

ИСТРАЖИВАЊЕ И КОРИШЋЕЊЕ ХИДРОГЕОТЕРМАЛНЕ ЕНЕРГИЈЕ НА ОПИТНОМ ПОЛИГОНУ "ДЕБРЦ" (ПОСАВИНА)

од

Михајла Симића*, Петра Папића*,
Владана Коцића* и Младена Видовића*

У подручју Дебрца, извођењем геолошких и хидрогеолошких истраживања у периоду од 1987. год. до данас, утврђено је постојање дела карстне издани са термалном водом температуре 55 °С, која се може вишенаменски користити, пре свега у пољопривредне сврхе. Резултати досадашњих истраживања указују да се у Дебрцу може да изгради извориште термалних вода капацитета преко 250 l/s, а у условима реинјектирања и око 500 l/s. Термалне воде се већ 5 година користе за загревање пословног простора површине 2 600 m², при чему је до сад уштеђено 400 t мазута. У току је реализација више развојних пројеката и формирање наставно–научног полигона за истраживање и коришћење геотермалне енергије у пољопривредне сврхе.

Кључне речи: хидрогеотермална енергија, карстна издан, експлоатација, Дебрц, Посавина.

УВОД

Насеље Дебрц се налази у алувијалној равни реке Саве на њеној десној обали. Оно је удаљено око 60 km западно од Београда и око 10 km од познатог природног резервата риба и птица "Обедска бара" (сл. 1). Околина Дебрца је познато агрикултурно подручје у Србији због веома квалитетног обрадивог земљишта и водног богатства од вода реке Саве и подземних вода у њеним алувијалним седиментима.

У току 1987. године у Дебрцу су откривене висококвалитетне пијаће термалне воде у колектору од карстификованих кречњачких стенских маса тријаске старости. Кречњаци се налазе на дубинама од 200 до 500 m испод неогених седимената. Због тога је подручје Дебрца постало веома атрактивно за развој високо вредне агрикултуре на бази геотермалне енергије. Поред тога, остали природни квалитети чине Дебрц погодним за изградњу научних, образовних, спортских, забавних и других објеката на бази коришћења хидрогеотермалне енергије.

У овом раду се приказују резултати хидрогеотермалних истраживања у Дебрцу, која су започета за потребе повећања пољопривредне производње у агроин-

* Институт за хидрогеологију Рударско–геолошког факултета Универзитета у Београду. Бушина 7, 11 000 Београд.

дустријском комбинату "7 Јули", односно за сагледавање могућности изградње једног новог агрокултурног комплекса на бази вишенаменског интензивног коришћења хидрогеотермалне енергије.



Сл. 1. Географски положај подручја истраживања.
Fig. 1. Physical setting of Debrce area.

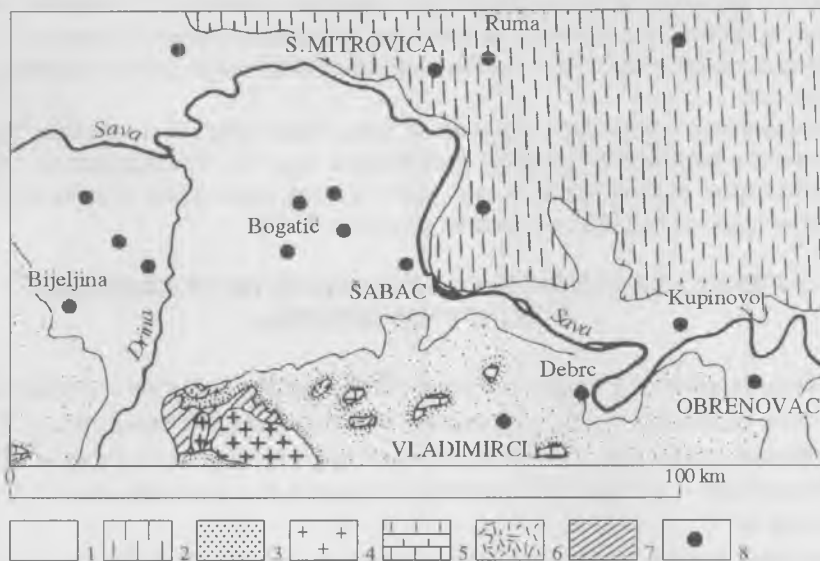
ОПШТЕ ГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

Дебрц се налази у Посавини, на јужном ободу Панонског басена (сл. 2). Основни подаци шире околике Дебрца налазе се, између осталог, у радовима Filipović *et al.* (1973), Rajčević (1983) и Ђоковић и др. (1988). Најстарије стене, које чине подлогу Панонског басена у околини Дебрца су девон–карбонски шкриљци. Они су откривени у подручју око 12 km јужно од њега (сл. 2). Преко њих трансресивно су наталожене стене тријаске старости углавном кречњаци и доломитични кречњаци средњег и горњег тријаса. Дебљина кречњака средњег тријаса је највећа и износи око 500 m. Местимично, јужно и западно од Дебрца, преко кречњака тријаске старости у виду мањих или већих оаза леже кредни кречњаци дебљине до 120 m. Неогени седименти сачињени су углавном од глина и лапора. Њихова дебљина у околини Дебрца је максимално до 650 m (сл. 3).

ОПШТЕ ХИДРОГЕОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

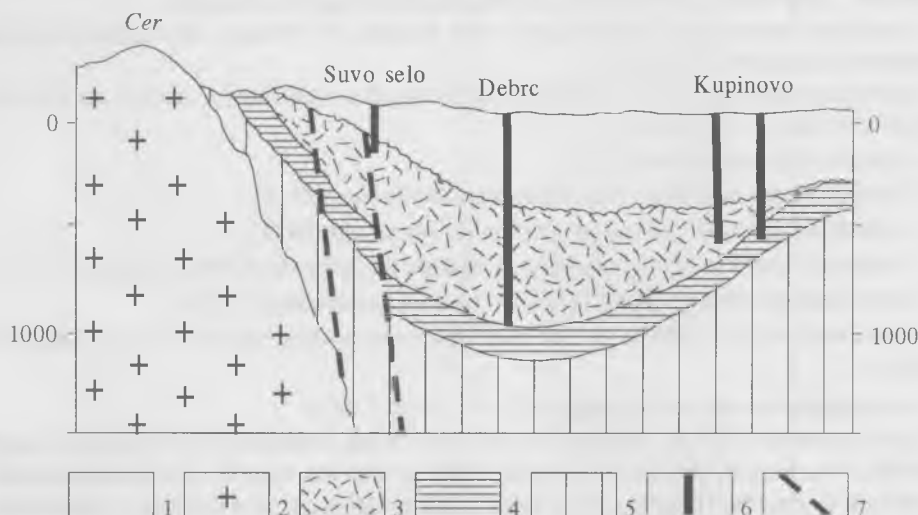
Хидрогеотермалним истраживањима у Дебрцу, која су почела 1987. године, доказано је присуство карстне издани термалних вода. Уствари није откривен нова, засебна, карстна издан, већ је индицирано постојање јединствене карстне издани у подручју Срема, Семберије, Мачве и Посаво–Тамнаве (сл. 2 и 3). Тачан положај ове издани није познат, али се њено пространство процењује на око 2 000 km².

Карстна издан формирана је у тријаским кречњацима дебљине веће од 500 m. Горња граница колектора налази се на дубини од 500–1 000 m. Његово пространство је откривено бушењем у Дебрцу на дубини од 465 m, у Купинову на дубини од 460 m, у Војки на дубини од 1 037 m, у Голубинцима на 938 m и у Инђији на дубини од 558 m.



Сл. 2. Геолошка карта подручја истраживања. Легенда: 1. Квартарни седименти, 2. Плио-квартарни седименти, 3. Терцијарне глине и лапорци, 4. Церски гранитоид, 5. Кречњаци креде, 6. Кречњаци тријаса, 7. Палеозојски шкриљци, 8. Хидрогеолошке бушотине.

Fig. 2. Geological map of Debrce area. Legend: 1. Quaternary deposits, 2. Pliocene-Quaternary deposits, 3. Tertiary clays and marlstones, 4. Cer granitoid, 5. Cretaceous limestones, 6. Triassic limestones, 7. Paleozoic schists, 8. Hydrogeological borehole.



Сл. 3. Шематски хидрогеолошки пресек терена Цер-Дебrc. Легенда: 1. Терцијарне глине и лапори – повлатни хидрогеолошки изолатор, 2. Церски гранитоид, 3. Кречњаци креде и тријаса – хидрогеолошки колектор, 4. Пешчари и глинци доњег тријаса – подински хидрогеолошки изолатор, 5. Палеозојски шкриљци, 6. Хидрогеолошке бушотине, 7. Раседи.

Fig. 3. Schematic Cer-Debrce hydrogeological cross-section. Legend: 1. Tertiary clay and marl – upper confining deposits, 2. Cer granitoid, 3. Cretaceous and Triassic limestones – aquifer, 4. Lower Triassic sandstones and shales – lower confining deposits, 5. Paleozoic schists, 6. Hydrogeological boreholes, 7. Faults.

Повлатни хидрогеолошки изолатор, који директно лежи преко тријаских кречњака, представљају неогене глине и лапори, максималне дебљине на подручју Срема до 1 000 m.

Подински хидрогеолошки изолатор представљају стене доњотријаске и палеозојске старости.

Прихрањивање колектора енергијом врши терестрични топлотни ток условљен неогеном интрузијом Церског гранитоида (сл. 3). Прихрањивање хидрогеолошког колектора водом врши се по ободу басена директном и индиректном инфилтрацијом вода од падавина и речних вода (сл. 2 и 3).

РЕЗУЛТАТИ ХИДРОГЕОТЕРМАЛНИХ ИСТРАЖИВАЊА У ПОДРУЧЈУ ДЕБРЦА

У Дебрцу је прва истражна бушотина IBDc-1 избушена 1987. године до дубине од 670 m. Њен геолошки профил је следећи: 0–473 m неогени седименти, од 473–670 m средње тријаски кречњаци. Пречник бушења кроз кречњаке је износио \varnothing 86 mm. Из бушотине IBDc-1 добијена је издашност самоизлива у количини од 5 l/s са температуром од 49 °C.

Две године касније, тј. у току 1989. године на растојању од 150 m од бушотине IBDc-1 избушен је истражно–експлоатациони бунар IEBDc-1 дубине 1 002 m. Геолошки профил овог бунара је следећи: 0–483 m неогени седименти, од 483–925 m средњотријаски кречњаци, и од 925–1 002 m доломитични кречњаци средњег тријаса (сл. 4). Максимално измерена температура у бунару на дубини од 850 m износи 57 °C.

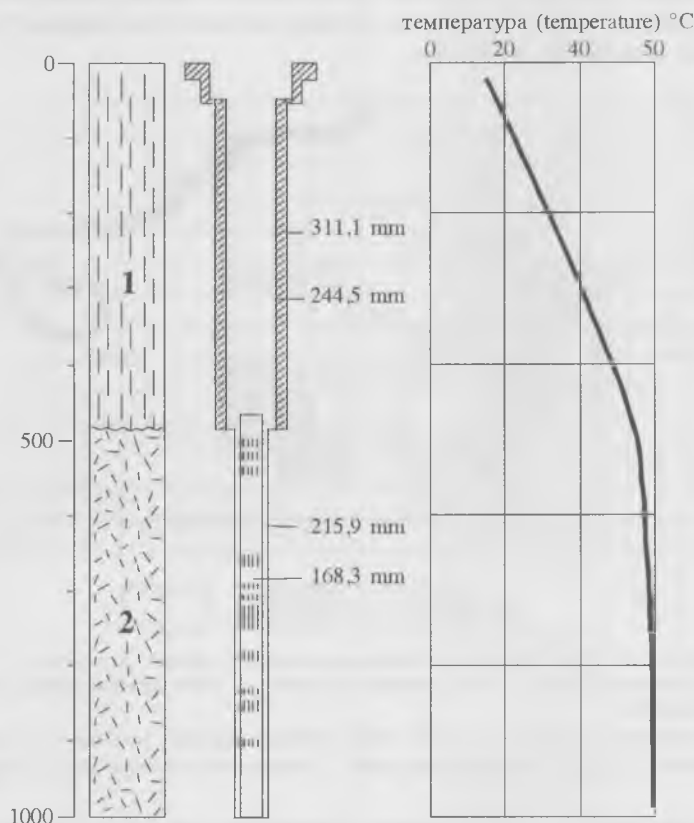
Тестирање бунара IEBDc-1 вршено је у трајању од две године при самоизливу и црпењем. При томе су утврђене следеће карактеристике издани:

- артески притисак у охлађеном стубу бунара, 0,76 бара (апсолутна кота пијезометарског нивоа 92,05 м.н.в.),
- артески притисак у загрејаном стубу бунара, 1,08 бара (апсолутна кота пијезометарског нивоа 95,25 м.н.в.),
- ефекат термо–лифта 3,2 m,
- температура воде на глави охлађене бушотине 19 °C,
- температура воде на глави загрејане бушотине 53 °C,
- температура измерена термокаротажом на дубини од 850 m износи 57 °C,
- просечни протицај бунара IEBDc-1, при самоизливу, 13,5 l/s,
- максимално достигнуто снижење пијезометарског нивоа 2,1 m на пијезометру IEBDc-1.

– коефицијент водопроводности $T = 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Прелиминарна оцена резерви термалних вода, односно геотермалне енергије извршена је на хидрогеолошком моделу, чији су улазни параметри приказани на сл. 5. Симулација експлоатације термалних вода на моделу је изведена у количини од 250 l/s и 50 l/s при нестационарним условима у току од 12 месеци. На крају тог периода добијена је прогнозна депресија притиска термалних вода у издани у околини пројектованих експлоатационих бунара (у пречнику око 400 m око бунара IEBDc-1) од око 45 m. Ова испитивања су показала да је у Дебрцу реално могућа експлоатација термалних вода са температуром од 55 °C у количини од 250 l/s црпењем са термалном снагом од 47 MW_t ($\Delta T = 45 \text{ }^\circ\text{C}$).

Термалне воде из издани у тријаским кречњацима имају веома повољан хемијски састав. Укупна минерализација износи само 242,5 mg/l, а садржај главних компоненти је следећи: HCO_3 (396 mg/l), Cl (20 mg/l), SO_4 (92 mg/l), Na (75 mg/l), K (8 mg/l), Ca (31 mg/l), Mg (27 mg/l). Испитивањем корозивности и инкрустабилности утврђено је да је термална вода умерено корозивна и веома мало инкрустабилна. Вода је погодна и за балнеотерапију и то: за запаљиви реуматизам, дегенеративни реуматизам, екстраартикуларни реуматизам, лечење последица траума и рањавања, гинеколошка обољења и др.



Сл. 4. Литолошки профил, конструкција и термокаротаж бушотине IEBDc-1. 1. Глине и лапори неогена, 2. Кречњаци тријаса.

Fig. 4. Geologic and well section and temperature log for IEBDc-1. 1. Neogene clays and marls, 2. Triassic limestones.

УСЛОВИ ИЗГРАДЊЕ ИЗВОРИШТА ТЕРМАЛНИХ ВОДА У ПОДРУЧЈУ ДЕБРЦА

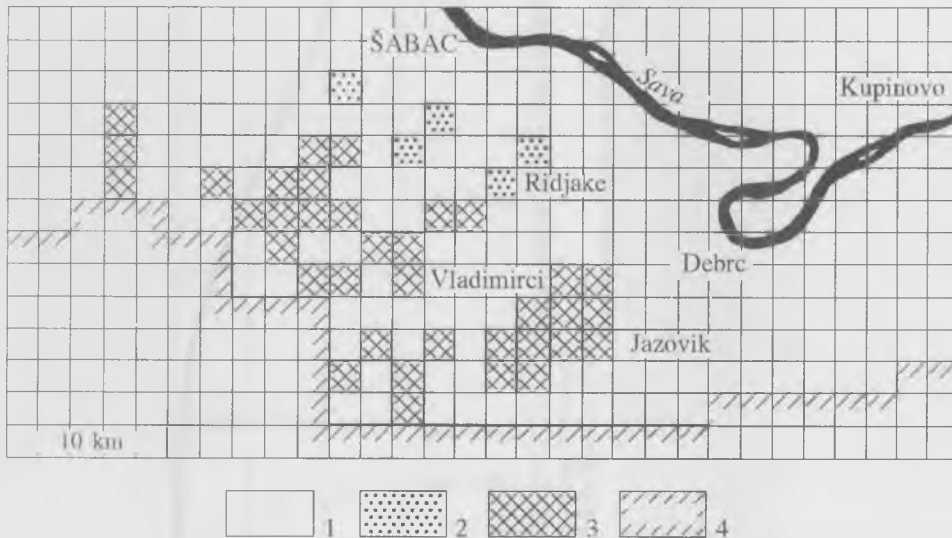
Са израдом истражног бунара IEBDc-1 практично је започета изградња изворишта термалних вода у подручју силоса и млина у Дебрцу.

Тестирањем истражног бунара IEBDc-1, које је још увек у току, је утврђено да се из њега, при самоизливу може да експлоатише 15 l/s термалних вода температуре 53 °C, а црпењем 50 l/s континуално у току целе године.

Услови изградње изворишта у подручју Дебрца анализирани су на хидрогеолошком моделу карстне издани, при чему се пошло од следећих чињеница и претпоставки:

а) усвојена је тзв. "песимистичка" варијанта пространства карстне издани, од Шапца на западу до Обреновца на истоку. Јужне границе су природне и одговарају хидрогеолошким условима, док је северна граница такође скраћена до села Шимановаца;

б) усвојено је да је карстна издан хомогена и изотропна, што не одговара природним условима. Такође је усвојена, као репрезентативна, вредност водопродности (T) за карстну издан добијена на основу резултата тестирања бушотина у Дебрцу, Купинову и на подручју Мачве.



Сл. 5. Карта улазних и излазних елемената биланса вода карстне издани. Легенда: 1. Пространство издани испод млађих наслага, 2. Зоне пражњења издани, 3. Зоне прихрањивања издани, 4. Водонепропусна граница.

Fig. 5. Map of input and output karst ground water balance elements. Legend: 1. Aquifer extent under younger deposits, 2. Ground water discharge areas, 3. Ground water recharge areas, 4. Impermeable border.

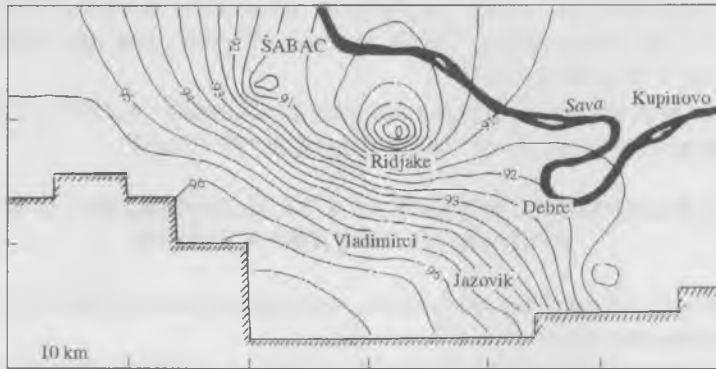
На сл. 5 приказана је карта улазних и излазних елемената биланса вода карстне издани, а на сл. 6 карта почетних пијезометарских нивоа карстне издани.

Прорачун је спроведен за нестационарне услове за период од 12 месеци за експлоатацију вода из изворишта у количини од 50 l/s (сл. 7) и 250 l/s (сл. 8).

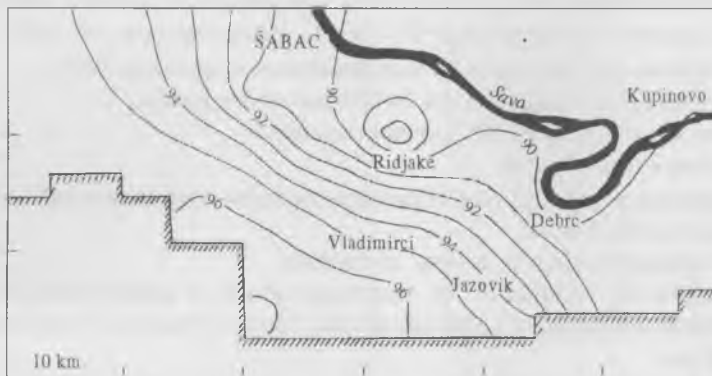
За локацију изворишта одабрано је садашње извориште код силоса и млина, у пречнику од 400 m.

За експлоатацију термалних вода у количини од 250 l/s, треба изградити још 4 бунара у пречнику од 400 m. Снижења нивоа вода у бунарима остаје у границама од 45–50 m, док снижења нивоа термалних вода у зони изворишта износе од 16–17 m.

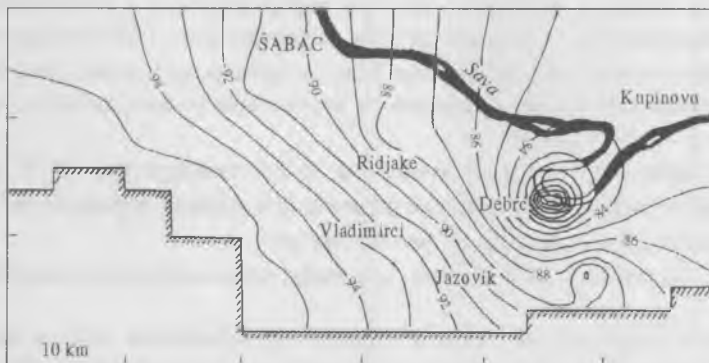
И поред свих резерви које овакав прорачун садржи неоспорно је да у подручју Дебрца постоје услови за изградњу изворишта осигураног капацитета и преко 250 l/s, посебно под условом да се експлоатација термалних вода врши тзв. "дубл" системом, уз инјектирање искоришћених термалних вода, јер за то постоје услови.



Сл. 6. Карта почетних пијезометарских нивоа (у м).
 Fig. 6. Initial potentiometric-surface contour map (in m).



Сл. 7. Карта пијезометарских нивоа термалних вода након 12 месеци експлоатације у количини од 50 л/с.
 Fig. 7. Potentiometric-surface contour map of thermal water after twelve-month withdrawal at 50 l/s.



Сл. 8. Карта пијезометарских нивоа термалних вода након 12 месеци експлоатације у количини од 250 л/с.
 Fig. 8. Potentiometric-surface contour map of thermal water after twelve-month withdrawal at 250 l/s.

Укупна термална снага при самоизливу термалних вода из бунара IEBDC-1 у количини од 15 l/s, температуре 53 °C износи 2,57 MW, док при црпењу од 50 l/s, температуре 57 °C износи 6,7 MW.

За услове експлоатације термалних вода у количини од 250 l/s, термална снага изворишта хидротермалне енергије износи укупно 47,02 MW.

ПРЕДЛОГ РАЗВОЈНИХ ПРОЈЕКТА ЗА КОРИШЋЕЊЕ ТЕРМАЛНИХ ВОДА ИЗ ИЗВОРИШТА ДЕБРЦУ

За реализацију развојних пројеката пољопривредни комбинат у Дебrcу располаже са следећим потенцијалом:

а) Откривеним извориштем хидрогеотермалне енергије са следећим карактеристикама:

– досада утврђен капацитет изворишта од 50 l/s топле воде, температуре 57 °C, термалне снаге 6,7 MW топлотне енергије;

– потенцијални капацитет обновљивог изворишта хидрогеотермалне енергије од око 250 l/s, просечне температуре 50 – 60 °C, топлотне снаге 47 MW.

б) Земљиштем под системом за наводњавање, површине 300 ha.

ц) Објектима силоса капацитета 30 000 вагона годишње.

д) Млином капацитета 10 000 вагона годишње.

е) Фабриком сточне хране.

ф) Машинском радионицом и управном зградом површине 6 000 m².

г) Фармом за тов јунади.

х) Кооперацијом са седам месних заједница.

Програм развоја заснива се на вишенаменском и вишестепеном коришћењу хидрогеотермалне енергије у пољопривредне сврхе, а његова реализација предвиђена је у две фазе.

У I фази, у периоду од 3 године, програмом се предвиђа реализација следећих пројеката:

1. Израда још 3 геотермалне бушотине ради повећања капацитета изворишта термалних вода.

2. Прање и сушење житарица помоћу термалне воде у постојећим силосима, чиме се постиже уштеда у енергији од 40% годишње (око 1 200 000 дин/годишње).

3. Изградњу стакленика површине 2 ha, за производњу раног поврћа и цвећа.

4. За наводњавање у пластеницима са термалном водом, после искоришћавања њене енергије у стакленицима.

Данас се термална вода у количини од 15 l/s, температуре 53 °C на површини терена, користи за загревање машинске радионице и управне зграде површине 2 600 m², чиме се постиже годишња уштеда од око 80 t мазута.

У II фази, за период од 5 година, предвиђа се реализација следећих развојних пројеката:

1. Изградња балнеотерапеутског и спортско-рекреативног центра на обали Саве. Досадашња истраживања су потврдила да је термална вода применљива за балнеотерапију.

2. За флаширање као здрава стона вода за пиће. Наиме, по одузимању топлоте, вода је изузетног квалитета и може се употребити за пиће с обзиром да је бактериолошки стерилна и да је "стара" преко 50 година.

3. За повећање капацитета силоса и млина.
4. Повећање површине под стакленицима и пластеницима на 20 ha.
5. Изградњу града-хотела високе категорије у стилу некадашњег дворца краља Стефана Драгутина (1282–1316), са уметничком радионицом, галеријом, етнографским музејом, ризницом и др., који би се загревао топлом водом.

Вредно је истаћи да су ПИК "7 Јули" и Институт за хидрогеологију, Рударско–геолошког факултета заједно са Архитектонским, Пољопривредним и Економским факултетом Универзитета у Београду формирали наставни полигон за истраживање и коришћење геотермалне енергије у пољопривредне сврхе.

За потребе новонасталог полигона, намењеног студентима и стручњацима који се баве или ће се бавити истраживањима и коришћењем хидрогеотермалне енергије, израђена је студија развојних могућности овог подручја и постављена стална изложба под радним насловом: **Сагласно природи** – где су по први пут код нас изложене могућности развоја на бази коришћења здраве и еколошки чисте и обновљиве енергије за производњу здраве хране и друге видове еколошки високо вредних програма.

ЗАКЉУЧАК

Досадашњи резултати хидрогеотермалних истраживања у Дебrcу, показују да откривена издан термалних вода у тријаским кречњацима омогућује интензивно и комплексно коришћење хидрогеотермалне енергије из висококвалитетних пијаћих термалних вода, пре свега за агрикултурне сврхе.

Утврђено је да је термална вода умерено корозивна и веома мало инкрустабилна. Укупна минерализација воде износи 242,5 mg/l и може се по одузимању топлоте користити за пиће.

Изучавањем балнеолошких карактеристика утврђено је да је вода погодна и за балнеотерапију и то: за запаљиви реуматизам, дегенеративни реуматизам, екстраартикуларни реуматизам, лечење последица траума и рањавања, гинеколошка обољења и др. Термална вода из Дебrcа може се користити и за пиће код микроуролитијазе, где се може узимати у већим количинама, с обзиром на малу минерализацију и што је посебно важно не садржи натријум и хлор.

Геол. ан. Балк. полуос. Ann. Géol. Penins. Balk.	62	485-500	Београд, децембар 1998 Belgrade, Decembre 1998
---	----	---------	---

UDC 556.3.01:550.836(497.11)

Original scientific paper

EXPLORATION AND UTILIZATION OF HYDROGEO THERMAL ENERGY IN DEBRC EXPERIMENTAL FIELD, POSAVINA

by

Mihajlo Simić*, Petar Papić*,
Vladan Kocić* and Mladen Vidović*

Geological and hydrogeological reconnaissance in Debrc region since 1987 revealed the presence of a part of a karst aquifer with thermal water of 55°C in temperature, which can be used for more than one purpose, primarily in agriculture. The estimated capacity of the thermal water reservoir is 250 l/s, or about 500 l/s if used water would be injected. Thermal water has been used for five years now to heat offices, of a total area of 2600 m², which has saved 400 tons of crude oil. A number of development projects are under the way and an experimental field for exploration and utilization of geothermal energy in agriculture.

Key words: hydrogeothermal energy, karst aquifer, withdrawal, Debrc, Posavina.

INTRODUCTION

The town of Debrc is located in the Sava alluvial plain, on its right bank, about 60 km west of Belgrade and about 10 km from the Obedska Bara, a natural fish and bird reservation (Fig. 1). Debrc area is an agricultural region of good soil and abundant water from the Sava river and ground water in its alluvial deposits.

Very good drinking thermal water was found at Debrc in 1987 in karstified limestones of Triassic age. The limestones lie from 200 to 500 metres deep under Neogene deposits. Debrc area has become attractive for geothermal energy-based agriculture. Other natural amenities make Debrc suitable for development of scientific, educational, sport, entertainment and similar facilities on the basis of hydrothermal energy.

This work presents results of hydrogeothermal explorations in Debrc area, whose initial purpose was to increase agricultural production in the Seventh July Agro-Industry, or rather to develop a new agricultural and good-processing complex which would use hydrogeothermal energy.

* University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Institute of Hydrogeology, Džusina 7, 11000 Belgrade.

GENERAL GEOLOGIC FEATURES

Debrč is located in Posavina (the Sava valley) on the Pannonian southern margin (Fig. 2). Basic information about the geology of Debrč region is given by Filipović et al. (1973), Rajčević (1983), Djoković et al. (1988), and some others. The oldest rocks, forming the basement of the Pannonian basin at Debrč, are Devonian–Carboniferous schists which are uncovered some 12 km south of the town (Fig. 2). Schists are transgressively overlain by Triassic rocks, predominantly Middle and Upper Triassic limestones and dolomitic limestones. Middle Triassic limestones are the thickest, about 500 metres. South and west of Debrč, Triassic limestones are sporadically overlain by larger or smaller islands of Cretaceous limestones up to 120 metres in thickness. Neogene deposits are mostly clays and marls in a maximum thickness, near Debrč, of 650 metres (Fig. 3).

GENERAL HYDROGEOLOGIC FEATURES

Hydrogeothermal explorations at Debrč, which began in 1987, proved the presence of a thermal karst aquifer. It is not a new, single karst aquifer that was found, but a unified aquifer was indicated under the regions of Srem, Semberija, Mačva, and Posava–Tamnava (Figs. 2 and 3). Its accurate contour is not known, only its extent is estimated to about 2000 km².

A karst reservoir is formed in Triassic limestones which exceed 500 metres in thickness. Its upper boundary is from 500 to 100 metres below the surface, and the extent has been deduced from boreholes at depths of 465 m in Debrč, 460 m at Kupinovo, 1037 m at Vojka, 938 m at Golubinci and 558 m in Indjija.

The upper confining deposits, directly over Triassic limestones, are Neogene clays and marls, which are the thickest, to 1000 metres, in Srem region.

The lower confining strata are of Lower Triassic and Paleozoic rocks.

Terrestrial heat flow recharges the reservoir, controlled by the Neogene intrusion of Cer granitoid (Fig. 3). Ground water is recharged by direct or indirect percolation and infiltration from the river on the basin's margin (Figs. 2 and 3).

HYDROGEO THERMAL EXPLORATION IN DEBRČ AREA

The first exploratory hole, IBDC-1, in Debrč was drilled to the depth of 670 m in 1987. Its geologic section is the following: 0–473 m Neogene deposits, 473–670 m Middle Triassic limestones. The drilling diameter through limestones was 86 mm. The water–flow rate from IBDC-1 was 5 l/s and water temperature was 49°C.

Two years later, in 1989, another exploratory/production well was drilled (IEBDC-1) 1002 m deep, some 150 m away from the former well. Its geologic section is the following: 0–483 m Neogene deposits, 483–929 m Middle Triassic limestones, and 925–1002 m Middle Triassic dolomitic limestones (Fig. 4). The highest measured water temperature at the depth of 850 m was 57°C.

Well IEBDC-1, both flowing and pumped, was tested for two years. The established characteristics of the aquifer are the following:

- artesian pressure in cooled well shaft 0.76 bar (altitude of piezometric surface 92.05 m);
- artesian pressure in heated well shaft 1.08 bar (altitude of piezometric surface 95.25 m);
- thermolift effect 3.2 m;
- water temperature in cooled wellhead 19°C;
- water temperature in heated wellhead 53°C;
- thermal log temperature at 850 m 57°C;
- average flow from IEBDc-1 13.5 l/s;
- maximum lowering of piezometric surface at IEBDc-1 2.1 m;
- transmissibility coefficient $T=1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

A preliminary estimate of thermal water, or geothermal energy, reserve was made on a hydrogeological model with the input parameters shown in Fig. 5. The withdrawal of thermal water was simulated on the model at the rate of 250 l/s or 50 l/s for non-steady flow during twelve months. At the end of this period, the predicted depression in potentiometric surface of the thermal reservoir around the designed production wells (in a diameter of 400 m around well IEBDc-1) was about 45 m. Experimental results demonstrated that thermal water of 55°C temperature in Debrč can be withdrawn at the rate of 250 l/s using thermal power of 47 MWt ($\Delta T=45^\circ\text{C}$).

Chemical composition of thermal water from Triassic limestones is very good. Total mineralization rate is only 242.5 mg/l, the contents of essential components being: HCO_3 (396 mg/l), Cl (20 mg/l), SO_4 (92 mg/l), Na (75 mg/l), K (8 mg/l), Ca (31 mg/l), Mg (27 mg/l). Tested on corrosion and incrustation, thermal water demonstrated moderate erosive and low incrusting properties. It is suitable for use in balneotherapy: for inflammatory rheumatism, degenerative rheumatism, extraarticular rhuematism, post-traumatic treatment, gynecological diseases, etc.

DEVELOPMENT OF THERMAL WATER SOURCE IN DEBRČ AREA

The completion of exploratory well IEBDc-1 was the beginning of the actual thermal water source development near the silos and mill at Debrč.

Well IEBDc-1 testing, still carried out, indicates the respective flowing and pumping yields of 15 l/s and 50 l/s of warm water (53°C) over the year.

The development of the source was studied on the hydrogeological model of the karst aquifer, based on the following assumptions:

(a) The "pesimistic" alternative of the karst aquifer extent was assumed, from Šabac in the west to Obrenovac to the east. Its southern border is naturally consistent with the hydrogeological situation, and the northern border is set only as far as Šimanovci;

(b) The karst aquifer is taken to be homogeneous and isotropic, unlike the natural conditions. Also transmissibility (T) value based on well tests in Debrč, Kupinovo and in Mačva region was adopted as representative for the karst aquifer.

Figure 5 shows input and output balance elements for karst ground water, and Fig. 6 the map of initial piezometric surfaces in the karst aquifer.

Computations are made for nonsteady conditions over twelve months of water withdrawal at 50 l/s (Fig. 7) and 250 l/s (Fig. 8).

The site selected for the source is the actual source at the silo and the mill, an area of 400 m in diameter.

For thermal water withdrawal at 250 l/s, four more wells will be drilled within the distance of 400 m. The drawdown will remain within the range of 45–50 m, whereas the thermal water drawdown in the source area will be 16–17 m.

With all allowances for the calculations, there is no doubt that a source can be developed in Debrce area of over 250 l/s safe yield, particularly if the double-utilization system is provided: withdrawal and injecting of used thermal water.

Total thermal power for flowing thermal well IEBDc-1, at the rate of 15 l/s and wellhead temperature of 53°C, is 2.57 MW, and that for pumping well, at 50 l/s and temperature of 57°C, is 6.7 MW.

For withdrawal of 250 l/s, thermal power of the hydrothermal energy source would be a total of 47.02 MW.

A PROPOSAL OF DEBRC THERMAL WATER DEVELOPMENT PROJECTS

For development projects, the agricultural and food-processing estate of Debrce has available the following:

- a. Uncovered source of hydrogeothermal energy of the following characteristics:
 - established yield of 50 l/s warm water of 57°C temperature thermal power 6.7 MW heat energy;
 - potential yield of replenishable hydrogeothermal energy of about 250 l/s, 50–60°C average temperature, heat power 47 MW.
- b. Land under the irrigation system, surface area 300 hectares.
- c. Silos of 30,000 wagons annual capacity.
- d. Mill of 10,000 wagons annual capacity.
- e. Cattle fodder plant.
- f. Mechanical shop and administration building, surface area 6000 m².
- g. Calf-fattening farm.
- h. Cooperation with seven local communities.

The programme of development is based on multi-purpose and progressive utilization of hydrogeothermal energy in agriculture, and its implementation will be carried out in two stages.

The first stage of three years will include:

1. Three more geothermal wells, to increase the yield from the thermal water source.
2. Washing and drying cereals in the existing silos using thermal water, which will save yearly 40% of power (about 1,200,000 Din/year).
3. Greenhouses over 2 ha, for early vegetables and flowers.
4. Irrigation in plastic greenhouses with thermal water used in glass greenhouses.

Thermal water of 53°C wellhead temperature at the rate of 15 l/s is used at present to heat mechanical shop and the administration building of 2600 m² total surface area, thus saving about 80 tons of crude oil per year.

The second stage, in five years, will include development projects:

1. Balneotherapeutic and recreation centre at the Sava bank. Thermal water was tested and proved suitable for the purpose.
2. Bottling water for table use. When cooled, this water is very good in quality, being sterile of bacteria and over fifty years "old".
3. Expansion of silo and mill capacities.
4. Expansion of greenhouse area to 20 ha.
5. A high-category hotel, styled after the ancient King Stefan Dragutin castle (1282-1316), which will include a studio, gallery, ethnographic museum, treasury, etc. to be heated with warm water.

The experimental field for exploration and utilization of geothermal energy in agriculture was established by the Seventh July agricultural estate and the Faculty of Mining and Geology Institute of Hydrogeology, in collaboration with the Faculties of Architecture, Agriculture, and Economics of the University of Belgrade.

For the experimental field, intended for undergraduates and professionals who will or are engaged in exploration and utilization of hydrothermal energy, a feasibility study was prepared and a permanent exhibition opened under the working title: **Compatible with Nature**, which for the first time in this country presents the feasible development on the basis of healthy, clean and replenishable energy for production of healthy food and for other kinds of valuable programmes.

CONCLUSION

According to hydrogeothermal explorations in Debrč, the uncovered thermal water reservoir in Triassic limestones can be utilized for intensive and multi-purpose application, primarily in agriculture.

The thermal water is moderately corrosive and low incrusting. Its total mineralization rate is 242.5 mg/l and when cooled can be used for drinking. This water is also suitable for use in balneology for its curative effect: inflammatory rheumatism, degenerative Rheumatism, extra-articular rheumatism, post-traumatic treatment, gynecological diseases, etc. Thermal water from Debrč source can also be drunk in large quantities by microurolithiasis patients, because its mineral contents are low, particularly, sodium and chlorine.

Translated by D. Mijović-Pilić

ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

- Ђоковић И., Маровић М. и Кнежевић В. (Djoković et al.), 1988: Склоп и неотектонска активност подручја Колубарско-тамнавског басена.– Геол. ан. Балк. полуос., 52, 191-200, Београд.
- Filipović I., Gagić N., Rodin V., Avramović V. sa saradnicima, 1973: Tumač za OGK, list Vladimirci, 1:100.000.– Savezni geološki zavod, 1-59, Beograd.
- Rajčević D., 1983: Tumač za OGK, list Šabac, 1 : 100.000.– Savezni geološki zavod, 1-44, Beograd.

Поред цитираних радова, коришћене су и бројни непубликовани извештаји, студије и пројекти о истраживањима хидрогеотермалне енергије Дебрча и шире околине од којих се наводе само следећи најважнији:

Additionally to the above references, a numerosity of unpublished reports, studies, and designs concerning explorations in hydrogeothermal energy resource of Debrce and a broader region have been consulted, of which only the most important ones will be mentioned:

- Milivojević M., Perić J., Simić M., Martinović M., Cvejić B., Carapić P. i Kocić V.: Izveštaj o dosadašnjim hidrogeotermalnim istraživanjima u Mačvi.- Rudarsko-geološki fakultet, Institut za hidrogeologiju, Beograd, 1990.
- NIS Nafta-gas: Tehnički izveštaj o izvedenim radovima na istražnoj hidrogeotermalnoj busotini IEBDc-1 u Debrcu. Novi Sad, 1992.
- Perić J. i Milivojević M.: Projekat osnovnih geotermalnih istraživanja Mačve, Pocerine i Posavo-Tamnave.- Rudarsko-geološki fakultet, Institut za hidrogeologiju, Beograd, 1982.
- Simić M., Perić J., Milivojević M., Martinović M., Vidović M., Kocić V. i Cvejić B.: Izveštaj o rezultatima geotermalnih istraživanja na opitnom poligonu Debrce.- Rudarsko-geološki fakultet, Institut za hidrogeologiju, Beograd, 1991.
- Simić M., Petrović M., Filipović B., Jankičević J., Sudar M., Papić P. i Vidović M.: Inovacioni projekat - istraživanje i korišćenje hidrogeotermalne energije u poljoprivredne svrhe na opitnom poligonu Debrce.- Ministarstvo za nauku i tehnologiju, Beograd, 1996.
- Sindjic M., Novakovic B., Perić J., Simić M., Milivojević M. i Vukelić S.: PROGRAM DEBRC strategija razvoja, knjiga 1-8, Beograd, 1992.
- Sluzba za balneoklimatologiju dr Vlastimir Godić: Kompletna fizičko-hemijska analiza mineralnih voda iz istražnog bunara IEBDc-1 u Debrcu i orijentaciono mišljenje o njenoj terapijskoj vrednosti, Beograd, 1992.