sastoje od tri glavne celine i to:

1. postrojenja za proizvodnju i pripremu GTV (degazacija, demineralizacija),
2. energetska oprema (topotne pumpe, gasni motori, kriogene turbine, toplotni razmenjivač i kontrolni uređaji) i
3. postrojenje za reinjektiranje pothlađene GTV – tzv. bušotina/bunar za *ubrizgavanje* (reinjekciju).

Staklenici i plastenici (*Greenhouses*)

Primena geotermalne energije u zagrevanju plastenika predstavlja jednu od najčešćih upotreba geotermalnih izvora. Po podacima [22], oko 900 ha staklenika i plastenika se trenutno zagreva pomoću geotermalne energije, od čega se oko 50% nalazi u zemljama Mediterana. To čini oko 14% od ukupne direktne geotermalne primene u svetu. Nakon pionirskih poduhvata u Francuskoj, Grčkoj, kao i nekoliko zemalja Centralne i Istočne Evrope (današnje republike bivše SFRJ, uglavnom BJRM i Srbija, Mađarska, Bugarska) krajem 70-ih i početkom 80-ih, došlo je do razvoja različitih tehnologija zagrevanja prilagođenih zahtevima različitih tipova konstrukcija plastenika i staklenika, različitih kultura (cveće i povrće) i raspoloživih temperatura geotermalne vode.

Tokom godina je došlo do promena u načinima konstruisanja staklenih bašti i u zavisnosti od tipa korišćenog pokrivnog materijala moguće je izvršiti podelu na sledeće kategorije:

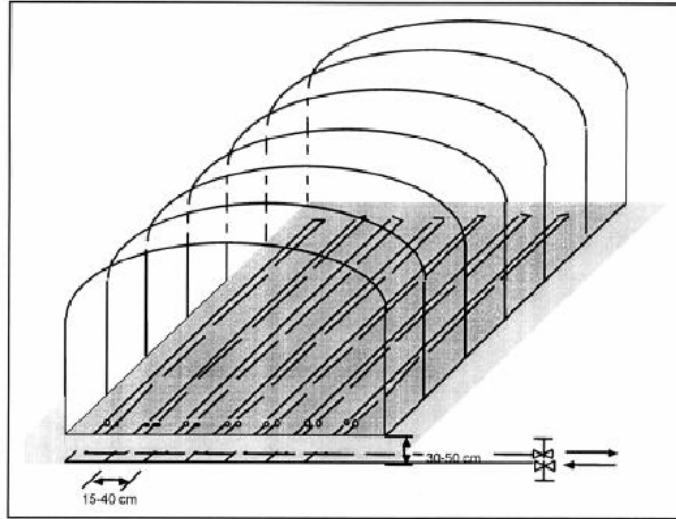
1. staklo je osnovni materijal,
2. plastična folija,
3. fiberglas ili slične čvrste plastike,
4. kombinacije 2. i 3. tačke.

Pri ovome treba imati u vidu da se noseće konstrukcije kod navedenih malo razlikuju i uglavnom su od čelika ili aluminijuma. Od nabrojanih, staklenici su najskuplji i to iz dva razloga, cene samog pokrivnog materijala i potrebe za jačom nosećom konstrukcijom koja treba da drži staklo. Plastenici predstavljaju jednu od najupotrebljavanijih varijanti u novije vreme, a procene oko veka trajanja pokrivnog materijala u ovom slučaju su 3 godine i to mu je, verovatno i najveća mana. U [23], navode se preporučene dužine životnog veka staklenika od 15 godina, s tim da on treba da bude konstruisan na takav način, da se garantuje odgovarajuća ventilacija i drenaža tla.

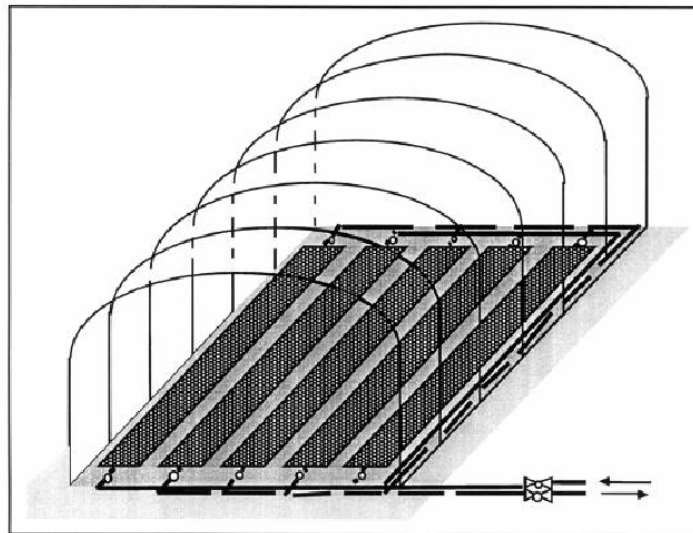
Sistemi za zagrevanje staklenika/plastenika

Sistemi za zagrevanje staklenika/plastenika obuhvataju cirkulacione krugove vruće vode kroz cevi ili cirkulaciju toplog vazduha preko duvača vazduha ili kroz cevi.

Cevi mogu da se postave ili iznad ili na tlo unutar plastenika, a takođe je moguća i izvedba ukopavanjem 10-40 cm ispod površine (videti slike 11 i 12 [24]).



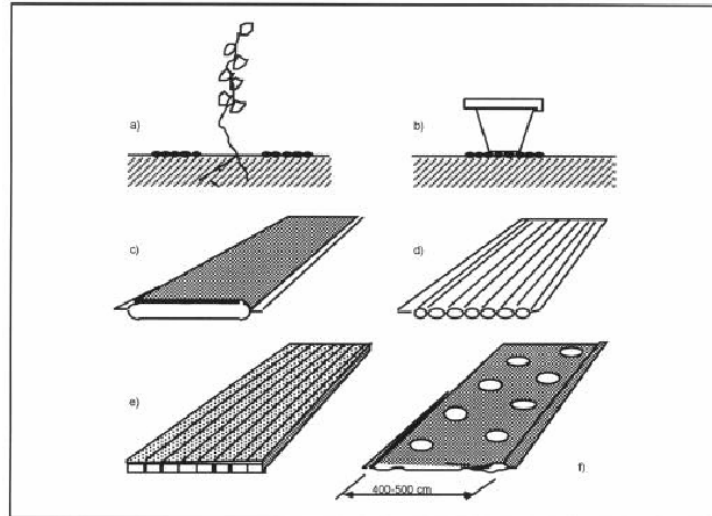
Slika 11. Podzemna zagreivna instalacija u stakleniku/plasteniku



Slika 12. Površinska greivna instalacija u stakleniku/plasteniku

Tipičan položaj cevi je duž bočnih zidova, kao i ispod kultura koje se uzgajaju, bez obzira da li su one postavljene po tablama ili u tlu, da bi se dobila željena temperaturska distribucija u stakleniku/plasteniku. Uniformna temperaturska distribucija na horizontalnom nivou može da se dostigne, kad se približno trećina toplote produkovane preko cevi ravnomerno rasporedi po stakleniku/plasteniku [23].

Najpogodniji položaj cevi je ispod rastinja, tako da se izbegne, kako stvaranje temperaturskih slojeva, tako i zasenčivanje biljaka (za razliku od situacije gde se cevi polažu u blizini krova staklenika/plastenika).

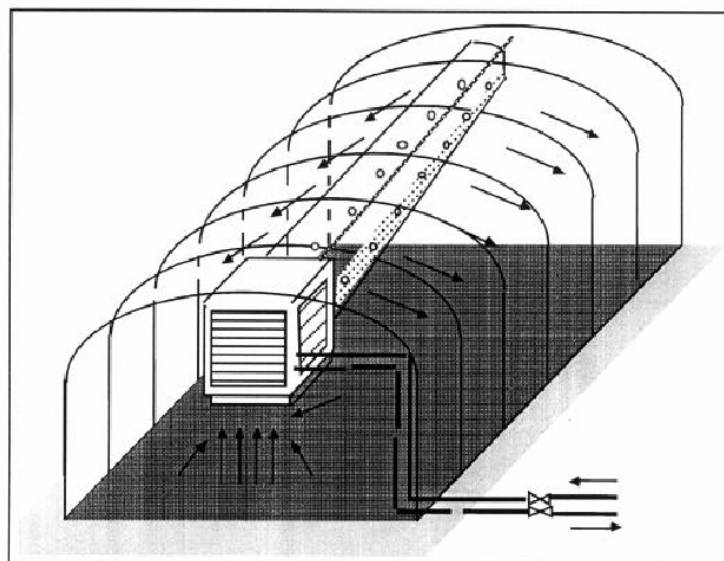


Slika 13. Različite izvedbe razmenjivača toplote za slučaj površinske grejne instalacije u stakleniku/plasteniku

Podzemne cevi moraju da budu od plastike, npr. polietilena (PE), polipropilena (PP), PVC itd., zbog činjenice da tlo samo po sebi predstavlja korozivno okruženje. Pored toga, one moraju da imaju dovoljnu kompresivnu jačinu, da bi mogle da izdrže težinu sloja zemlje koji počiva na njima. Grejni sistem ispod površine zemlje se sastoji od mnogo cevi malog prečnika (reda veličine 1 inča), grupisanih u petlje. Kraj svake petlje je povezan sa glavnom napojnom cevom i povratnom cevom preko plastičnih ili mesinganih priključaka, za koje je poželjno da budu na površini.

Grejači vrela voda – vazduh

Ovakve jedinice uključuju ventilator, koji udvava vazduh iznad bakarnih namotaja sa vrućom vodom. Glavna prednost ovakvih grejača je brzo grejanje unutrašnjeg vazduha (slika 14).



Slika 14. Zagrejač vazduha u stakleniku/plasteniku

Postoje različite alternative, takve kao što su upotreba centralne jedinice velike snage i distribucije zagrejanog vazduha kroz plastične cevi (obično napravljene od PE tabli) unutar staklenika/plastenika ili upotreba više manjih jedinica raspoređenih unutar staklenika/plastenika. U svim slučajevima zagrejači mogu da se povežu sa glavnim cevima sa vrućom vodom preko cevi napravljenih od posebnih vrsta čelika ili PP.

Upotreba razmenjivača toplote se preporučuje, da bi se izbegla korozija bakarnih namotaja ili stvaranja naslaga, što bi rezultovalo smanjenjem toplotnih performansi jedinica.

Podzemni zagrevni sistem

On sadrži PE cevi prečnika oko 1 inča (cola), postavljene 20-30 cm ispod površinskog sloja. Pošto temperatura u blizini korena biljaka ne bi smela da prelazi određene granice, preporučuje se upotreba PE cevi kroz koje struji vruća voda temperatura 30-40°C. U većini slučajeva, kad su željene temperature u staklenicima/plastenima 12°C ili više, podzemni sistem može da obezbedi samo deo ukupnih toplotnih potreba. Ovo rezultuje činjenicom da temperatura tla ne bi trebalo da previsi određene temperature, kao što je gore pomenuto.

Orebrene metalne cevi

One mogu da budu čelične ili bakarne cevi sa aluminijumskim orebrenjima. Njihove prednosti su da mogu da izdrže i visoka naprezanja i temperature, ne smeta im solarna radijacija i imaju visok koeficijent toplotne provodljivosti. Preporučuje se njihova upotreba kao sekundarnog zagrevnog kruga u stakleniku/plasteniku, kome će se obezbediti toplote od geotermalnog fluida preko razmenjivača toplote.

Plastenik sa duplim plastičnim pokrivačem

Zagrevni sistem u ovom slučaju predstavlja sam pokrivač plastenika. Konstruiše se dvojna struktura, od kojih se spoljašnja pokriva bilo kakvim providnim materijalom. Unutrašnja struktura se pokriva PE pokrivačem, koji se prska geotermalnom vodom.

Temperatura unutar staklenika/plastenika

Osim neophodnosti prisustva dovoljno svetlosti, temperatura je najvažniji faktor koji utiče na razvoj biljnih kultura koje se gaje u staklenicima/plastenima. Drugi uticajni faktori su ugljen dioksid, vlažnost, strujanje vazduha i isparavanje.

Za vreme dnevnog perioda, ako ima dovoljno svetlosti, temperatura staklenika/plastenika se brzo povećava iznad ambijentalne temperature. Ne računajući neke ekstremne slučajeve, temperatura biljaka se ne razlikuje značajno od temperature vazduha unutar staklenika/plastenika, što može lako da se posmatra i kontroliše. Stoga bi svaki korisnik staklenika/plastenika trebalo da može da održava temperaturu vazduha unutar staklenika/plastenika u željenom opsegu. Ovo vodi do ranih prinosa, što dovodi do većih prodajnih cena za proizvedeno rastinje. Takođe, na ovaj način može da se postigne i proizvodnja van sezone 2 ili 3 puta godišnje.

Važne temperaturske vrednosti unutar staklenika/plastenika su: a) gornji dnevni dozvoljeni temperaturski limit, b) minimalna vrednost ispod koje će doći do oštećenja biljaka i c) donja temperaturska granica ispod koje biljke neće rasti.

Zagrevni sistem staklenika/plastenika može da se konstruiše na takav način da se postiču optimalne temperature ili jednostavno da se održavaju temperature unutar staklenika/plastenika iznad najniže dozvoljene temperature da bi se izbeglo oštećivanje biljnih kultura.

Može se računati sa željenom temperaturom vazduha od 15-25°C i danju i noću, vrednošću pogodnom za uzgajanje mnogih kultura, pri čemu se ekstremno visoke dnevne temperature mogu eliminisati upotrebom prirodnih ili prinudnih sistema za cirkulaciju.

Oprema staklenika/plastenika

Pored noseće opreme staklenika/plastenika i pokrivača koji može da bude od plastike, stakla ili nekog drugog transparentnog materijala sa dugim životnim vekom, moguće je da se upotrebi i nešto od dodatne opreme, koja obuhvata sledeće sisteme:

- ✓ geotermalni zagrevni sistem,
- ✓ konvencionalni zagrevni sistem,
- ✓ pokrivač za toplotnu radijaciju,
- ✓ sistem za zasenčivanje,
- ✓ sistem za fertilizaciju,
- ✓ sistem za prskanje,
- ✓ sistem saksija,
- ✓ ostalo.

U [23], izvršena je procena troškova izgradnje jednog geotermalnog staklenika površine 1000 m², za uzgajanje kultura u sistemu sa saksijama, koji uključuje i:

- geotermalni zagrevni sistem,
- sistem saksija,
- sistem prskanja,
- sistem zasenčivanja biljaka,
- sisteme automatizacije/kontrole,

i ti troškovi su procenjeni u tabeli 8.

Tabela 8. Troškovi geotermalnog staklenika površine 1000 m²

	Donja granica, €	Gornja granica, €
Priprema zemljišta	5,000	6,000
Zagrevni sistem	9,000	12,000
Staklenik	18,000	24,000
Električni i pomoćni sistemi	2,000	3,000
Ukupno	34,000	45,000

Računato je da očekivani godišnji prihod od ovakvog staklenika iznosi 15,000-25,000 sa troškovima eksploatacije koji ne prelaze 10,000 € godišnje. Rezultat je vreme otplate od 3-9 godina.

Da bi bilo moguće odrediti potreban sistem za grejanje plastenika/staklenika neophodno je pre svega odrediti vršne toplotne zahteve objekta. Toplotni gubici staklenika se sastoje iz dva dela i to:

- ✓ gubitaka kroz krov i zidove i
- ✓ infiltracione i ventilacione gubitke prouzrokovane zagrevanjem spoljašnjeg hladnog vazduha.

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe

Tabela 9. Temperaturski zahtevi za neke od uobičajenih kultura koje se uzgajaju u plastenicima/staklenicima

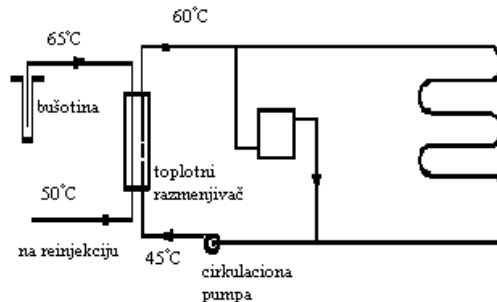
Vrsta biljke	Dnevni temp. zahtev, [°C]	Noćni temp. zahtev, [°C]
Paprika	18-29	16-18
Paradajz	21-24	17-18
Krastavci	24-25	21
Zelena salata (u periodu branja smanjiti temperaturu 2°C)	24	21
Ruže	16-17	17
Geranijum	max 21-27	

U [25], izvršena je podela na osnovu primenjenog grejnog sistema u plastenicima i to na:

- grejne sisteme sa orebrenim cevima,
- standardne grejne jedinice,
- niskotemperaturne grejače,
- jedinice sa ventilatorima,
- sisteme sa glatkim cevima.

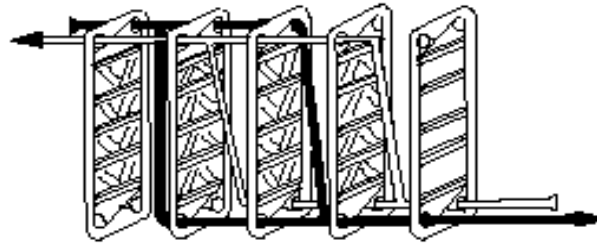
U praksi, izbor grejnog sistema često nije diktiran na osnovu inženjerskih razmatranja, kao što je uzimanje u obzir maksimalnog korišćenja dostupnog geotermalnog izvora, pa čak ni na osnovu najekonomičnije varijante, već se to u velikom broju slučajeva vrši na osnovu opredeljenja uzgajivača. Njegovo opredeljenje za određeni tip grejnog sistema se (uglavnom) bazira na prethodnom iskustvu u gajenju određenih kultura uz pomoć određenog sistema. Na odluku mogu da utiču i tip biljne kulture ili potencijalni problemi sa biljnim bolestima. Neke kulture, kao što su npr. ruže, zahtevaju kontrolisanu vlažnost i određeni nivo cirkulacije vazduha da bi se izbeglo stvaranje plesni na listovima. Nasuprot njima, neke tropske i subtropske biljke zahtevaju visoku vlažnost i više temperature tla. Svi ovi faktori se moraju uzeti u obzir i konkretna odluka se ne sme doneti bez detaljnog razgovora sa uzgajivačem.

Toplotni razmenjivači u većini geotermalnih primena predstavljaju deo opreme koji služi da razdvoji uređaje i opremu za zagrevanje od geotermalnog fluida. Ovo je povezano sa činjenicom da većina geotermalnih fluida ima izrazito korozivne osobine. U opštem slučaju, toplotni razmenjivač se postavlja između dva cirkulaciona kruga (kao na donjoj slici), geotermalnog i tzv. čistog kruga.



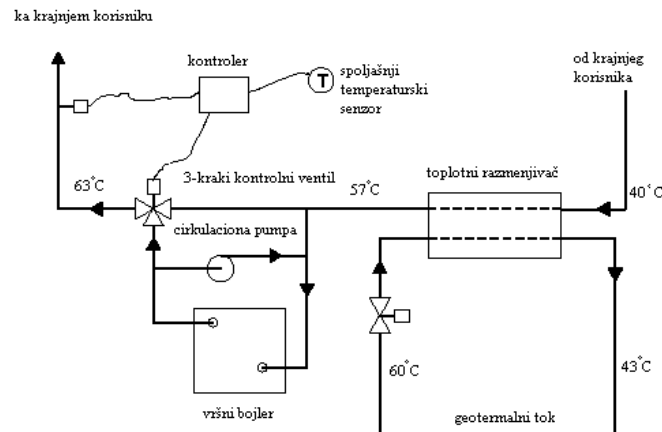
Slika 15. Prikaz opreme u zatvorenom toku geotermalnog fluida [20]

Kao rezultat korišćenja toplotnog razmenjivača dolazi do određenih toplotnih gubitaka. Ovi temperaturski gubici zavise od tipa korišćenog toplotnog razmenjivača. Zbog najmanjih temperaturskih padova, pri korišćenju geotermalnih izvora, danas su najviše u upotrebi pločasti razmenjivači (na slici 16).



Slika 16. Pločasti razmenjivač

Osim nabrojanih sistema zagrevanja plastenika/staklenika, u upotrebi je i sistem podnog grejanja, pri čemu se cevi postavljaju ispod površine zemlje. Ranije su se u te svrhe koristile čelične i bakarne cevi, ali zbog problema sa korozijom, povećana je upotreba raznih plastičnih materijala, od kojih je jedan od popularnijih polibutilen, koji ima osobinu da dobro podnosi relativno visoke temperature (reda veličine 80°C) i da je prisutan u rolovanom obliku što olakšava postavljanje instalacije. PVC cevi su prisutne samo u čvrstom obliku i ograničene su visinom temperatura. Sistem sa podnim grejanjem ima i mane, koje se pre svega ogledaju pri korišćenju u promenljivim temperaturskim uslovima, gde je u određenom periodu godine potrebno povećavati temperaturu u sistemu da bi se održala konstantna temperatura vazduha, zbog čega dolazi do povećavanja temperature tla, što se nepogodno odražava na kulture koje se gaje u blizini tla, pa čak i na one koje se nalaze na klupama. Zbog te činjenice se ovi sistemi, uglavnom koriste u kombinaciji sa drugim grejnim sistemima. Jedan primer grejnog sistema zajedno sa pripadajućom opremom je prikazan na slici 17 [25].



Slika 17. Dijagram toka za grejanje

U svim dosadašnjim razmatranjima vezanim za upotrebu u plastenicima/staklenicima rukovodili smo se činjenicom da je moguće kompletno toplotno opterećenje zadovoljiti samo pomoću geotermalne energije. U nekim situacijama poželjno je unapred razmotriti i opciju pokrivanja tzv. *vršnih opterećenja* pomoću nekog fosilnog goriva. Potreba za ovako nečim može da se javi, npr. u slučaju za proširenjem plastenika/staklenika, a pri ograničenom protoku geotermalnog fluida.

2.4 Korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za potrebe postojećeg bazena i Jodne banje

U vezi sa zadatkom zahtevanim naslovom, iznosimo sledeće: koliko je poznato, reč je o *jednoj Jodnoj banji*, sa njoj pripadajućim *bazenom za terapiju*, a znamo i o tome da *postoji* još pet bazena, koji ne pripadaju Jodnoj banji: četiri otvorena sa direktnim korišćenjem geotermalne vode, i jedan zatvoreni sa indirektnim korišćenjem geotermalne vode (greje se geotermalnom vodom), a to je tzv. olimpijski bazen sa pitkom vodom (i koji se verovatno koristi tokom cele godine) [17]. Svi ovi objekti jesu korisnici potencijala bušotine Bč-2/H, ali nisu i jedini (videti poglavlje 2.1.2, kao i prilog 11).

Potencijali bušotine Bč-2/H već su razmatrani ranije (glava 2.1). Njihova eksploatacija u sezoni hlađenja objekata (leti) takođe je razmatrana u okviru glave 2.2 (poglavlje 2.2.2). Stoga će ovde, u okviru 2.4.1, biti razmatrana eksploatacija potencijala u uslovima sezone grejanja objekata.

Sama pak problematika koja je naznačena naslovom u ovoj studiji "Korišćenje geotermalne vode niskog potencijala za potrebe *postojećeg bazena i Jodne banje*", dakle samo jednog od korisnika razmatrane bušotine, biće posebno razmotrena u poglavlju 2.4.2.

2.4.1 Projektovana, aktuelna (tekuća), i moguća perspektivna eksploatacija bušotine Bč-2/H

A. Projektovani režim eksploatacije bušotine Bč-2/H

Maksimalni kapaciteti bušotine Bč-2/H dati su i razmatrani u okviru tačke 2.1.2 ove studije, a saglasno strukturi korisnika bušotine (prilog 11) i njihovih projektovanih potreba, sačinjena je šema instalacije na slici 18. Radi lakšeg praćenja šeme i ovde se daju podaci o potencijalu bušotine u projektovanom režimu eksploatacije:

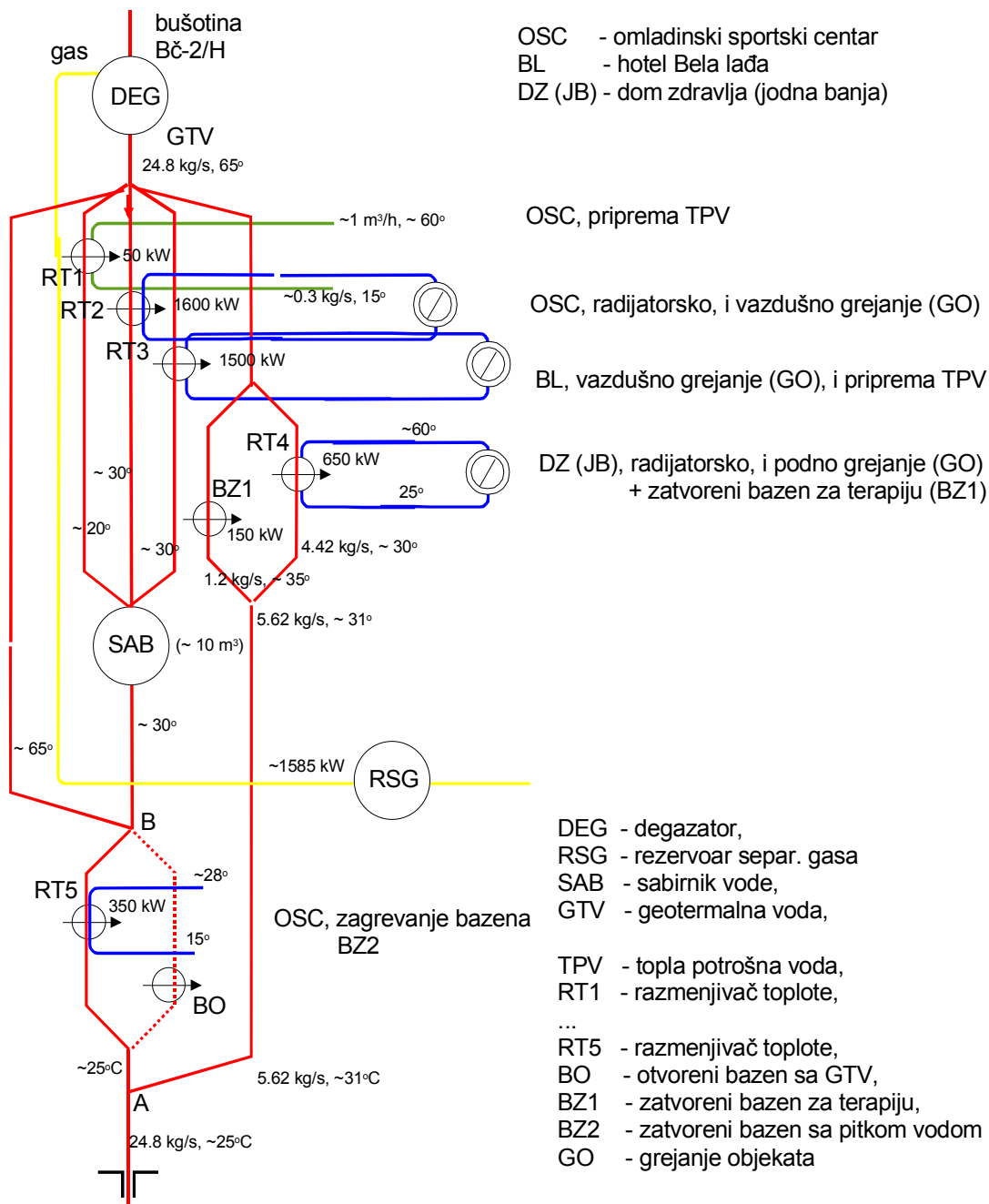
Protok na bušotini		Temperatura na izlivu	Snaga GTV, hlađenjem	
			do 25°C	do 15°C
[m ³ /h]	[kg/s]	[°C]	[kW]	[kW]
89.3	24.80	65	4156.48	5195.60
74.4	20.74	75	4345.03	5214.04

Zadnji red tablice odnosi se na slučaj da je rastvoreni gas separisan i korišćen za zagrevanje vode u degazatoru (GEOMIX) neposredno, kako je predviđeno projektom eksploatacije bušotine. Ako bi se, međutim, raspoloživi gas izdvojio i pripremio za kasniju upotrebu na drugi način, tada bi se moglo računati na sledeće količine i odgovarajuće snage od gasa:

Protok na bušotini		Gasni faktor	Protok gasa	Snaga sag. gasa (prema DTM)
[m ³ /h]	[kg/s]	[m ³ /m ³]	[m ³ /h]	[kW]
89.3	24.8	1.85	165.21	1585.33

U vezi sa šemom sprezanja potrošača i bušotine na slici 18, treba da se u vidu ima sledeće. Realno projektovana sprega nije nam bila na raspolaganju (zbog ograničenosti vremena nije mogla da bude organizovana potraga za relevantnim podacima). Prikazana sprega je rezultat interpretacije saznanja sa osloncem na podatke postojeće studije [17]. Nažalost, ni u

postojećoj studiji nije jasno da li se ohlađena voda iz Jodne banje (JB) spreže sa ostalim ohlađenim vodama u tački A ili tački B na šemi 18. Naša odluka je da to bude tačka A, a oslanja se na (donekle subjektivan) stav: iz higijenskih razloga nije dopustivo da se upotrebljena voda iz terapijskog bazena BZ1 Jodne banje meša (u letnjem režimu) sa vodom koja opslužuje otvorene bazene punjene geotermalnom vodom – time je isključena sprega u tački B.



Slika 18. **Projektovani kapacitet i instalacija** za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u sezoni grejanja objekata; najmanje 3,200 h/a

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe

B. Aktualna eksploatacija (zimi, i leti)

Struktura veze potrošača i bušotine nije promenjena, samo su opterećenja razmenjivača toplote RT1, ..., RT5 niža, i označena su na šemi sa slike 19. Ponovo se, zbog nemogućnosti dubljeg sagledavanja eksploatacije oslanjamo na postojeću studiju [17].

Prirodno, snižavanjem opterećenja snižava se potreba za izlivanjem vode, te time i količine potencijalno mogućeg izdvojenog gasa. U zimskom režimu, očekivane snage od GTV i izdvojenog gasa date su sledećim tablicama:

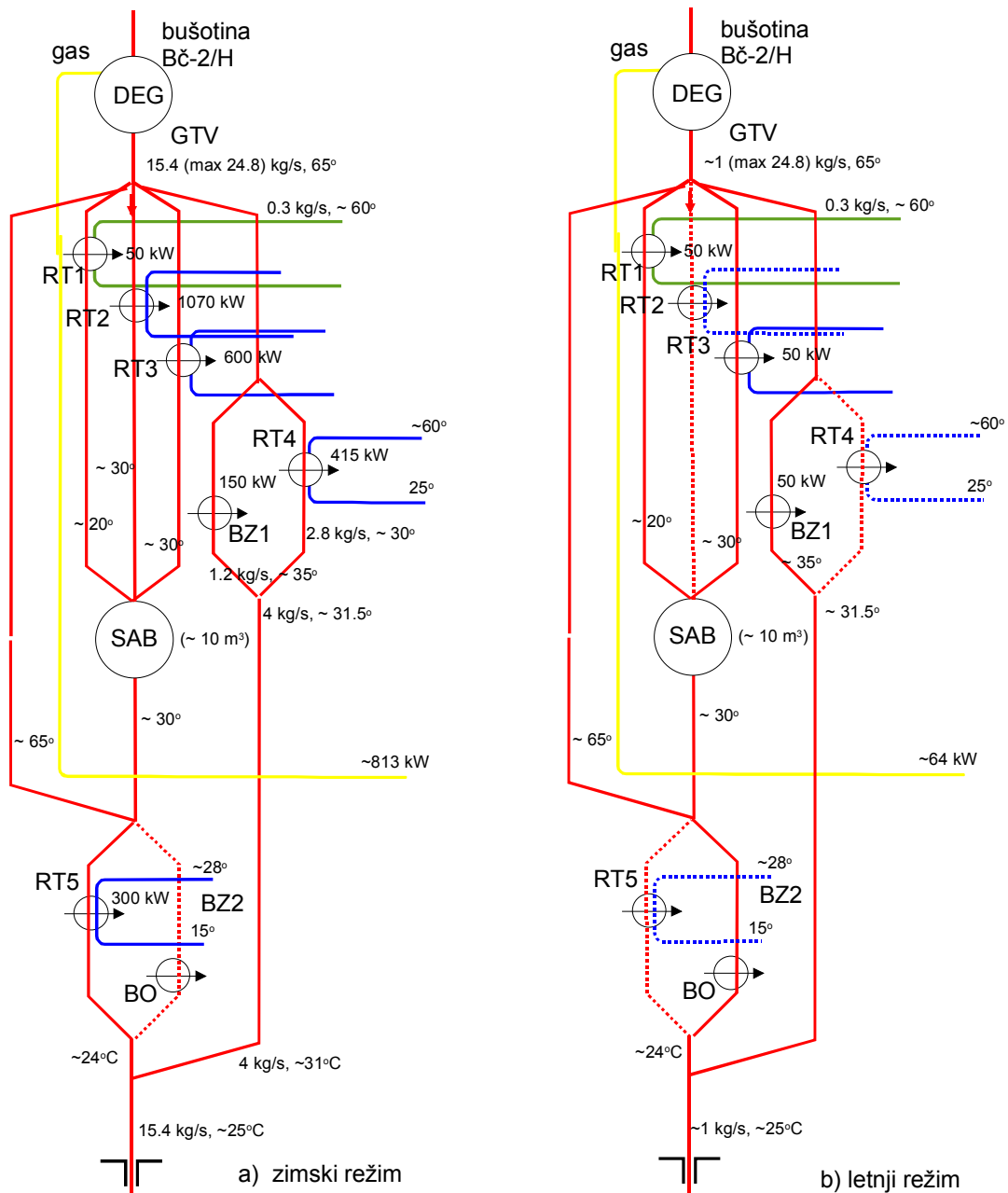
Protok na bušotini		Temperatura na izlivu	Snaga GTV, hlađenjem	
[m ³ /h]	[kg/s]		do 25°C	do 15°C
		[°C]	[kW]	[kW]
45.8	12.74	65	2135.22	2669.03
45.8	12.74	75	2669.03	3202.84

Protok na bušotini		Gasni faktor	Protok gasa	Snaga sag. gasa (prema DTM)
[m ³ /h]	[kg/s]	[m ³ /m ³]	[m ³ /h]	[kW]
45.8	12.74	1.85	84.73	813.05

U letnjem režimu eksploatacije, potrebe za zagrevanjem svedene su na najmanju meru, te time i količine mogućeg izdvojenog gasa. U letnjem režimu očekivane snage od GTV i izdvojenog gasa date su tablicama:

Protok na bušotini		Temperatura na izlivu	Snaga GTV, hlađenjem	
[m ³ /h]	[kg/s]		do 25°C	do 15°C
		[°C]	[kW]	[kW]
3.6	1	65	167.6	209.5
3.6	1	75	209.5	251.4

Protok na bušotini		Gasni faktor	Protok gasa	Snaga sag. gasa (prema DTM)
[m ³ /h]	[kg/s]	[m ³ /m ³]	[m ³ /h]	[kW]
3.6	1	1.85	6.66	63.91



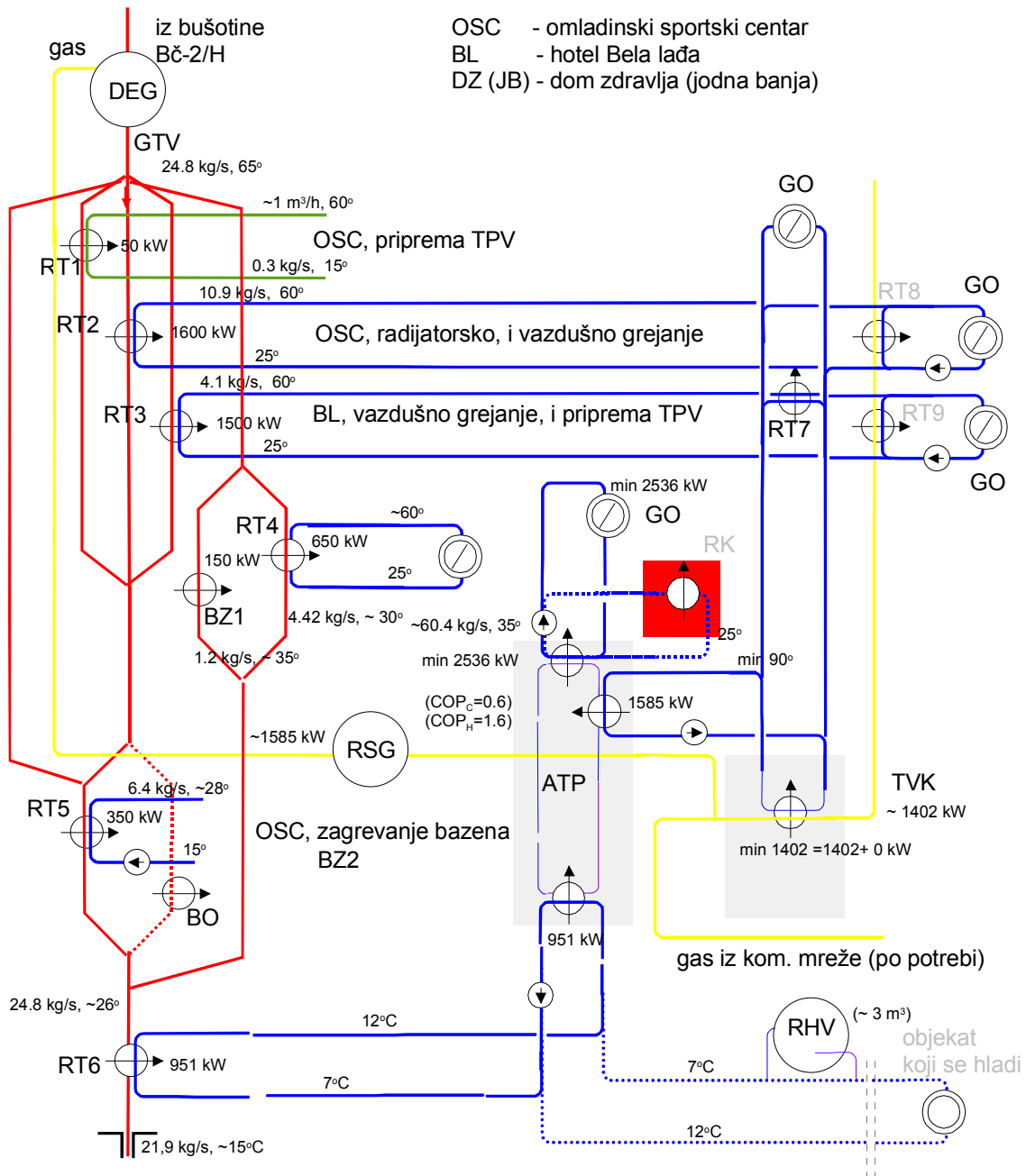
Slika 19. **Postojeća** instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H: u **a) zimskom režimu**, i **b) letnjem režimu** eksploatacije (oko 62% od projektovanog, odnosno maksimalno mogućeg kapaciteta bušotine); najmanje 6,200 h/a

C. Predlog intervencija na (postojećoj) instalaciji kod bušotine Bč-2/H

Ovde će biti date samo neke mogućnosti poboljšanja instalacije u duhu strategije koja je naznačena ranije: korišćenje raspoloživog gasa za pogon apsorpzione rashladne mašine u sezoni grejanja. Oslanjaćemo se na strukturu projektovanih potreba, uz imperativ da one budu zadovoljene, čak kvalitativno bolje, tokom cele godine.

Istraživanje i definisanje geotermalnog potencijala na području opštine Bečej i mogućnost korišćenja u različite svrhe

Kako se vidi, projektom nije predviđeno hlađenje objekata. Međutim, mogućnost hlađenja je razmatrana u okviru tačke 2.2, i ovde je cilj da se instalacija iz režima hlađenja produži i na sezonu grejanja. Jedna mogućnost ove ideje data je na sledećoj šemi (slika 20).



Slika 20. **Projektovani kapaciteti, sa rekonstrukcijom:** Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u **sezoni grejanja** objekata; najmanje 3,200 h/a

Prema predloženoj šemi, separisani i pripremljeni gas dopušta ugradnju ATP, gonjenu TVK. Uz COP oko 0.6, od vode se može oduzeti od oko $1,585 \times 0.6 = 951$ kW toplote. Ova toplota se uzima vodi ohlađenoj na 25°C, čime se ona hladi do oko 15°C.

Toplota sa kondenzatora ATP je $951 + 1,585 = 2,536$ kW. Ta toplota odgovara režimu podnog grejanja, 25 do 35°C, i u odnosu na projektovan kapacitet, i ovaj višak je nešto što može na tržište. U vezi s tim, treba imati u vidu da su u analizama rađenim u fazi pripreme rešenja eksploatacije Bč-2/H, tokom 1982. godine, razmatrane i mogućnosti priključenja još dva objekta, i to sa sledećim predviđenim potrebama:

NG	Poslovna zgrada "Naftagasa"-a	Grejanje	200	kW
GO	Stambeni objekti u bloku "Veljko Vlahović"	Grejanje	2,800	kW
Ukupno predviđena snaga za grejanje:			3,000	kW

Pod uslovom da se u naznačenim objektima predvidelo (ili predvidi) niskotemperaturno grejanje – na primer podno, toplota sa kondenzatora ATP podmirivala bi čak oko 85% predviđenih potreba:

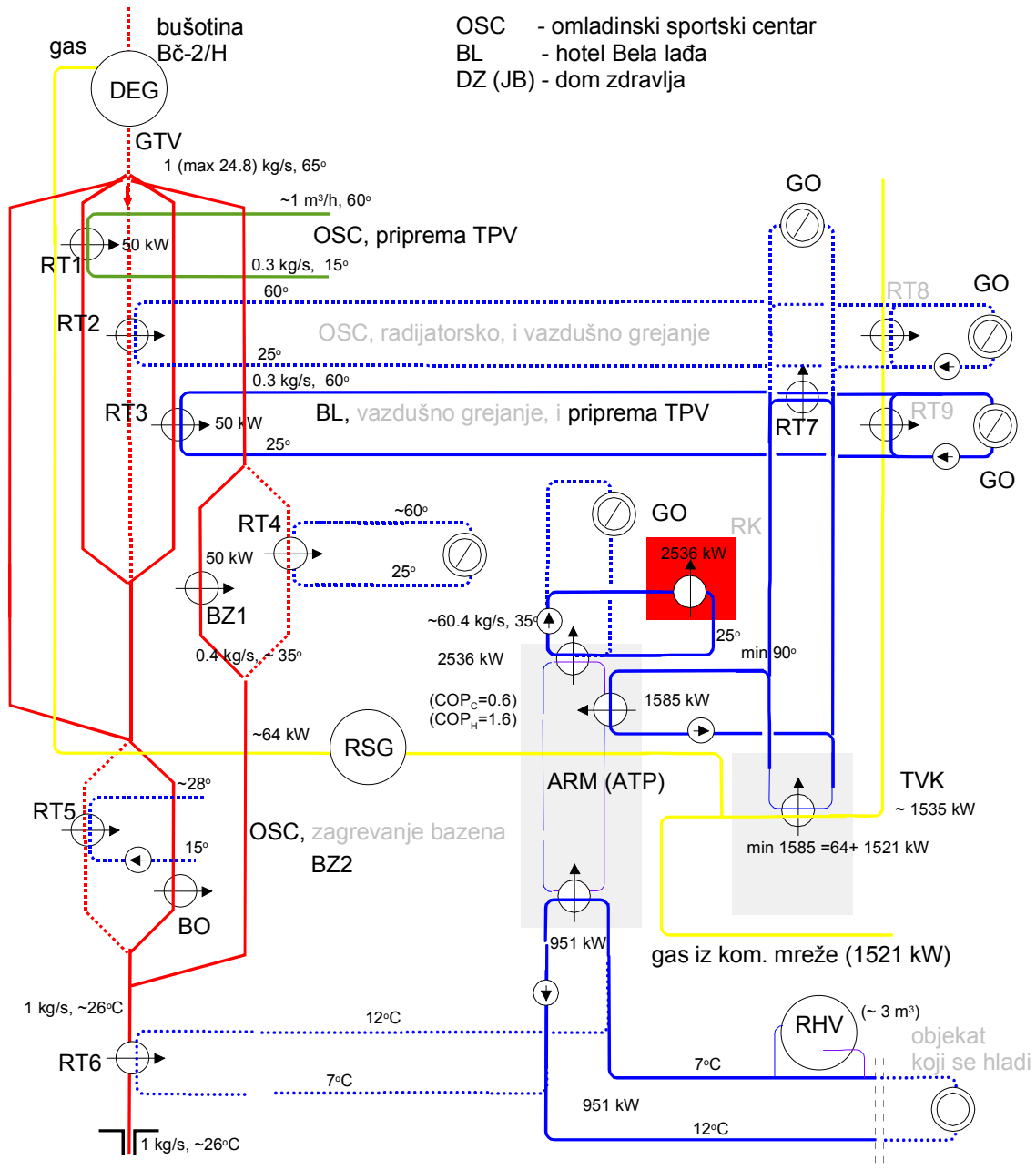
$$2,536/3,000 = 0.85 \text{ (ili oko 85\%)}$$

Gonjenje ATP toplom vodom iz toplovodnog kotla TVK, sa najmanje 1,585 kW snage, ostvaruje temperaturni režim sa energijom najmanje na 90°C – a to je donja granica kod komercijalno dostupnih apsorpcionih toplotnih pumpi.

Polazna temperatura vode iz TVK od 90°C daje mogućnost raspolaganja energijom na svim nivoima potreba. Ako ima takvih potreba, a verovatno ih ima u špicovima sezone grejanja, TVK mora da se predimenzioniše. Svaki kapacitet TVK preko 1,585 kW snage mora da računa na dopunski gas iz komercijalne mreže (kako je i naznačeno na šemi). Predimenzionisanje kotla nudi nove usluge: možda radijatorski sistem grejanja, ali i potrebe za visokotemperaturnom toplom potrošnom vodom.

Još uvek relativno topli produkti sagorevanja gasa na izlazu iz kotla mogu da se hlade, na račun dogrevanja vode u sekundarnim cirkulacionim krugovima grejanja objekata (toplotni razmenjivači RT8 i RT9).

Na šemi je predviđena i instalacija rashladnog tornja (kule) RK na kondenzatoru toplotne pumpe ATP, kao i odgovarajuće veze za potrebe hlađenja objekata (isprekidane linije na slici 7). Namera je da se produži vreme angažovanja toplotne pumpe i tokom sezone hlađenja objekata (za još oko 1,400 h/a). Režim korišćenja instalacije tokom sezone hlađenja dat je slikom 21.



Slika 21. **Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom:** Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u **sezoni hlađenja** objekata (leti); najmanje 1,400 h/a

Projektovana instalacija u sezoni hlađenja, leti, bila bi angažovana na sledeći način. Izlivanje na bušotini bi se svelo na minimum, na oko 1 kg/s, za potrebe tople potrošne vode u predviđenim objektima (razmenjivači RT1, RT3), kao i za podmirivanje potreba izmena i temperiranja vode kod bazena sa direktnom upotrebom vode (terapeutski bazen BZ1 i svi otvoreni bazeni BO). Sniženje izlivanja uslovalo bi i sniženje količine izdvojenog gasa, na oko 64 kW raspoložive snage za pogon apsorpacione toplotne pumpe (sada apsorpacione rashladne mašine ARM). Pod uslovom da se opterećenje isparivača ARM (rashladni kapacitet) zadži na 951 kW (kao u sezoni grejanja), bilo bi nužno da se angažuje još oko 1,521 kW snage gasom iz komercijalne distributivne mreže.

Ne može se očekivati da se u sezonama hlađenja (leti) nađe potrošač niskotemperaturne toplote od oko 2,536 kW sa kondenzatora rashladne mašine. Stoga je bezuslovno nužno da se predvidi rashladni toranj RK, koji bi bio u upotrebi samo tokom sezone hlađenja. Visoka cena ovog uređaja (od oko 1/3 cene instalisane ARM) je najslabija strana ovakve instalacije, ne računajući i to da se sva toplota sa RK beskorisno i nepovratno rasipa u okruženje.

2.4.2 Postojeći bazen i Jodna banja (u okviru Bč-2/H)

Jodna banja je samo jedan od korisnika potencijala Bč-2/H, i razmatranja zahteva za JB ne bi smela da remete potrebe ostalih korisnika, ili bi bar podrazumevala pristanak ostalih korisnika na eventualne promene uslova eksploatacije. Ova druga mogućnost može da bude vrlo različita, i stvar je neposrednih dogovora, te se ovde računa samo na stanje u postojećim uslovima eksploatacije. Saglasno tome će se i razmotriti i tumačiti potrebe samo JB sa beznačajnim zahvatima na odnose između različitih korisnika.

Međutim, odmah se mora napomenuti da sve razmatrane mogućnosti podrazumevaju instalaciju za separaciju i pripremu gasa iz bušotine. Vlasnik bušotine, tačnije vlasnik resursa, ili potencijala bušotine je JP "Naftagas" i zavisno od aranžmana između vlasnika i korisnika, investicija za instalaciju pripreme gasa može da padne na teret vlasnika ili na teret zainteresovanog korisnika. Pogotovu stoga što takva intervencija kvalitativno menja odnos između vlasnika i korisnika potencijala, i to ne samo JB već i svih drugih.

Bez zalaženja u traženje rešenja prethodnih dilema, napominjemo samo da bi takvi problemi trebalo da budu rešeni generalno za sve korisnike, pogotovu što bi pojedinačne intervencije u tom pravcu bile prevelika i teško prihvatljiva investicija samo za JB, pogotovu ako odnosi vlasništva nad resursima i korišćenja resursa nisu jasno ustanovljeni.

Dakle, ovde se neposredno dalje postavlja i razrađuje sledeći zadatak.

Pretpostavlja se da JB raspolaže resursom GTV kao i do sada, i smatra se da je separacija i priprema gasa rešena generalno za sve ostale potrošače. Jodna banja, međutim, koristi sav separisani i pripremljeni gas (JB, ili Naftagas su investirali u separator gasa). Treba razmotriti mogućnosti potpunog korišćenja ovakvih potencijala samo u JB.

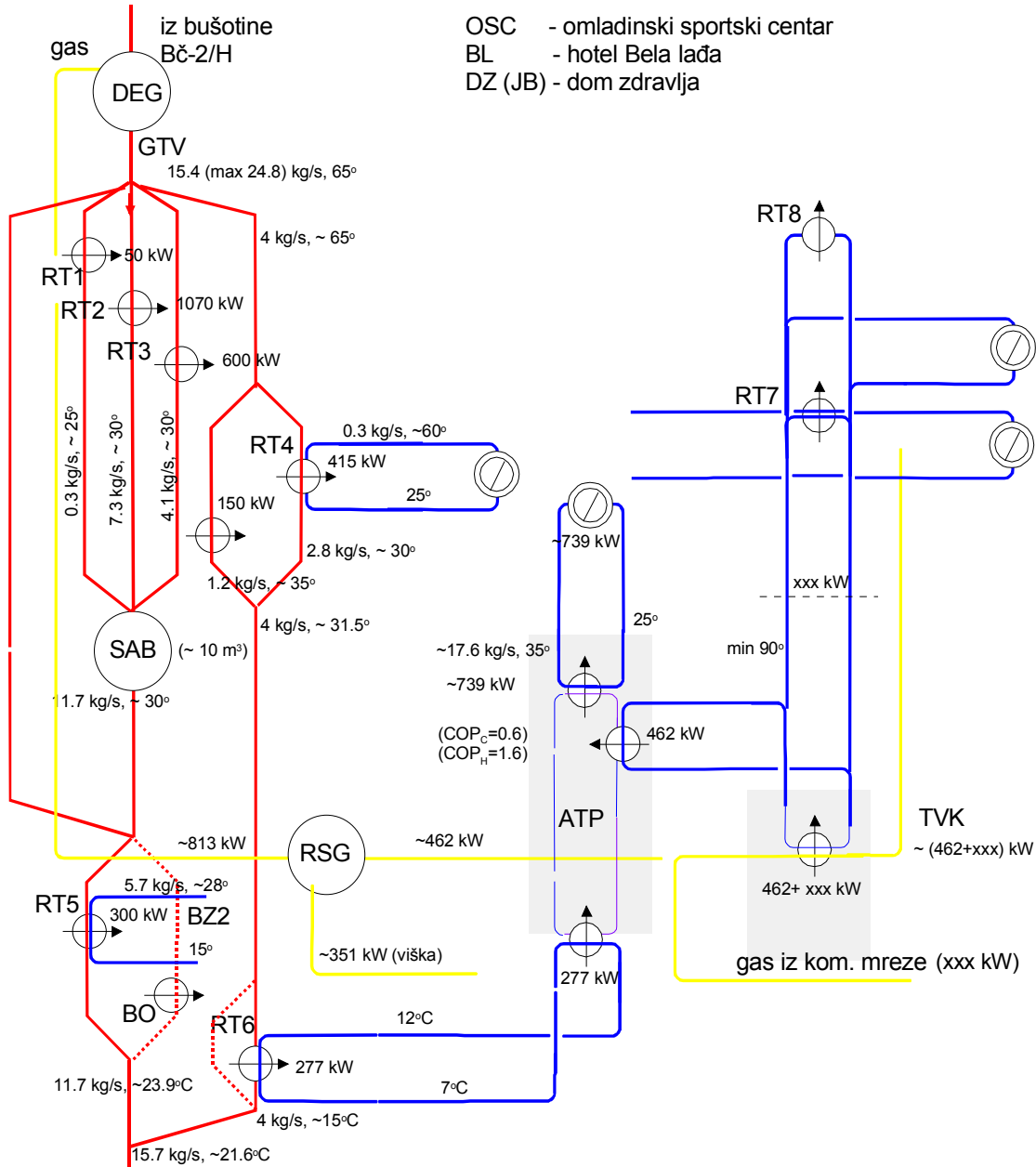
Razmotriće se dva ekstremna slučaja režima korišćenja potencijala bušotine:

- Hlađenje "sopstvene" količine GTV do krajnjih granica u sezoni grejanja korišćenjem svog raspoloživog gasa, i
- Korišćenje svog raspoloživog gasa u letnjem režimu samo za sopstvene potrebe JB.

Pumpa se bira prema kapacitetima za zimu, proverava za letnji režim

Kapaciteti bušotine zimi služe i za ostale potrošače, tek samo mali deo odlazi za podmirivanje potreba Jodne banje. Količina separisanog gasa prevazilazi potrebe potpunog hlađenja vode nakon Jodne banje. Stoga se uočava višak gasa (sa stanovišta JB), i ATP bira se prema uslovu da se voda nakon JB maksimalno ohladi do oko 15°C.

Instalacija prema ovakvim zahtevima prikazana je na slici 22. Vidi se da raspoloživa toplota niskog nivoa, od 25-35°C, u količini oko 739 kW sa kondenzatora ATP, može da bude iskorišćena za podmirivanje svih projektovanih potreba niskotemperaturnog grejanja Jodne banje ($415/2 = 207.5 < 739$ kW), čak postoji i višak. Predviđeni kotao TVK može da bude gonjen viškom raspoloživog gasa i da podmiruje potrebe srednje temperaturnog grejanja JB (razmenjivač RT7) u slučaju potrebe, a takođe može da opslužuje pripremu TPV (RT8).

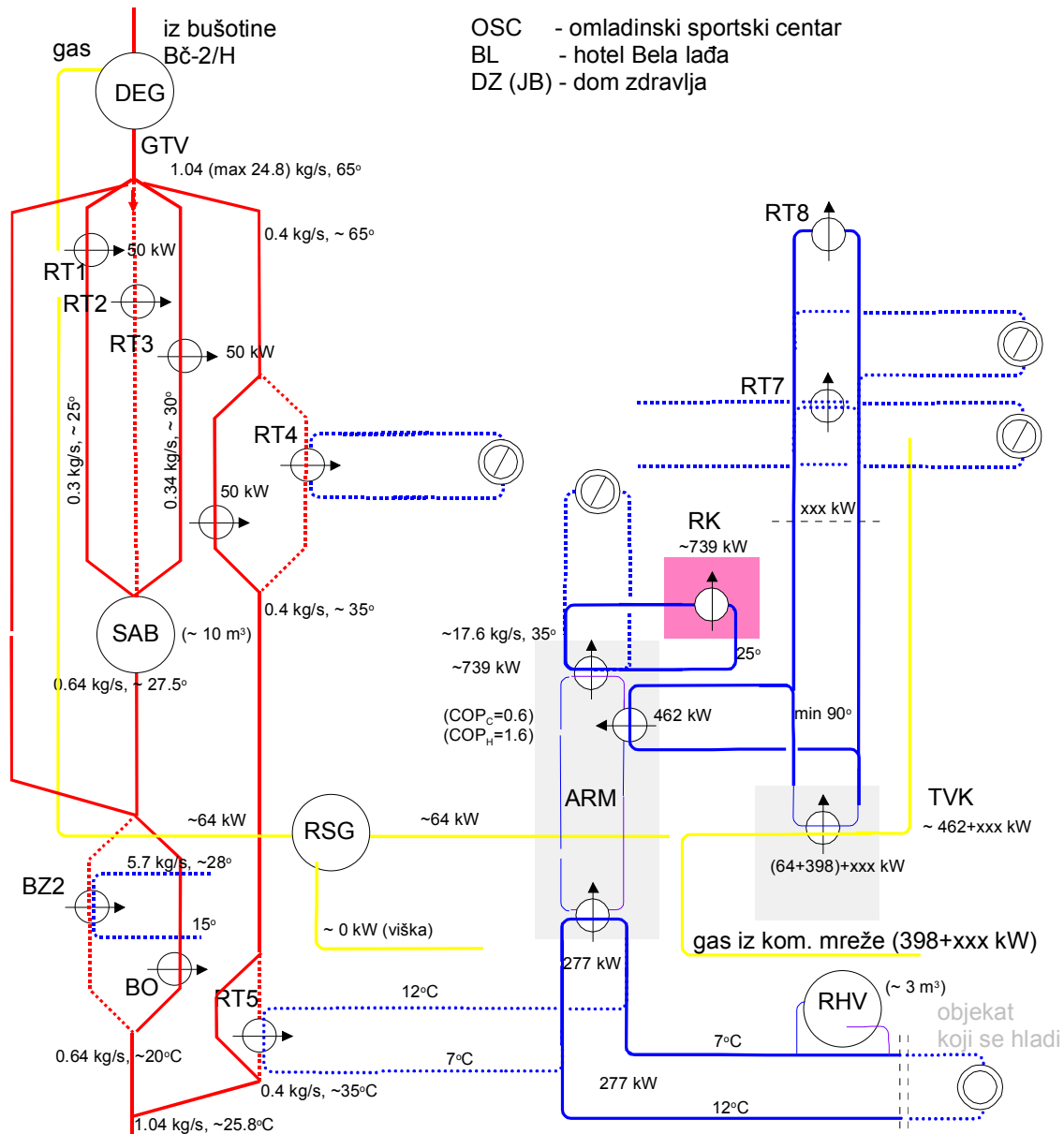


Slika 22. **Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom samo za Jodnu banju:** Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u **sezoni grejanja** objekata (zimi i u prelaznim režimima); najmanje 3,200 h/a

Provera kapaciteta za leto: Ista ATP u režimu ARM sa istim pogonskim kotlom proverava se za letnji režim. Napominje se da je zbog smanjene potrošnje GTV leti, snižen izliv na bušotini Bč-2/H na oko 1 kg/s, te je time snižena i količina separisanog gasa. Kapaciteti izabrane ARM ne mogu da budu održani samo gasom raspoloživim iz bušotine, već se mora posegnuti za gasom iz komercijalne mreže. Scenario letnjeg režima, sa prilagođenom strukturom instalacije, dat je na slici 23.

Nije poznato da li JB ima rashladne potrebe od oko 277 kW, koliko je sada moguće na isparivaču izabrane ARM. Sasvim je, međutim, verovatno da nema potrebe za toplotnom

energijom niskog nivoa od oko 739 kW, koliko je sada moguće na kondenzatoru ARM. To uslovljava da se predvidi rashladni toranj RK (dopunska investicija na teret investitora – JB), cene najmanje 1/3 cene ARM. Na sreću, instalisani TVK može opet da se iskoristi za opsluživanje pripreme TPV visokog nivoa (RT8).



Slika 23. **Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom samo za Jodnu banju:** Instalacija za korišćenje potencijala bušotine BČ-2/H u **sezoni hlađenja** objekata (leti); najmanje 1,400 h/a

Naglasice se dobre i loše strane ovakve strategije. Prednosti su u sledećem:

- hladi se do maksimuma GTV na izlazu iz JB,
- ima dovoljno, čak i viška toplotne energije za niskotemperaturne potrebe JB,
- ima dovoljno energije za intervencije na visoko temperaturnom grejanju, kao i za pripremu TPV.

Slabe, pak, strane ovakve instalacije su:

- nužnost investiranja u RK, skoro obavezan u letnjem režimu,
- nužnost investiranja, ili sklapanja posebnog aranžmana sa vlasnikom bušotine, a u smislu investiranja u separaciju i pripremanje gasa.

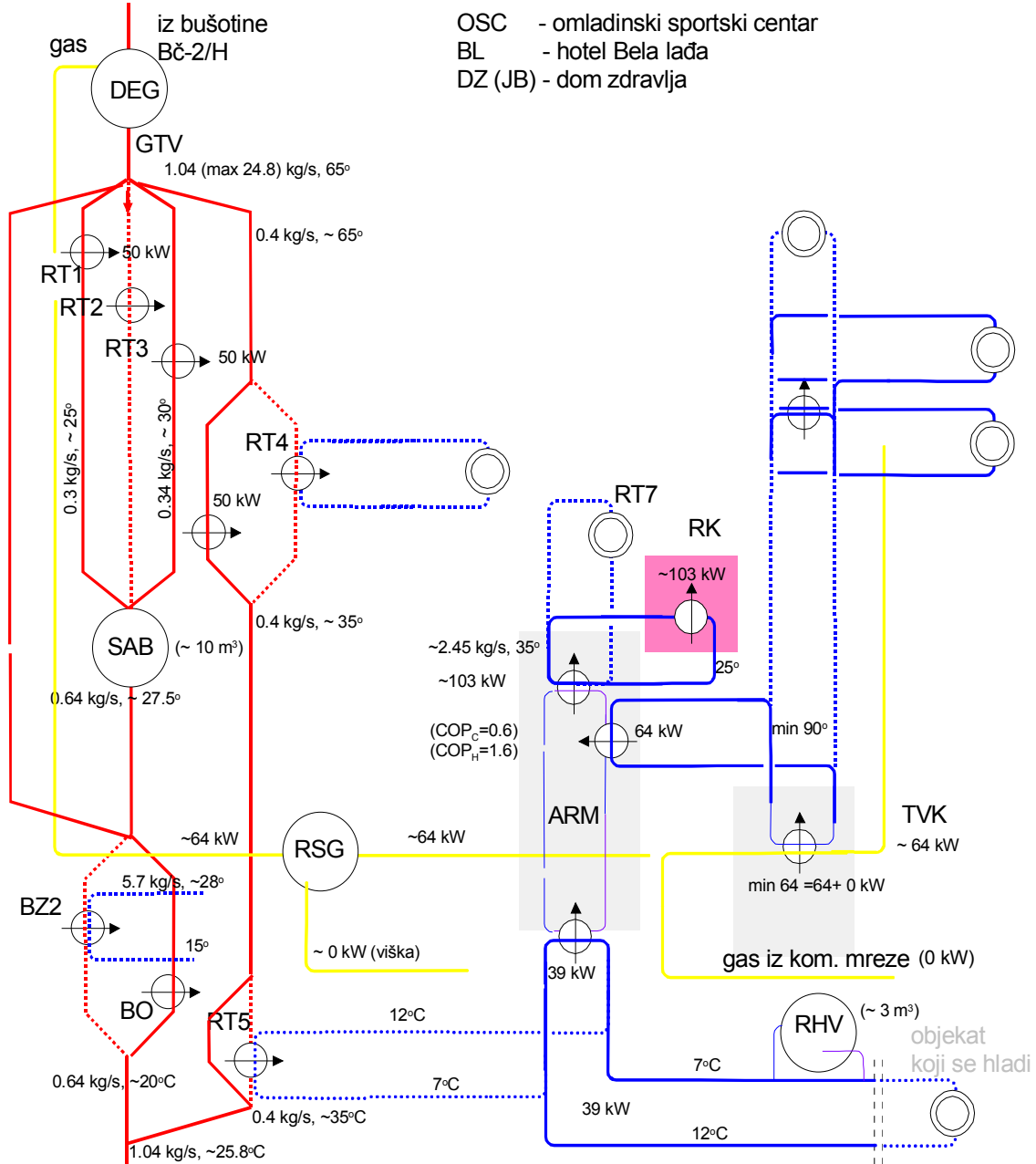
Izbor pumpe prema letnjem režimu, zimski režim se samo proverava i komentariše

U datim uslovima angažvanosti bušotine Bč-2/H, izliv na bušotine je tokom letnje sezone snižen na oko 1 kg/s. Ta činjenica, kako je već rečeno, snižava količinu separisanog gasa na oko 64 kW. Svaki zahtev za većom količinom gasa i bušotine podrazumeva i otkup usput izdvojene GTV, i sve ovo bi moralo da pada na teret investitora – JB. Razumno je stoga da se analizira instalacija sa minimalnim potrebama, te i minimalnim plaćanjima resursa.

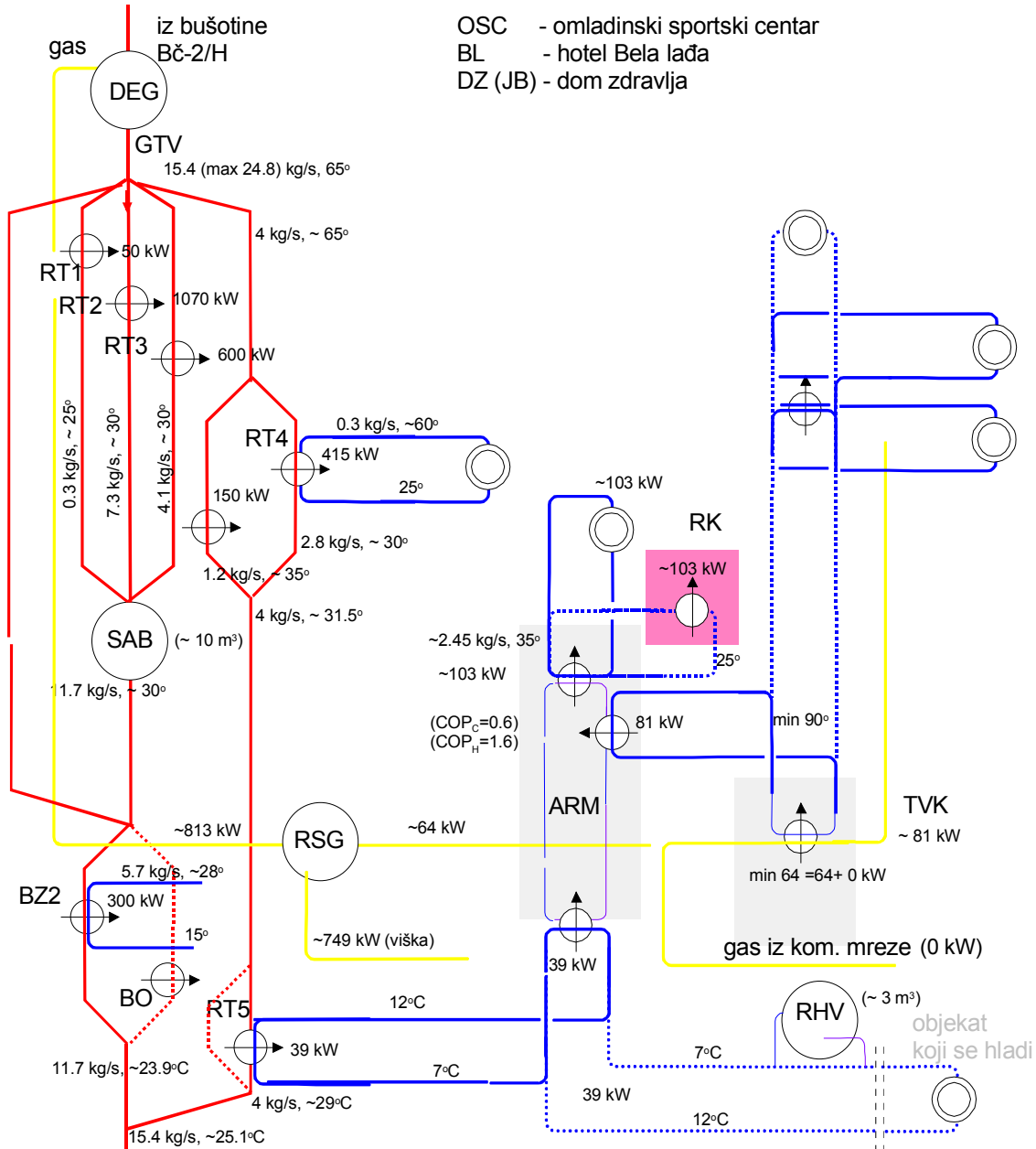
Najniži resursi bušotine u letnjem režimu sugerišu instalaciju datu slikom 24. Rashladna mašina bira se prema najnižem kapacitetu gasa iz bušotine. Jasno, snižen je rashladni kapacitet, manja ARM, manja RK, manji kotao, i shodno tome investicije za interne potrebe JB. Ipak, toplotni potencijal bušotine sa osvrtom na GTV nije sasvim iskorišćen. Pre svega zbog terapijskog bazena BZ1 u JB, čija voda se nakon upotrebe odbacuje na temperaturi od oko 35°C (iz higijenskih razloga ne predviđa se ubacivanje takve vode u otvorene bazene BO).

Bez korišćenja potencijala bušotine, rashladni kapacitet bi mogao da se poveća do željenih potreba samo angažovanjem komercijalnog gasa iz komunalne mreže. Takvi, pak, zahtevi izlaze izvan okvira eksploatacije same bušotine. Međutim, mogu biti značajni sa stanovišta sagledavanja kapaciteta bušotine u zimskom režimu – slika 25, kada bušotina nudi veće količine gasa.

Provera zimskog režima: instalacija predviđena za letnji režim eksploatacije za JB, slika 24, prilagođena za uslove zimske eksploatacije kapaciteta Bč-2/H prikazana je scenariom na slici 25. Pokazuje znatne količine neiskorišćenog gasa (za izabranu mašinu), kao i daleko više temperature potrošene GTV iznad temperature okruženja: toplotni potencijal GTV nije maksimalno iskorišćen.



Slika 24. **Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom:** Instalacija za korišćenje potencijala bušotine BČ-2/H u sezoni hlađenja objekata (leti) – najnižom snagom; najmanje 1,400 h/a



Slika 25. **Aktuelni kapaciteti, sa rekonstrukcijom:** Instalacija za korišćenje potencijala bušotine Bč-2/H u **sezoni grejanja** objekata (zimi i u prelaznim režimima) – **najnižom snagom**; najmanje 3,200 h/a

Naglasice se povoljnosti i slabe strane ove varijante.

Prednosti:

- niskotemperaturne potrebe JB su skoro sasvim podmirene tokom zime,
- postoji višak gasa (za čije korišćenje teško da bi se našao zainteresovani potrošač).

Nedostaci:

- toplotni potencijal GTV nije maksimalno iskorišćen, GTV je znatno iznad temperature okruženja u zimskom režimu.

Kompromisno (srednje) rešenje i predlog za dalju razradu

Između dve krajnosti razumno je da se predloži kompromisno rešenje. Predlog je ovde otežan činjenicom da se sada ne poznaju potrebe za hlađenjem kod JB. Iz tog razloga će se predložiti i donekle odbraniti sledeće.

Treba izabrati jedan kotao za potrebe zimskog režima, ili razmotriti bateriju od dva kotla, ukupne snage za zimski režim. Prvi predlog se brani fleksibilnošću opsega jednog gasnog kotla, a drugi predlog se brani željom da se optimalni režim svakog kotla očuva u različitim sezonama eksploatacije.

Treba izabrati jednu ARM (ATP), ili bateriju od dve mašine sa ekvivalentnim rashladnim i toplotnim kapacitetima. Pri tom je moguće operisati samo sa jednom RK za letnji režim. Performanse jedne ARM su osetljivije na promenu režima (za razliku od performansi kotlova), te je u okviru naznačenih graničnih potreba svakako preporučljivije biranje dve ARM.

Izbor dva uređaja za iste potrebe umesto jednog je svakako skuplje (mada sigurno ne dvostuko skuplje) rešenje, i stoga bi svakako bilo nužno poznavanje rashladnih potreba JB. To bi nesumnjivo suzilo raspon između potreba u zimskom i letnjem režimu, te time olakšalo odluku u vezi konačnog predloga varijante (sa jednim, ili sa dva uređaja). No i pored toga, o ovakvim intervencijama se može načelno zaključiti sledeće:

- obavezna bi bila investicija za separaciju i pripremu gasa, sa maksimalnim kapacitetima bušotine, čak i kada osim JB ni jedan drugi od priključenih potrošača ne koristi izdvojeni i pripremljeni gas,
- instalacija bi tokom leta morala da računa na kupovinu dopunskog gasa iz mreže, ili bi korisnik (JB) trebalo da je voljan da eksploatiše bušotinu prema sopstvenim potrebama (samo radi gasa iz bušotine). U drugom slučaju kapacitet same bušotine (sa gledišta potrošnje geotermalne vode) ne bi bio maksimalno iskorišćen.

Na kraju napomenimo još jednom da nikave varijante sa kompresionim rashladnim mašinama nisu uzete u razmatranje, kako u zimskom, tako i u letnjem režimu. Jer, u takvom slučaju, svaka mogućnost eksploatacije gasa iz bušotina bila bi isključena (misli se na korišćenje najjeftinijih instalacija, onih kod kojih se ne predviđaju kogenerativna postrojenja gonjena gasom), a sama električna energija će, i to uskoro, svakako biti osetno skuplja od svakog gasa.

3 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Rezultati analize ove studije ukazuju na nekoliko ključnih opredeljenja.

Opšti osvrt

- Sa geološkog aspekta, energetske potencijali hidrotermalnih bušotina nisu u dovoljnoj meri istraženi.

Ukoliko se pristupi investiciji poput planiranih objekata, kao što su "akva park" i sl., neophodno je izvršiti proveru izdašnosti mogućih hidrotermalnih bušotina.

- Specifičnost hidrotermalnih bušotina u području Bečeja je visok "gasni faktor", što u energetskom smislu znači dopunski energetske potencijal u vidu prirodnog gasa – metana.

S obzirom da je gasni faktor, odnosno odnos hidrotermalnih voda i metana veći od 1, postoji mogućnost da se taj gas koristi za proizvodnju električne energije putem gasnih motora, odnosno gasnih turbina.

- Kod izrade generalnog projekta budućeg korisnika geotermalne energije, neophodno je vrlo pažljivo utvrditi način na koji se mogu iskoristiti potencijali ovog izvora.

Danas u svetu postoje tehnologije korišćenja niskopotencijalnih izvora energije, koje se mogu uspešno primeniti i u Bečeju.

Napraviće se velika greška ukoliko se pristupi izradi konvencionalnih tehničkih rešenja.

- Racionalna primena ovih energetskih resursa nije moguća bez "subvencije" države. To podrazumeva, što je i uobičajeno u Evropskoj uniji, da tzv. "zelena energija" ima strateški značaj, a to praktično znači rasterećivanje od poreza, nadoknada i sl., u odnosu na konvencionalne energetske izvore. Jedino se pod tim uslovima može koristiti ovaj oblik energije.

U vezi korišćenja otpadnog gasa iz bušotina

- Problemi eksploatacije gasa iz bušotina moraju da se razmatraju integrisano sa problematikom iskorišćenja toplote geotermalnih voda, i to u svakom od pojedinačnih slučajeva: samo izlivanje geotermalnih voda radi eksploatacije gasa nije energetske, niti ekonomske prihvatljivo kod relativno niskih gasnih faktora geotermalnih bušotina na području opštine Bečej.
- Optimalno korišćenje potencijala bušotina, sa stanovišta eksploatacije gasa, nameće nužnost centralizovane separacije i pripreme gasa. Zbog značajnih troškova ulaganja u postrojenja za separaciju i pripremu gasa za klasično korišćenje (npr. u kotlovima, gasnim motorima i sl.) nisu preporučljive nikakve neusaglašenosti zahteva eksploatacije potencijala od strane različitih korisnika potencijala.

U vezi korišćenja geotermalne vode niskog potencijala za zagrevanje plastenika i staklenika

- Temperaturni režim i količina geotermalnih voda iz bušotina na području opštine Bečej, i lokacija ovih bušotina, daju zaista široke mogućnosti korišćenja za potrebe plastenika i

staklenika. To potvrđuju realizovana postrojenja iste namene, a srodnih potencijala, koja pouzdano i uspešno već funkcionišu u Vojvodini.

- Načelno, korišćenje potencijala bušotina kod plastenika, staklenika i srodnih objekata, odavno nije tehnički problem, već pre svega stvar procene potencijalnih investitora u ekonomsku opravdanost takvog izbora.

U vezi korišćenja geotermalne vode primenom toplotne pumpe za potrebe hlađenja u letnjem periodu

- Energija geotermalnih voda sa temperaturama ispod 100-110°C, kakve su upravo na području opštine Bečej, ekonomski nije prihvatljiva kao potencijal za pogon komercijalno raspoloživih rashladnih mašina. Pogonski potencijal može ovde da bude *samo separisani i pripremljeni gas* iz bušotina. Najmanje tada treba investirati u postrojenja sa apsorpcionom rashladnom mašinom.
- Separacija gasa (za pogon rashladne mašine) podrazumeva izlivanje vode u znatnim količinama, i važno je da se opravda potencijal same geotermalne vode. Takve količine bi mogle da budu interesantne za neku od industrija, ali isto tako za neke od sadržaja koji su karakteristični kod sportsko-rekreativnih centara i akva-parkova. Uz odgovarajuću ponudu sadržaja i cena takva alternativa bi verovatno bila ekonomski isplativa. Sa tehničko-energetskog, to bi svakako bilo vrlo komotno i luksuzno korišćenje resursa (sve skuplje i sve traženije) energije.
- U cilju višesezonske eksploatacije investirane rashladne mašine, obavezno se preporučuje njeno funkcionisanje i u režimu toplotne pumpe, za potrebe zagrevanja objekata (dakle izvan sezone hlađenja). Analize za bušotinu BČ-2/H pokazuju da se pored već predviđenih kapaciteta novim potencijalnim korisnicima može ponuditi čak oko 2,500 kW toplotne snage koja odgovarara režimu niskotemperaturnog (podnog grejanja) 25 do 35°C.

U vezi korišćenja geotermalne vode niskog potencijala za potrebe postojećeg bazena i Jodne banje

Ovde je zahtevana problematika razmatrana u kontekstu šire problematike potpune eksploatacije potencijala bušotine BČ-2/H, pošto su "postojeći bazen i Jodna banja" samo jedan od postojećih korisnika. U vezi s tim, iznosi se sledeće:

- Jodna banja (kao samo jedan od korisnika potencijala BČ-2/H) i razmatranja zahteva za Jodnu banju ne bi smela da remete potrebe ostalih korisnika, ili bi bar podrazumevala pristanak ostalih korisnika na eventualne promene uslove eksploatacije. Ova druga mogućnost može da bude vrlo različita, i stvar je neposrednih dogovora, te se ovde dalje nije razmatrala.
- Problem grejanja je već rešen, problem hlađenja nije, ali je rešiv sa stanovišta već naglašenog u okviru eksploatacije gasa iz bušotina.
- Sve razmatrane mogućnosti podrazumevaju instalaciju za separaciju i pripremu gasa iz bušotine. Vlasnik bušotine, tačnije vlasnik resursa, ili potencijala bušotine je JP "Naftagas" i zavisno od aranžmana između vlasnika i korisnika, investicija za instalaciju pripreme gasa može da padne na teret vlasnika, ili na teret zainteresovanog korisnika (konkretno Jodne banje). Pogotovu stoga što takva intervencija kvalitativno menja odnos između vlasnika i korisnika potencijala, i to ne samo JB već i svih drugih.

- Bez zalaženja u traženje rešenja prethodnih dilema, napominjemo samo da bi takvi problemi trebalo da budu rešeni generalno za sve korisnike, pogotovo što bi pojedinačne intervencije u tom pravcu bile prevelika i teško privatljiva investicija samo za JB, pogotovu ako odnosi vlasništva nad resursima i korišćenja resursa nisu jasno ustanovljeni.

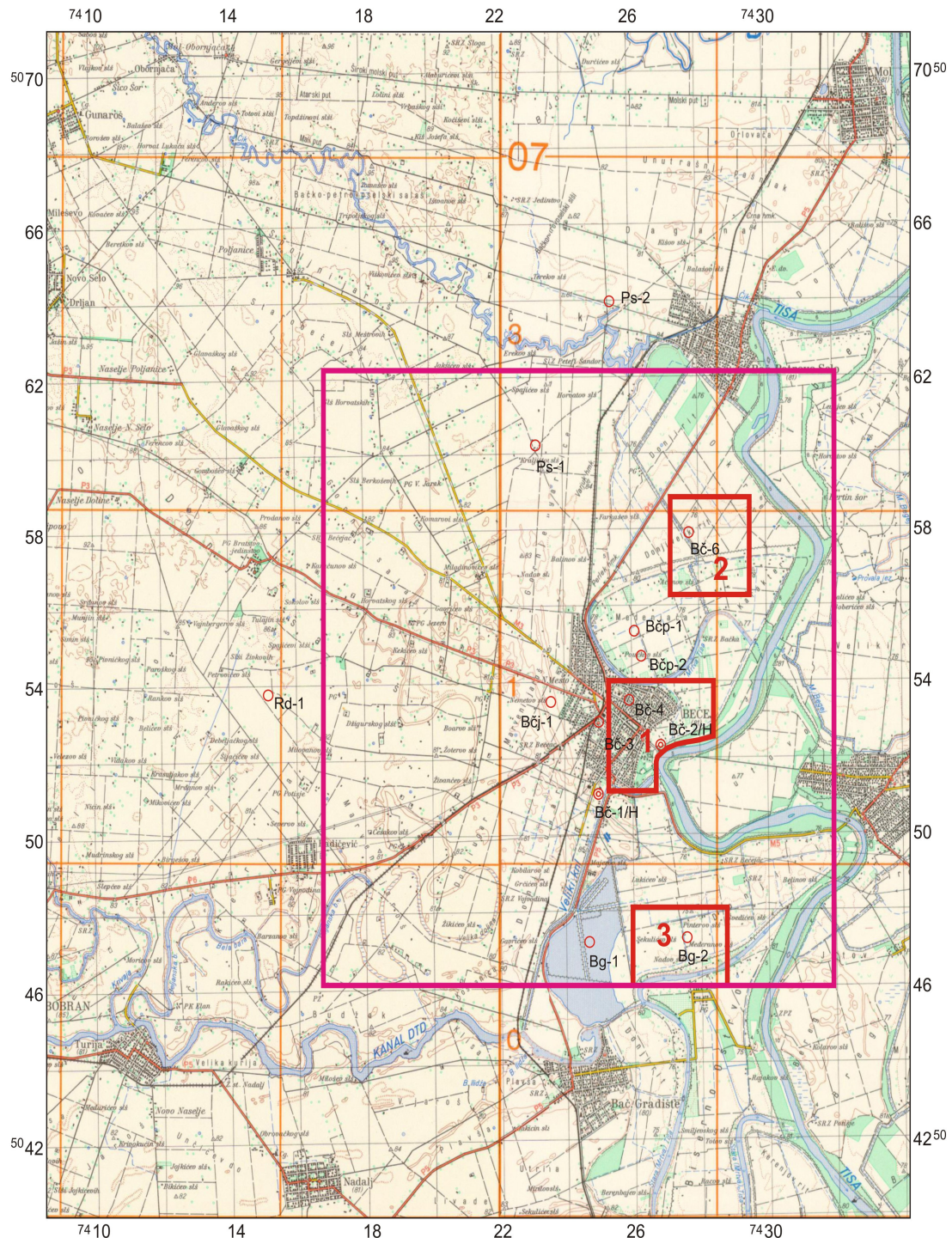
4 LITERATURA

1. Aksin V i dr. 1997/98: Istraživanje i korišćenje izvora geotermalne energije u Srbiji, Srpska akademija nauka i umetnosti, Odbor za energetiku, Pododbor za geotermalnu energiju, Beograd.
2. Zavod za urbanizam Vojvodine, 2006: Studija prostornog razmeštaja banja u A.P. Vojvodini-prva faza.
3. Janković P., Stanković S., 1973: Prilog poznavanja geologije Srema na osnovu rezultata dubokog istražnog bušenja (separat).
4. Kemenci P., Čanović: Preneogena podloga vojvođanskog dela Panonskog basena – prema podacima iz bušotina (separat).
5. Koščel M., Menković Lj., Knežević M., Mijatović M., 2005: Geomorfološka karta Vojvodine (karta i tumač) "Geozavod – Gemini" Beograd
6. Milosavljević S. i dr. 1995: Hidrotermalni potencijal jugoistočnog dela Panonskog basena i stanje korišćenja, JUNG, Vrnjačka banja.
7. Milosavljević S. i dr. 1995: Hidrogeološka istraživanja u Vojvodini (istraživanje pijaćih, tehnoloških i termo-mineralnih voda), Monografija 100 godina hidrogeologije u Jugoslaviji, Beograd.
8. Milosavljević S. i 2006: Projekat detaljnih hidrogeoloških (hidrotermalnih) istraživanja na širem području Inđije, "Tehnoproing", D.O.O. Novi Sad.
9. Milosavljević S. i dr. 1995: Ekspertska geološko-ekonomska ocena stanja i perspektive istraživanja i proizvodnje nafte, gasa i geotermalne energije u SR Jugoslaviji, Naftagas, Novi Sad.
10. Milosavljević S., Vidović S., 1999: Stanje istraživanja i mogućnosti korišćenja termomineralnih voda u Vojvodini, XII jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, Novi Sad.
11. Petković K. i dr., 1976: Fruška gora – monografski prikaz geološke građe i tektonskog sklopa, Matica srpska, Novi Sad
12. Soleša M. i dr. 1991/92: Novi koncept racionalne proizvodnje i korišćenja geotermalne energije primenom integralnog modela geotermalnog sistema, Naftagas, Novi Sad.
13. Filipović B. i dr. 2005: Regionalna hidrogeologija Srbije, Rudarsko-geološki fakultet, Institut za hidrogeologiju, Beograd.
14. Filipović B., 2003: Mineralne, termalne i termomineralne vode Srbije, Udruženje banjskih i klimatskih mesta Srbije, Vrnjačka banja, Institut za hidrogeologiju RGF u Beogradu.
15. Čučulić – Trifunović M., 1985: OGK SFRJ 1:100 000 list "Inđija" (karta i tumač) Savezno ministarstvo za privredu, Beograd
16. Nacionalni program energetske efikasnosti: Studija potencijala geotermalne energije i mogućnost proizvodnje električne i toplotne energije, Fakultet tehničkih nauka, Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline, Novi Sad, 2004., EE706-1026A, Republika Srbija, Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj, Beograd, Nemanjina 24.
17. Korišćenje energetske potencijala bušotine geotermalne vode u Bečeju za energetske potrebe lokalnog konzuma, Fakultet tehničkih nauka, Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline, Novi Sad, avgust 2005., www.psemr.vojvodina.sr.gov.yu
18. Mogućnost korišćenja energetske potencijala geotermalnih voda u Vojvodini, Fakultet tehničkih nauka, Institut za energetiku, procesnu tehniku i zaštitu okoline, Novi Sad, jun 2005., www.psemr.vojvodina.sr.gov.yu
19. Battocletti Liz, Lawrence B. and Associates, Inc., Geothermal Small Business Workbook 2003.
20. www.geothermal-biz.com
21. www.worldbank.org/html/fpd/energy/geothermal/technology.htm
22. Project: Key Issues for Renewable Heat in Europe (K4RES-H), Key Issue 5: Innovative Applications Geothermal Utilization for Industrial Processes, EGEC-European Geothermal Energy Council, 2004-2007.

23. Nisyros Low Enthalpy Geothermal Energy Utilization, C. Karytsas and D. Mendrinos, Centre For Renewable Energy Sources, Greece, 2003.
24. Feasibility of Geothermal Agricultural Projects at the Beginning of XXI Century, K. Popovski, Sanja Popovska-Vasilevska, GHC Bulletin, 2001.
25. Rafferty K.D.: Greenhouses, P.E. OIT Geo-Heat Center Klamath Falls, OR 97601
26. Varga, P.: The use of Geothermal Energy in The Socialist Autonomous Province of Vojvodina with Special Emphasis on Bč-2/H Hydrothermal Borehole, a Project in Bečej, Second World Congress on Heating, Ventilating, Refrigeration and Conditioning, Sarajevo, 1989.

PRILOZI

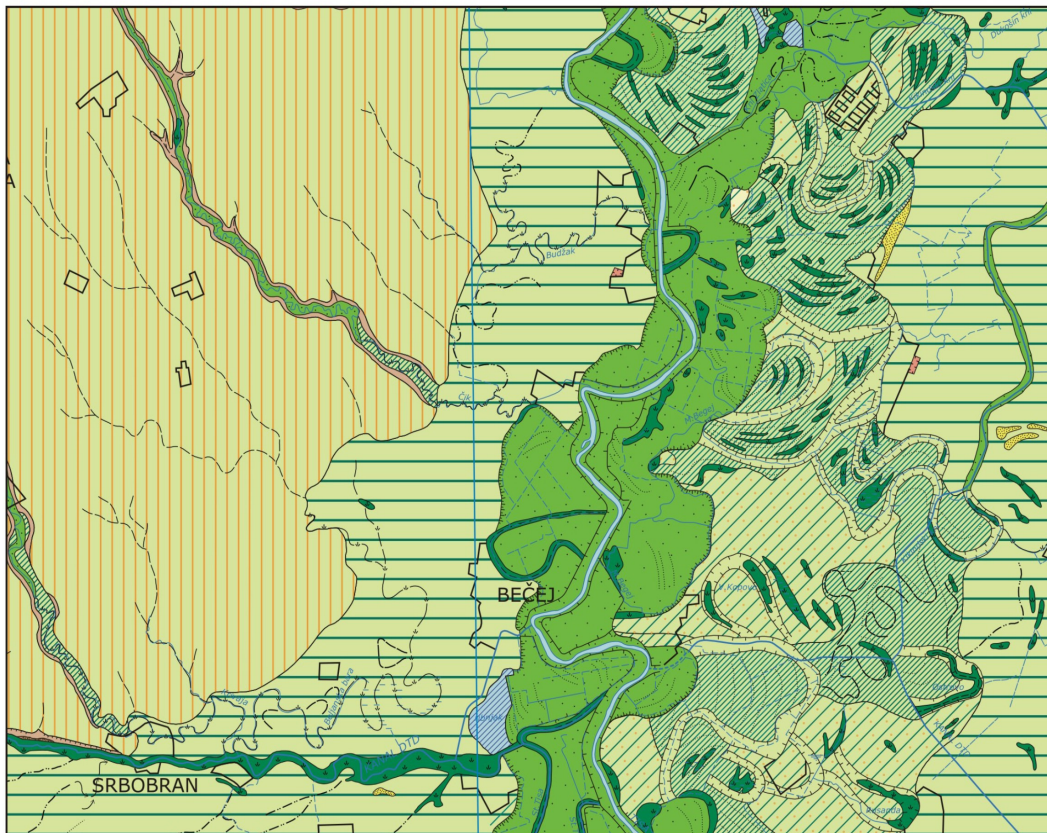
TOPOGRAFSKA KARTA PODRUČJA OPŠTINE BEČEJ 1:100.000



LEGENDA:

- | | | | |
|--|---|--|------------------------|
| | Područje obuhvaćeno proračunom rezervi termomineralnih voda | | Istražna bušotina |
| | Hidrotermalno polje | | Hidrotermalna bušotina |

GEOMORFOLOŠKA KARTA PODRUČJA OPŠTINE BEČEJ 1:400.000








LEGENDA








FLUVIJALNI RELJEF FLUVIAL RELIEF

-  doline u lesu
valleys in loess
-  staro, napušteno rečno korito
abandoned riverbed
-  niža rečna terasa
lower river terrace
-  viša rečna terasa pokrivena lesom
higher river terrace
-  terasni odsek
terrace scarp
-  odsek lesne zaravni
loess bluff
-  suvi kanali ocednih tokova
dry drain channels
-  tragovi pomeranja rečnog toka
traces of riverbed displacement
-  aluvijalna ravan
alluvial plain







FLUVIO - BARSKI RELJEF FORMS OF FLUVIO-MARSHY ENVIRONMENT

-  mrtvaja - manji napušteni meandar
oxbow, abandoned minor meander
-  mrtvaja - veći napušteni meandar
oxbow lake - abandoned major meander
-  bare i močvare
swamps and marshes
-  reke u fazi zabarivanja
river becoming swamp
-  fluvio-barsko dno panonskog basena
b

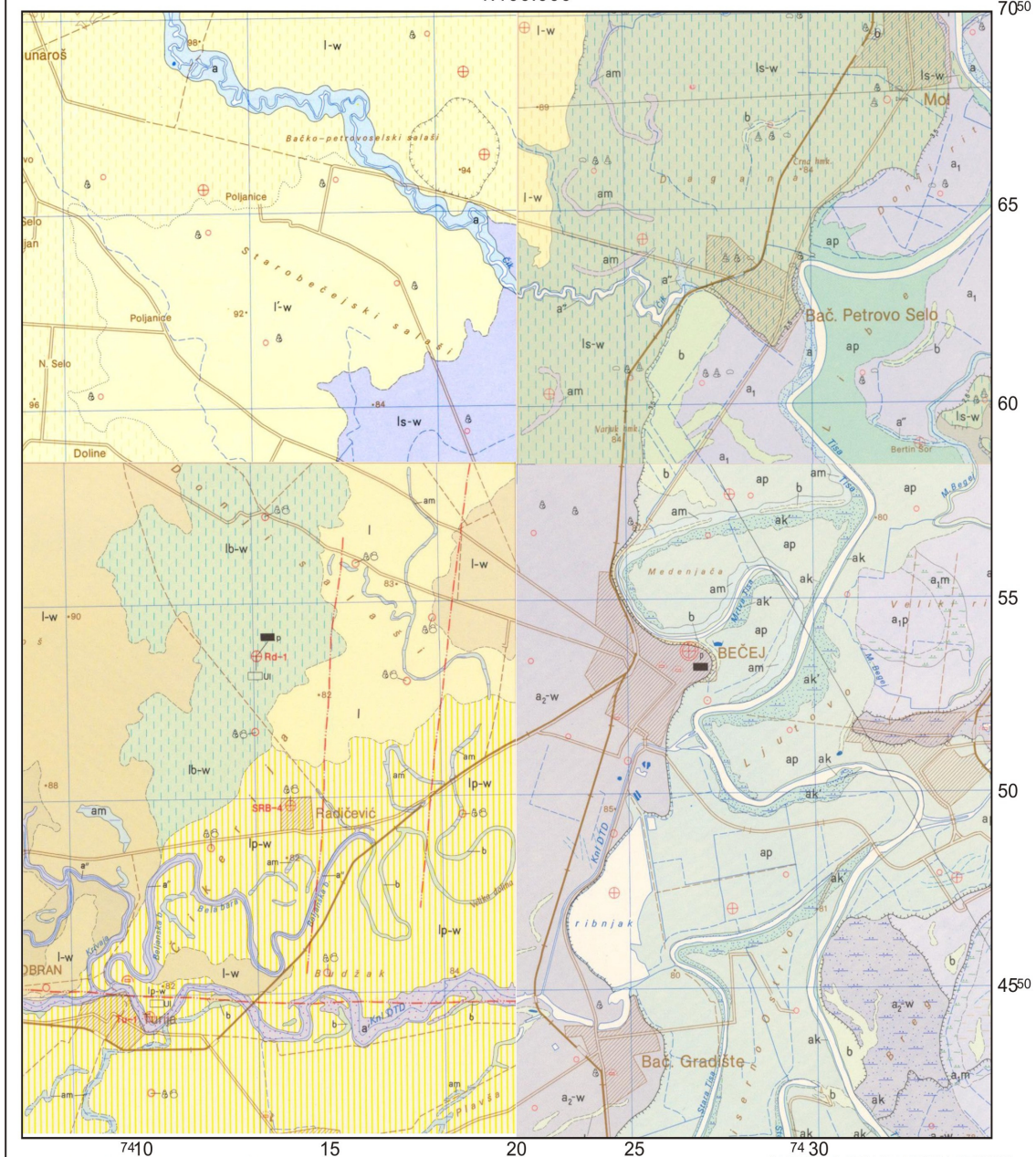
EOLSKI RELJEF EOLIAN RELIEF

-  lesna zaravan
loess plateau
-  lesna dina
loess dune
-  izduvina
corrosive groove
-  peščani pokrovi visokih dina
high dunes field
-  peščani pokrovi niskih dina
low dunes field
-  peščani pokrovi sa slabo izraženim dinama
sandy plain caused by eolian accumulation
-  individualni peščani bedemi
individual sand heaps

ANTROPOGENI RELJEF MAN MADE FORMS

-  urbana sredina
settlements
-  iskopi
quarries, open pits
-  ribnjaci
fish-ponds
-  vodoodbrambeni nasip
protective embankment
-  veliki kanal DTD
major channel, system DTD
-  manji kanali
minor channel, system DTD

GEOLOŠKA KARTA PODRUČJA OPŠTINE BEČEJ 1:100.000



LEGENDA KARTIRANIH JEDINICA:

- | | | |
|---------|-----|---|
| holocen | | barski sedimenti |
| | | aluvijum: alevritski peskovi i glinovito-peskoviti alevriti |
| | | aluvijum: alevritski peskovi i glinoviti alevriti |
| | | facija rečne plaže-peskovi i alevriti |
| | | facija mrtvaja-alevriti, gline i peskovi |
| | | facija mrtvaja-alevriti i gline |
| | | facija povodnja-alevriti, peskovi i gline |
| | | facija povodnja-alevriti, peskovi i gline |
| | | facija korita-peskovi i alevroliti |
| | | rečna terasa-peskoviti alevriti i peskovi |
| | les | |

- | | | |
|------------|------------------------------|---|
| pleistocen | | facija povodnja-lesoidni alevriti i alevritični peskovi |
| | | kopneni les morfoloski oblikovan |
| | | lesoidni sedimenti |
| | | barski les |
| | | les-lesoidni peskoviti alevriti |
| | povodanjsko barski sedimenti | |

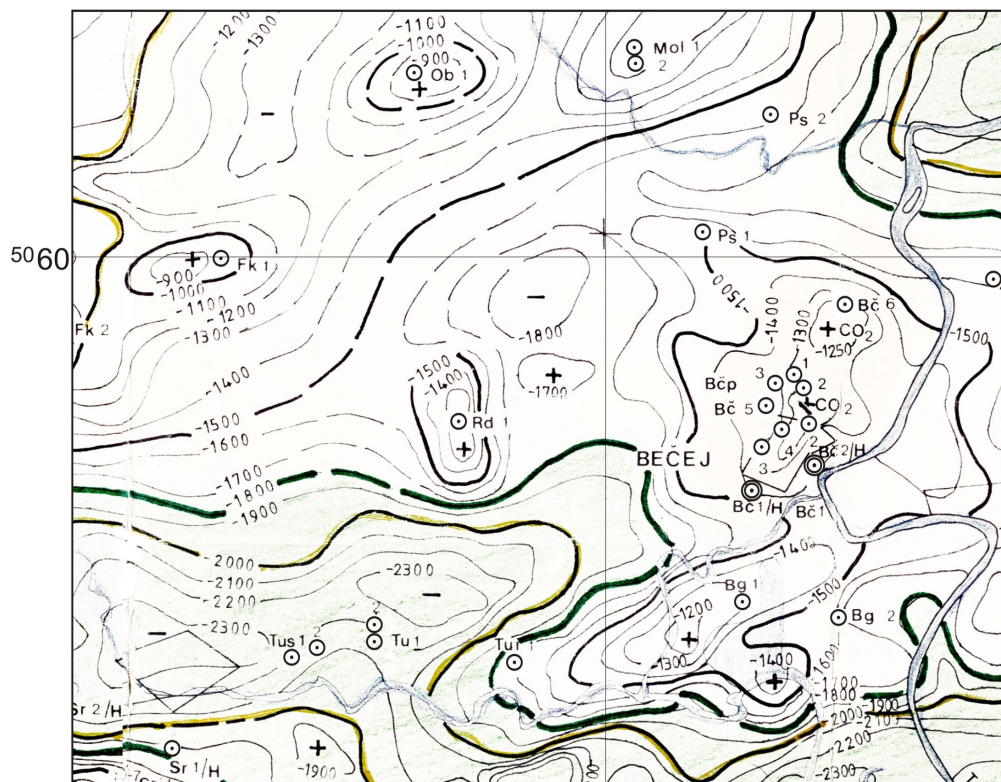
LEGENDA TOPOGRAFSKIH OZNAKA

- | | |
|--|------------------|
| | automobilski put |
| | kolski put |
| | železnicka pruga |
| | veći kanal |
| | sušica |
| | veća reka |
| | reka |

LEGENDA STANDARDNIH OZNAKA





- | | |
|--|-----------------------------------|
| | normalna granica utvrđena |
| | normalna granica pokrivena |
| | osmatrani rased |
| | mikroflora i mikrofauna |
| | plitka i duboka bušotina |
| | Bušotina na termomineralnu vodu |
| | glinište (ciglana) |
| | izduvine: okruglaste lesne vrtače |

**STRUKTURNA KARTA PODRUČJA OPŠTINE BEČEJ PO BAZI
NEOGENIH SEDIMENATA
1:200.000**

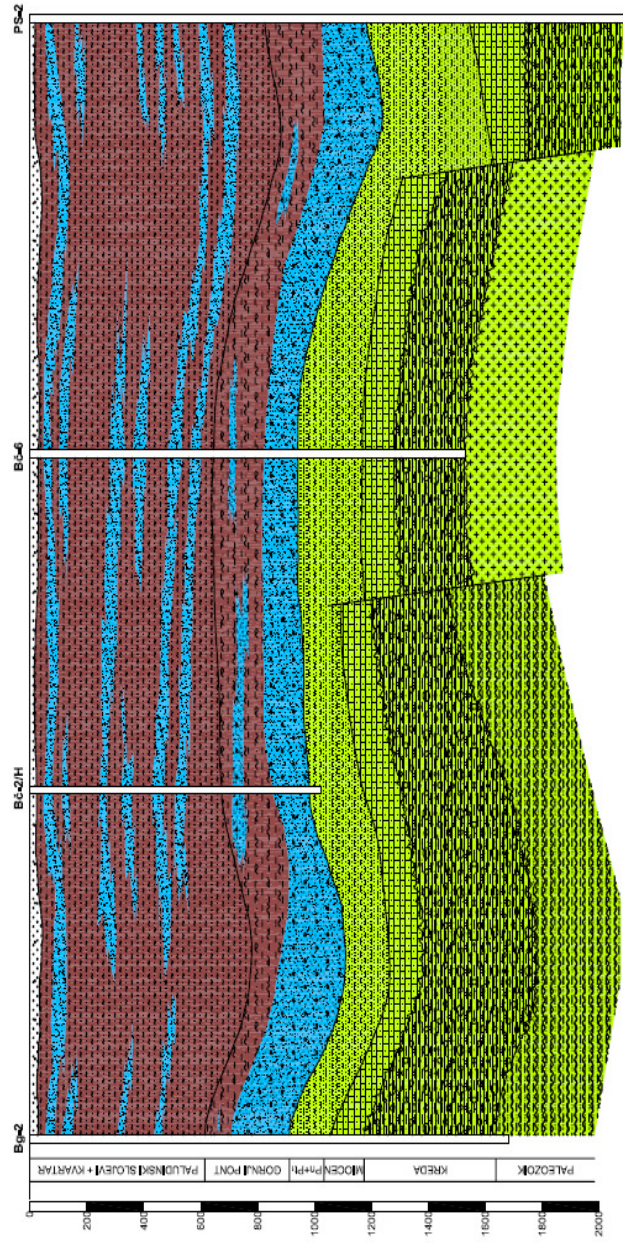


74 20

LEGENDA:

-  Izobata-baza neogenih sedimenata
-  Bč-2/H Hidrotermalna bušotina
-  Bč-6 Duboka bušotina
-  Naseljeno mesto

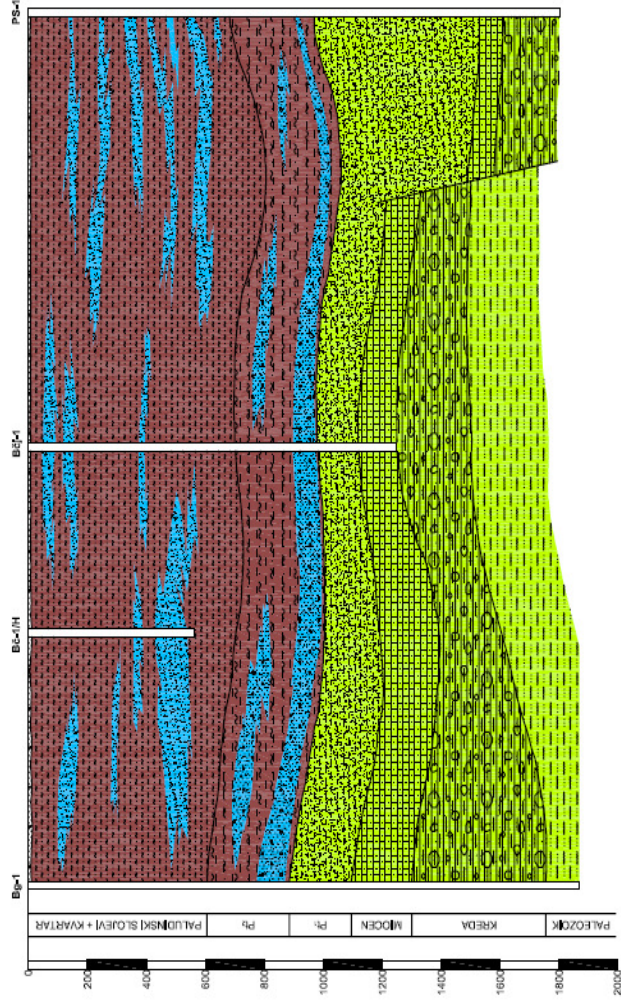
PROGNOZNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL Bg-2-PS-2
 (B. Gradišče-B.P. Selo)
 RAZMERA V/H 1:20.000/100.000



LEGENDA:

- | | | | | | |
|--|---|--|--|--|---------------------------|
| | površinski raspadnuli material | | granit (Pz) | | normalna geološka granika |
| | pesak različite granulacije (Pz, Paludinski slojev, Q) | | lipori, peskoviti lipori, peščarji (P1) | | normalna geološka granika |
| | peskovite gline, gline, glinoviti pesak (Palud., s.l., Q) | | organogeni krečnjaci, peščarji (M) | | transgresivna granika |
| | gline, peskovite laporovite gline, glinoviti pesak (Pz) | | alevriti, peščarji, konglomerati breče (Kz) | | razsed |
| | | | grajski, mikasisti, amfiboloidi škrljanci (Pz) | | |
| | | | bezvodni dioriti terena | | |

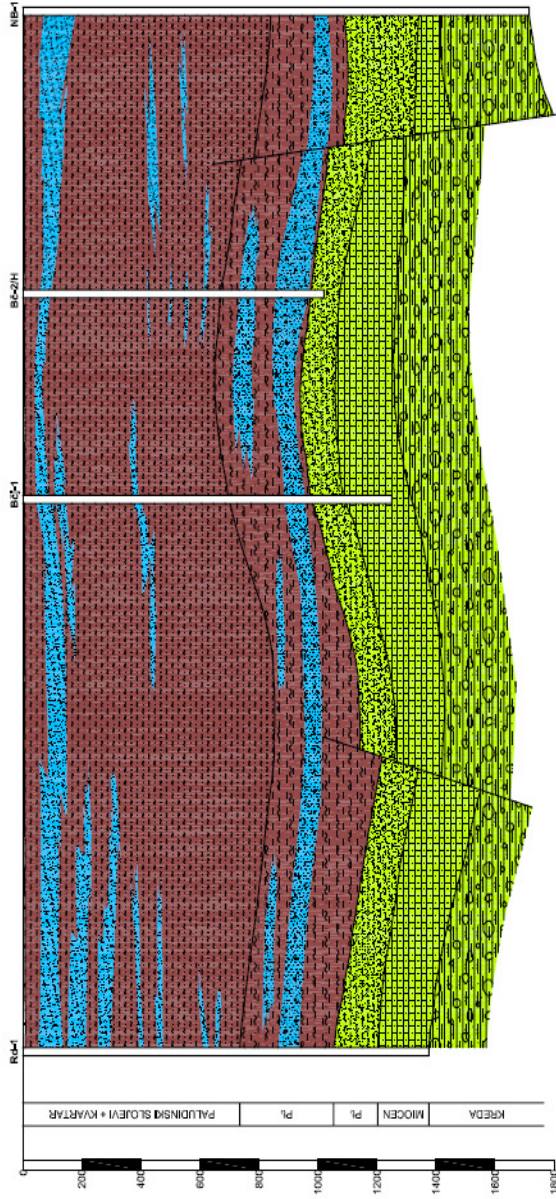
PROGNOZNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL Bg1-PS1 (B.Gradište-B.P.Selo) RAZMERA V/H 1:20.000/50.000



LEGENDA:

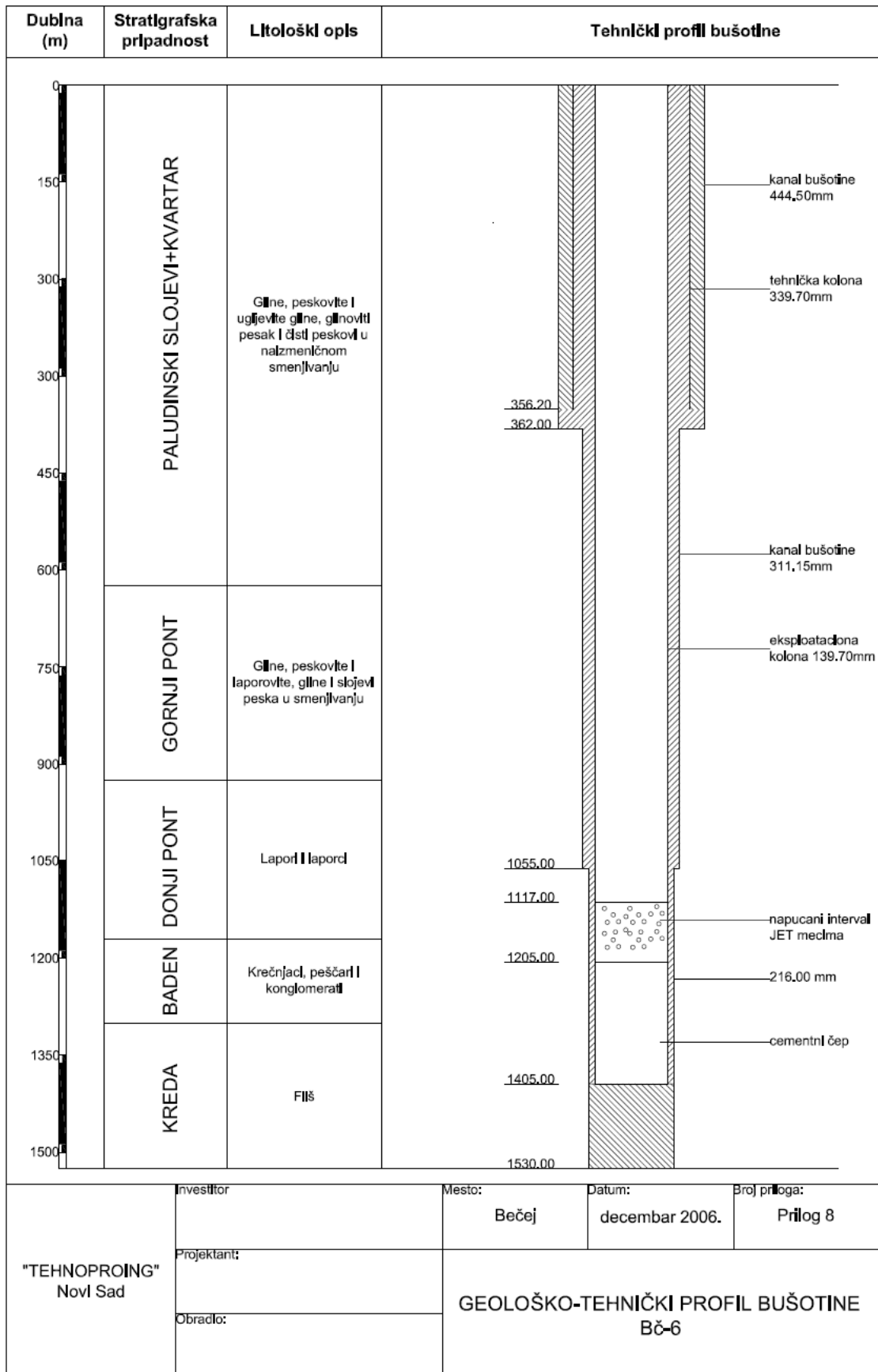
- | | | | | | |
|--|--|--|--|--|-----------------------------|
| | površinski razpadniti material | | zbitni ilovčani | | izražena bušolna |
| | pesak razbita granulacije (Pb, Paleogenski skijanci C) | | pukotinski ilovčani | | normalna geotektska granica |
| | peskovite oline, oline, glinoviti pesak (Palud. silt. C) | | bazaltni delovi terena | | transgresivna granica |
| | oline, peskovite laporovite oline, glinoviti pesak (Pz) | | gnejso, mikakšni, amfibolisti | | raisec |
| | laport, peskoviti laport, pesčani (Pt) | | alevriti, pesčani, konglomerati breče (Kz) | | |
| | organogeni krečnjaci, pesčani (M) | | | | |

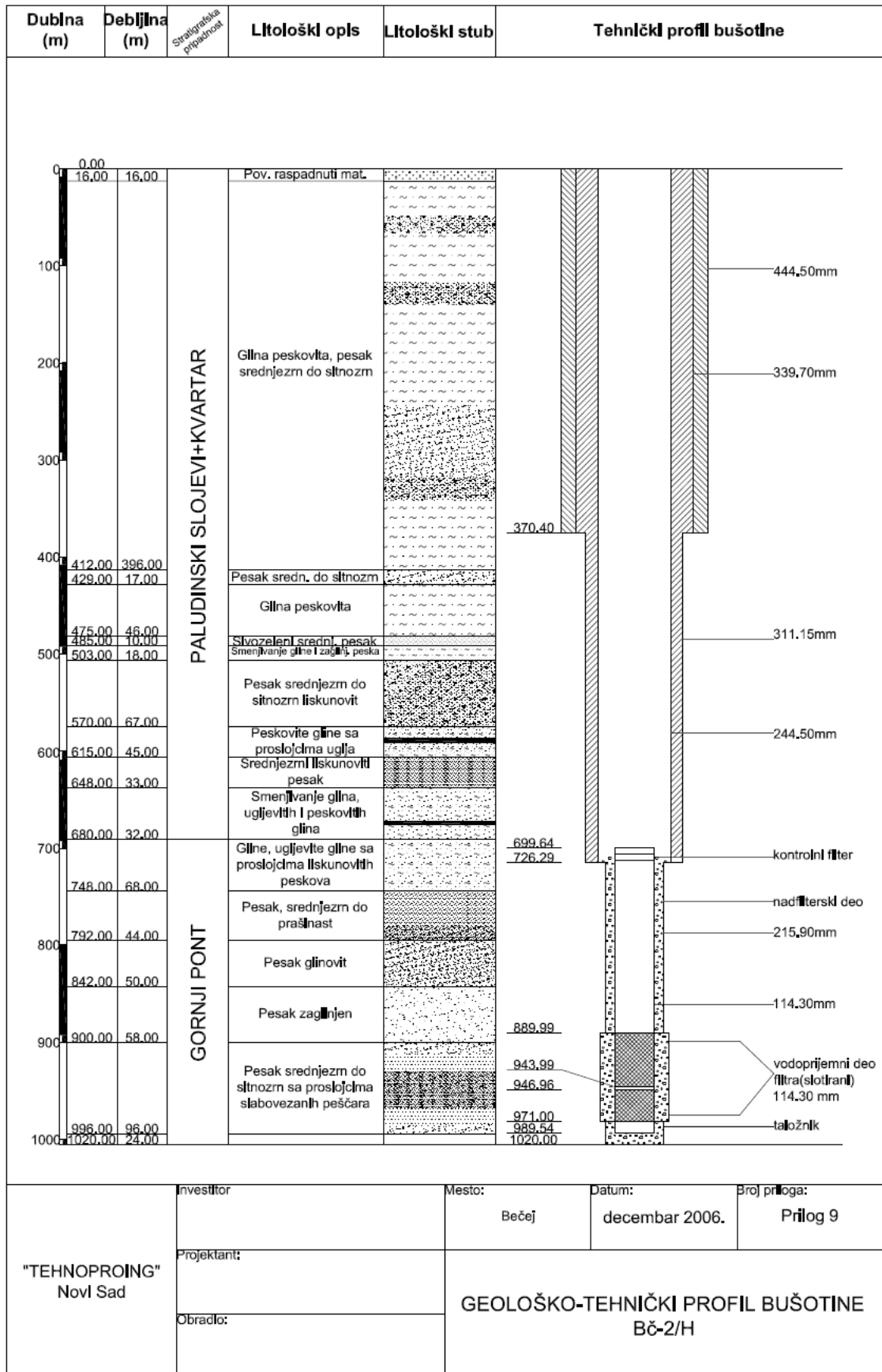
PROGNOZNI HIDROGEOLOŠKI PROFIL Rd1-NB-1
 (Radlčevič-N. Bečej)
 RAZMERA V/H 1:20.000/100.000

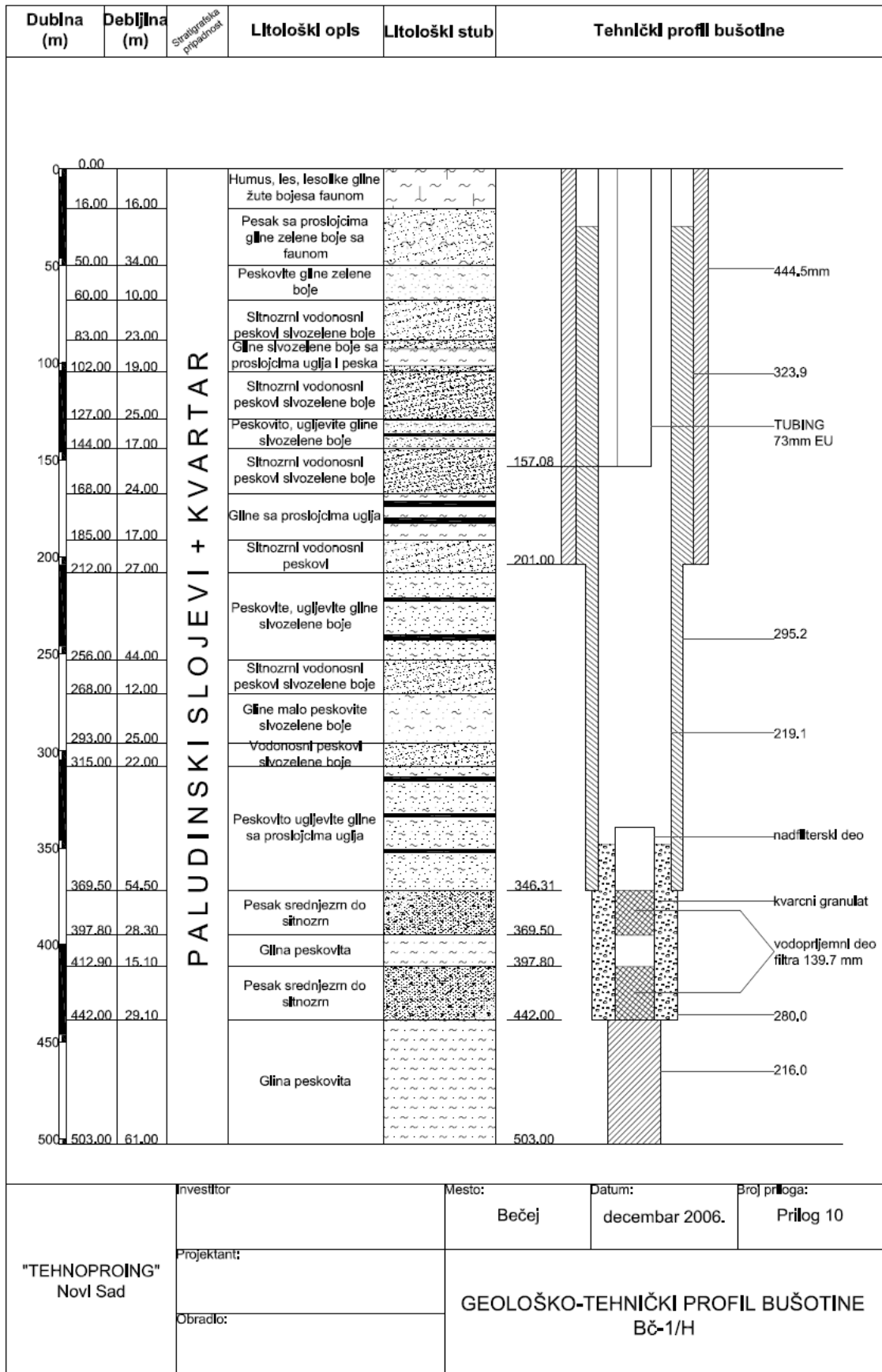


LEGENDA:

- | | | | | | |
|--|--|--|---|--|----------------------------|
| | površinski raspadnuti materijal | | zajamni izotakt | | izrazna bušotina |
| | pesak različitih granulacija (Pl, Paludinski slojevi, O) | | organo-genet. krečnjaci, peščari (M) | | normalna geodolška granica |
| | peskovite gline, gline, glinoviti pesak (Palud., sl. O) | | alevriti, peščari, konglomerati breče (K+) | | transgredolška granica |
| | gline, peskovite laporovite gline, glinoviti pesak (Pl) | | glinja, mlikašasti, amfibolasti škrljaci (Pz) | | rasjed |







"TEHNOPROING" Novi Sad	Investitor:	Mesto:	Datum:	Broj priloga:
	Projekant:	Bečej	decembar 2006.	Prilog 10
	Obradio:	GEOLOŠKO-TEHNIČKI PROFIL BUŠOTINE BČ-1/H		

Prilog 11. Struktura i projektovane potrebe korisnika potencijala bušotine Bč-2/H

U studijskim analizama rađenim u fazi pripreme rešenja, tokom 1982. godine, za korišćenje geotermalnog potencijala bušotine Bč-2/H razmatrano je priključenje sledećih objekata [17]:

▪ Postojeća Jodna banja i depadansi	347 kW
▪ OSC "Mladost" (u gradnji)	1,992 kW
▪ hotel (u projektovanju, 3,000 m ²)	750 kW
▪ Poslovna zgrada "Naftagas"-a	200 kW
▪ Stambeni objekti u bloku "Veljko Vlahović"	2,800 kW

Ukupno: 6,089 kW

Konačno se očekivani konzum sveo na tri korisnika. To su:

- OSC "Mladost",
- Dom zdravlja "Dr Predrag Hadnađev" (banja i depadansi),
- Hotel "Bela lađa".

Ovaj konzum ima sledeće karakteristike.

OSC "Mladost" (OSC)

Nalazi se na udaljenosti oko 515 m od bušotine. Centar raspolaže sa 8,000 m² zatvorenog prostora i oko 16,000 m² otvorenih površina.

Zatvoreni prostor sadrži: sportsku dvoranu sa tribinama, teretanu, fitnes salu, automatsku streljanu za vazdušno oružje, svlačionice, saunu, disko klub, ugostiteljske sadržaje, prostor za zabavu, holove, kancelarije, prateće prostorije i tri bazena 50x25 m, 33x25 m i 12x6 m koja se pune gradskom vodom.

Na otvorenom prostoru nalazi se: četiri bazena: (16.5x8.2) m, (13.15x6) m, (10.7x7) m i (6x3.3) m koji se pune geotermalnom vodom, "olimpijski" bazen (50x25) m koji se puni gradskom, uz zagrevanje geotermalnom vodom i niz drugih sadržaja za rekreaciju.

Geotermalna voda se dovodi do objekta Centra i koristi se indirektno i direktno. Indirektno, u toplotnim razmenjivačima za zagrevanje sekundarne vode koja cirkuliše u instalacijama centra. Postoje tri razmenjivača za različite namene. To su:

OSC	Radijatorsko i vazdušno grejanje	1 razmenjivač	1,600	kW
	Grejanje bazenske vode: zatvoreni olimpijski bazen 50x25 m koji se puni gradskom vodom (uz zagrevanje pomoću GTV)	1 razmenjivač	350	kW
	Priprema tople potrošne vode	1 razmenjivač	50	kW
		Ukupno:	2,000	kW

Geotermalna voda se koristi direktno u četiri bazena na otvorenom prostoru.

Dom zdravlja "Dr Predrag Hadnađev" (DZ, JB)

Udaljen je od bušotine oko 470 m. Geotermalna voda se koristi indirektno u jednom razmenjivaču za zagrevanje sekundarne vode za grejanje objekta. Primenjuju se dva načina zagrevanja objekta iz jedne podstanice. To su:

DZ	Radijatorsko, i podno grejanje	1 razmenjivač	800	kW
Ukupno:			800	kW

Geotermalna voda se koristi i direktno, za terapijske svrhe u tri bazena 8x6 m na različitim temperaturama, kao i posebnim namenskim kadama.

Hotel "Bela lađa" (BL)

Hotel je udaljen od geotermalne bušotine oko 220 m. Osnovni hotelski kapaciteti su 24 dvokrevetne sobe i 6 apartmana uz prateće sadržaje: sale za poslovne i druge sastanke, restoranske i ostale prostorije na površini od 3,800 m². Geotermalna energija se u hotelu koristi indirektno za:

BL	Priprema tople potrošne vode, i vazdušno grejanje	1 razmenjivač	1,500	kW
Ukupno:			1,500	kW

Ukupno projektovana snaga instalisanih potrošača je:

OSC	Radijatorsko i vazdušno grejanje	1 razmenjivač	1,600	kW
	Grejanje bazenske vode: zatvoreni olimpijski bazen 50x25 m koji se puni gradskom vodom (uz zagrevanje pomoću GTV)	1 razmenjivač	350	kW
	Priprema tople potrošne vode	1 razmenjivač	50	kW
DZ	Radijatorsko, i podno grejanje	1 razmenjivač	800	kW
BL	Priprema tople potrošne vode, i vazdušno grejanje	1 razmenjivač	1,500	kW
Ukupno:			4,300	kW

Iskustva u korišćenju geotermalne vode u ovim objektima ukazuju da je grejanje bilo dobro do temperature spoljnog vazduha od -5°C, dok je temperatura dolazne vode bila 63°C, jer je radijatorsko grejanje projektovano za sistem 90/70°C. Već duže vreme temperatura geotermalne vode na ulasku u razmenjivač je oko 52°C, što u hladnim zimskim danima stvara poteškoće. Ovaj problem u radu sistema tokom oštrih zimskih dana je sasvim ozbiljan, jer objekti nemaju postrojenja za vršno grejanje.

Prema podacima na osnovu kojih je autor radio projekat [26], za bušotinu Bč-2/H ona je imala izdašnost oko 24.8 kg/s. Temperatura GTV na izlaznom grlu računata je 65.3°C, a nakon dogrevanja u kontaktnom zagrevaču sagorevanjem separisanog gasa čak 75°C. Ovaj poslednji podatak o temperaturi GTV je sračunat nekritički previsoko, jer nije uzeto u obzir da će dimni gasovi odneti sa sobom oko 400 kg isparene vode po toni nastalog gasa, što je ogroman gubitak i svodi efikasnost sagorevanja na oko 60-65%. Realno bi se moglo računati na ovakvo dogrevanje GTV do oko 71°C. Računato je, takođe, da se ova voda u primarnim razmenjivačima toplote hladi do nivoa 25°C, što se, takođe, ne može realno očekivati, jer se

podrazumeva da je povratna voda (sekundarni cirkulacioni krug) iz grejnih tela ohlađena na oko 20 do 23°C.

Na osnovu ovih podataka geotermalni izvor Bč-2/H raspolaže toplotnom snagom:

$$24.8 \times 4.19 \times (71-25) = 4,780 \text{ kW}$$

ili uz neminovan gubitak na razmenjivačima toplote od par procenata oko 4,680 kW. To je vrlo moćno postrojenje i kada bi imalo odgovarajućeg potrošača koji bi ovu snagu koristio oko 330 dana po 24 sata dnevno ostvarilo bi potrošnju od oko 37 miliona kWh godišnje, odnosno zamenjivalo oko $4.7 \times 10^6 \text{ m}_n^3/\text{a}$ prirodnog gasa.

Međutim, sadašnji potrošači koriste oko 225,000 m^3/a geotermalne vode (2004. godine 225,549) i to u značajno lošijem temperaturskom dijapazonu (oko 65-25=40°C), što čini energetska izraz potrošnje oko $0.98 \times 225,000 \times 4.19 \times 40 / 3.6 = 10.25 \times 10^6 \text{ kWh/a}$ ili oko 27.7% realno raspoloživih mogućnosti.

Ukomponovanjem danas jeftino dostupnih toplotnih pumpi potencijal bušotine se značajno povećava, jer se tako geotermalna voda pouzdano i lako hladi na nivo od 15°C, što odgovara snazi 5,700 kW, odnosno potrošnji oko 45 umesto 37 miliona kWh/a, a uz to odbačena GTV postaje mnogo prihvatljivija za prirodne recipijente. Iz ovih razloga mi predlažemo kao minimalan zahvat ugradnju odgovarajuće toplotne pumpe u sadašnje postrojenje, a koristio bi je sportski centar kao izrazito najveći potrošač.