

Geotermálne vody podunajskej a viedenskej panvy

ANTON REMŠÍK, ONDREJ FRANKO, MARIÁN FENDEK, DUŠAN BODIS

Geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

(Doručené 15. 7. 1987, revidovaná verzia doručená 15. 6. 1989)

Geothermal waters of the Danube and Vienna basins

The paper summarizes results of geothermal research in the Danube and Vienna basins where several structures carrying geothermal water do occur. Hydrogeothermal conditions of single accumulations and their areal extent are given together with chemistry of water sources and data on genetic conditions. Water temperatures are fluctuating in rather broad interval of 20—140 °C and the water is petrogenous, marine or of mixed origin. Mineralizations attain 0,7—130 g . l⁻¹ and the thermal energetic potential of sources is assessed to represent 17,5 MW of prospective energy and 202,7 MW of forecasted energy resources. The equivalent energetic resources for reinjection systems are 511 MW for prospective and 520 MW for the forecasted energy resources.

Úvod

Oblasť podunajskej a viedenskej panvy leží v jz. časti Slovenska, kde sa nachádzajú viaceré štruktúry geotermálnych vôd. Niektoré z nich boli v posledných rokoch predmetom základného hydrogeotermálneho výskumu, ktorý realizoval Geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave v rámci štátnych úloh rozvoja vedy a techniky. Výsledky a poznatky z výskumu prezentujeme v tomto príspevku.

Podunajská panva

Geotermálne vody sme skúmali v centrálnej depresii, v komárňanskej kryhe, levickej kryhe a v topoľčianskom zálive. V ďalších oblastiach podunajskej panvy, a to v trnavskom, piešťanskom a zlatomoravskom zálive sa doteraz geotermálny výskum nerobil.

Centrálna depresia

Vystupuje medzi Bratislavou a Komáromom (obr. 1), má misovitú brachysynklinálnu stavbu a je vyplnená sedimentmi kvartéru, rumanu, dáku, pontu a panónu. Sedimenty kvartéru a rumanu sú zastúpené štrkami a pieskami, ostatné stupne striedaním ílov a piesčitých ílov s pieskami až pieskovecami.

Nádrž geotermálnych vôd zvrchu obmedzuje roviná v hĺbke 1 000 m a zospodu relatívne nepriepustné podložie — izolátor (íly), ktorý upadá zo všetkých strán do stredu, kde leží v hĺbke 3 400 m (Franko et al., 1984). Ide o štruktúru pravdepodobne s medzi-
vrstevným pretekaním, pórovou priepustnosťou

a režimom s napätou hladinou vôd. Vyskytujú sa tu geotermálne vody s teplotou 42,3—91,5 °C, ktoré sú viazané na piesky až pieskovec dáku, pontu a panónu. Íly vystupujú vo funkcii izolátora. Zastúpenie kolektorov smerom od okraja depresie do jej stredu klesá, čo súvisí s vytrácaním sa kolektorov s narastajúcou hĺbkou.

Podľa litológie je v nádrži a v jej nadloží vyčlenených 6 hydrogeologických celkov. Sú to:

- komplex kolektorov (piesčité štrky a piesky, ojedinele íly).

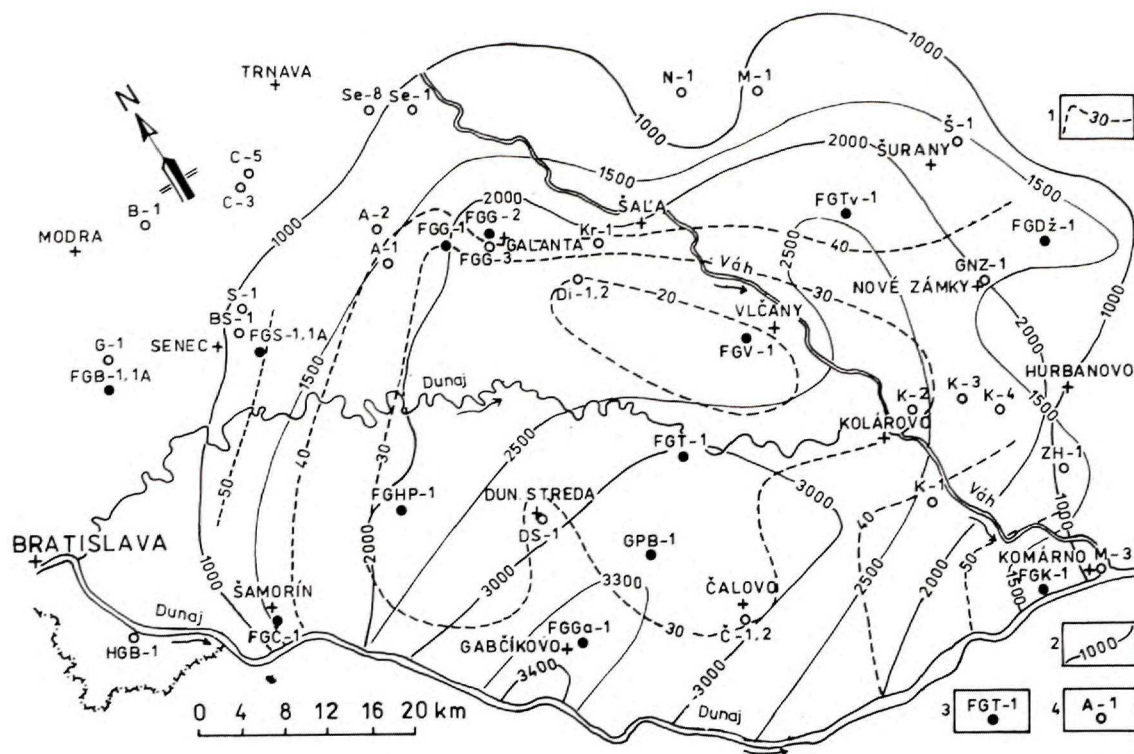
- komplex s prevahou kolektorov nad izolátormi (striedanie hrubých a tenkých vrstiev pieskov, resp. pieskovcov s tenkými vrstvami ílov a slieňov), charakterizujú ho hodnoty $T_p = 0,5—5,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$.

- komplex s približnou rovnováhou kolektorov a izolátorov (striedanie pieskov, štrkov, ílov a piesčitých ílov), charakterizujú ho hodnoty koeficienta absolútnej prietochnosti, hlavne $T_p = 0,5 \cdot 10^{-11}—10,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$, menej nižšie, resp. vyššie hodnoty T_p .

- komplex s prevahou izolátorov nad kolektormi (striedanie hrubých vrstiev ílov, 18 až 88 m, a tenkých vrstiev pieskov, 3 až 12 m), charakterizujú ho hodnoty koeficienta absolútnej prietochnosti, hlavne $T_p = 1,0—5,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$.

- komplex s prevahou izolátorov nad kolektormi (striedanie menej hrubých vrstiev ílov, 3 až 17 m, a tenších vrstiev pieskov, resp. pieskovcov, 3 až 7 m), hodnoty koeficienta absolútnej prietochnosti sú v rozmedzí $T_p = 0,5—5,0 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$.

- komplex izolátorov (absolútna prevaha vrstiev ílov nad ojedinelými tenkými vrstvami pieskov, resp. pieskovcov), koeficient absolútnej prietochnosti $T_p < 0,5 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$.



Obr. 1. Priestorové vymedzenie nádrže geotermálnych vôd v centrálnej depresii podunajskej panvy s vyjadrením zastúpenia kolektorov. 1 — izočiary zastúpenia kolektorov v %, 2 — izočiary hĺbky nepriepustného podložia (od povrchu) v m, 3 — výskumný geotermálny vrt (vrt GPB-1 je geotermický, pozorovací), 4 — prieskumný vrt.

Fig. 1. Areal extent of geothermal aquifers in the central depression of the Danube basin with indicated share of collector rocks. 1 — isoline of collector rock share in %, 2 — isoline of the impermeable basement depth (in m from the surface), 3 — geothermal research well (GPB-1 indicating observation well), 4 — prospecting well.

Kolektory s najvyššími hodnotami ($T_p > 10 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3$) charakterizujú strednú časť depresie, smerom k jej okraju hodnoty absolútnej prietoknosti klesajú.

V teplotnom poli depresie vystupujú do hĺbky 1 000 (1 500) m dve pozitívne anomálie (sz. a jv. okraj depresie) podmienené eleváciou podložia. Zníženie teplôt pozorovať v strednej časti depresie a vyvoláva ho prúdenie infiltrovaných vôd.

Geotermický gradient v depresii pre hĺbkový interval 0—2 500 m sa pohybuje v rozmedzí $34,1 - 43,7 \text{ } ^\circ\text{K} \cdot \text{km}^{-1}$ a jeho priemerná hodnota je $39,1 \text{ } ^\circ\text{K} \cdot \text{km}^{-1}$. Prehľad o priemernej teplote v rôznych hĺbkových úrovniach udáva tab. 1. Tepelný tok sa pohybuje v rozmedzí $67,7 - 87,0 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ s priemernou hodnotou $76 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$.

Chemické zloženie geotermálnych vôd štruktúry (okrem niektorých anomálií) úzko súvisí s litostratografiou prostredia a s hĺbkou. S hĺbkou narastá hodnota mineralizácie a Na-Cl zložky S_1 (Cl) a klesá Na-HCO₃ zložky A_1 a pomer HCO_3/Cl .

Geotermálne vody patria k piatim chemickým typom:

— výrazný Na-Cl typ s mineralizáciou nad $10 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; mineralizácia $11,6 - 126,4 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, výrazné zastúpenie zložky S_1 (Cl), nízke zastúpenie, resp.

absencia zložky A_1 , pomer HCO_3/Cl veľmi nízky, najvyššia hodnota 0,29 (typický pre kolektory bádenu až panónu).

— výrazný Na-Cl typ s mineralizáciou $5 - 10 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; stúpa zastúpenie zložky A_1 $12,3 - 23,5 \text{ mval } \%$, maximálna hodnota pomeru HCO_3/Cl 0,34 (typický pre kolektory panónu a pontu).

— Na-Cl typ s prítomnosťou zložky A_1 nad $30 \text{ mval } \%$, resp. Na-HCO₃ typ s prítomnosťou zložky S_1 (Cl) nad $30 \text{ mval } \%$; mineralizácia $2,7 - 8,8 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, pomer HCO_3/Cl prevažne 1—2 (typický hlavne pre kolektory pontu),

— Na-HCO₃ typ s mineralizáciou $1 - 5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; zastúpenie zložky A_1 nad $60 \text{ mval } \%$, S_1 (Cl), resp. S_1 (SO₄) menej ako $30 \text{ mval } \%$, pomer HCO_3/Cl prevažne 3—10 (charakteristický pre kolektory pontu, daku, resp. pre dobre „premyté“ kolektory panónu).

— Na-HCO₃ typ s mineralizáciou do $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; zložka A_1 nad $60 \text{ mval } \%$, stúpa podiel zložky A_2 $3,0 - 24,4 \text{ mval } \%$, zložka Na-Cl veľmi nízka, pomer HCO_3/Cl nad 10 (charakteristický pre kolektory pontu a daku).

Zastúpenie jednotlivých zložiek v geotermálnych vodách (i ostatných štruktúr) je prehľadne uvedené v tab. 2.

Na základe rozdelenia geotermálnych vôd do piatich chemických typov zohľadňujúcich geochemické procesy, geologicko-tektonické a hydrogeologické podmienky v súčasnosti a v geologickej minulosti môžeme geotermálne vody centrálnej depresie začleniť do dvoch genetických typov — marinogénne (reliktné morské vody, infiltračne degradované marinogénne vody a solanky) a petrogénne vody.

Reliktne morské vody sa vyskytujú v hlbších miocénnych sedimentoch. Sú izolované pred infiltráciou meteorických vôd alebo prírohom hlbinného CO_2 . K ich metamorfóze dochádza len v systéme voda — hornina, hlavný proces je heteroionická zámena Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ a vytesňovanie Ca^{2+} a Sr^{2+} z kryštalickej mriežky pevnej fázy. Reprezentuje ich výrazný Na-Cl typ vôd. V hlbkovej úrovni 1 000 m sa vyskytujú len v okrajových častiach depresie, so vzrastajúcou hĺbkou sa ich rozšírenie sťahuje do jej centra (oblasť Gabčíkova), kde sa vyskytujú pod hĺbkou 3 500 m.

Infiltračne degradované marinogénne vody sa sústreďujú v plytšie uložených sedimentoch, hlavne sedimentoch pontu. Sú to zachované, resp. recentne infiltračne degradované vody vysladeného vnútrozemského mora, ktoré charakterizuje Na-Cl typ vôd s mineralizáciou 5–10 g.l⁻¹, resp. Na-Cl typ s prítomnosťou zložky A_1 nad 30 mval % alebo Na- HCO_3 typ s prítomnosťou zložky $\text{S}_1(\text{Cl})$ nad 30 mval %. Vo východnej časti depresie sa nachádzajú v hĺbke okolo 2 000 m, okolo jej centra pod hĺbkou 2 000 m a v centre okolo hĺbky 3 000 m.

Solanky zistené vrtom K-3 predstavujú solné roztoky, ktoré vznikli lokálnym zahustením panvových vôd a boli uchované v izolovaných štruktúrach.

Petrogénne vody predstavujú výrazný Na- HCO_3 typ a sú charakteristické pre celý profil pliocénu centrálnej depresie.

Hlavným mineralizačným procesom tvorby ich chemického zloženia je iónovýmena (hlavne Ca-Na) a hydrolytický rozklad silikátových minerálov. Do hĺbok 300–800 m prevládajú vody s mineralizáciou pod 1 g.l⁻¹, v oblasti centra depresie do hĺbky až 2 500 m vody s mineralizáciou 1–5 g.l⁻¹.

Podľa klasifikácie Franka et al. (1975) na základe obsahu plynov (nekyslých) ide o metánové, dusíkové a metánovo-dusíkové vody, z kyslých plynov dominuje CO_2 .

Na stanovenie prognózných zdrojov geotermálnych vôd v centrálnej depresii podunajskej panvy bol zostavený matematický model založený na aplikácii teórie poľa — metódy superpozície riešiacej vplyv žriediel a ústí na priebeh piezometrickkej hladiny podzemných vôd pre neustále prúdenie. Modelovanie bolo realizované na stolnom kalkulátore Wang 2 200 T pomocou programu „MODEL“. Pri výpočte závislosti tlakových depresii a výdatností vrtov bola

použitá Jacobova transformácia Theisovej rovnice.

Prognózne zdroje geotermálnych vôd boli vyčíslené pre hlbkovú úroveň 1 500 m, sieť vrtov so vzdialenosťou 6 km, priemernú teplotu vôd 60 °C a sezónnu ťažbu (185 dní za rok) voľným prelivom. Tieto kritériá sú podmienené tým, že vody z priemernej hlbkovej úrovne 1 500 m možno s ohľadom na ich chemizmus a mineralizáciu vypúšťať do povrchových tokov a mestskej kanalizácie a tým, že nie sú k dispozícii hlbinné čerpadlá, a že sezónna (zimná) ťažba umožňuje regeneráciu zdrojov. Je možná aj celoročná ťažba, ale celkový odber nesmie presiahnuť súčin overenej výdatnosti vrtu a 185 dní.

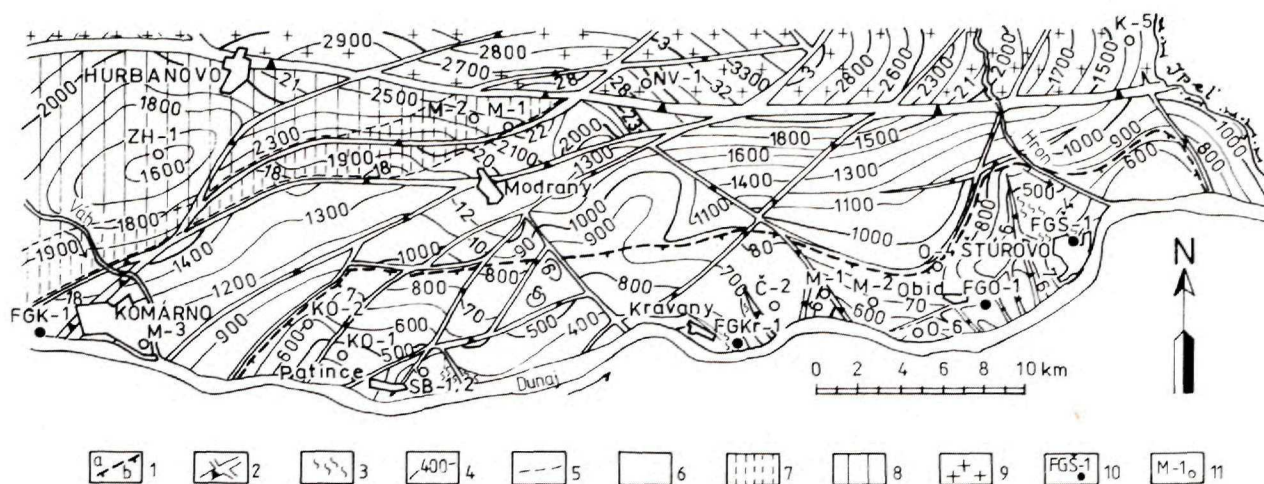
Prognózne zdroje predstavujú 1 027 l.s⁻¹, čo pri využití ich teploty na referenčnú teplotu (15 °C) predstavuje hrubý tepelnoenergetický potenciál (súhrnný využiteľný tepelný výkon) 193 MW.

Komárňanská kryha

Nachádza sa v jv. časti podunajskej panvy približne medzi Komárnom a Štúrovom (obr. 2). Na jej stavbe sa podieľa mezozoikum maďarského stredohoria (hlavne triasové vápence a dolomity), ktoré je zakryté sedimentami paleogénu, neogénu a kvartéru. Kryha je výrazne porušená zlomovou tektonikou a v podloží terciéru tvorí morfológicky členitú štruktúru; zo západu je oproti centrálnej depresii ohraničená systémom komárňanských zlomov, zo severu hurbanovským zlomom, smerom na východ prechádza pod neovulkanity pohoria Börzsöny a na juhu, na pravej strane Dunaja, do mezozoického pohoria Gerce a pod neovulkanity pohoria Pilis.

Zo štruktúrno-hydrogeotermálneho hľadiska (Remšík et al., 1979; Franko et al., 1984) je komárňanská kryha rozčlenená na: komárňanskú vysokú kryhu a komárňanskú okrajovú kryhu.

Termálne vody v oboch štruktúrach sa viažu na triasové vápence a dolomity terciérneho, resp. kriedového podložia. Komárňanskú vysokú kryhu obmedzuje izobata 700–800 m kriedového karbonátového podložia, resp. tektonické línie prebiehajúce v blízkosti týchto izobát. Je to štruktúra s intenzívnou vodovýmenou, ktorá je silne ochladená, kde do hĺbky 600–800 m sa vyskytujú vody s teplotou 20–22 °C, do hĺbky 1 100–1 300 m vody s teplotou 24,5–26,5 °C a do hĺbky 3 000 m vody s teplotou okolo 40 °C (Remšík et al., 1979). Priemerný geotermický gradient pre hlbkový interval 0–1 000 m tu dosahuje hodnotu 14,3 °K.km⁻¹. Komárňanská okrajová kryha vystupuje po obvodu vysokej kryhy — obkolesuje ju zo západnej, severnej a východnej strany. Sú v nej akumulované vody s teplotou nad 40 °C (najvyššia doteraz zistená teplota je 68 °C). Geotermický gradient sa tu pohybuje v rozmedzí 32,2–35,8 °K.km⁻¹ (pre hlbkový inter-



Obr. 2. Tektonická mapa predkriedového podložja komárňanskej kryhy podunajskej panvy (Franko et al., 1984). 1a — komárňanská okrajová kryha, 1b — komárňanská vysoká kryha, 2 — zlomové línie, 3 — drvené zóny v karbonátovom podloží, 4 — izohypsy hlbok kriedového podložja podľa geofyziky, 5 — predpokladané litostratigrafické hranice, 6 — trias — jura (karbonáty), 7 — perm (arkózové a drobové pieskovce), 8 — devón (vápence a lydity), 9 — kryštalínium, 10 — výskumný geotermálny vrt, 11 — prieskumný vrt.

Fig. 2. Tectonic map of the Pre-Cretaceous basement in the Komárno block unit of the Danube basin. 1a — Komárno marginal block unit, 1b — Komárno high block unit, 2 — fault, 3 — crushed zone in the carbonate basement, 4 — isohypse of the Cretaceous basement according to geophysical data, 5 — presumed lithostratigraphic boundary, 6 — Triassic to Jurassic carbonate, 7 — Permian arcose and greywacke, 8 — Devonian limestone and lydite, 9 — crystalline, 10 — geothermal research well, 11 — prospecting well.

val 0—2 000 m). Priemerné teploty v prostredí komárňanskej vysokej i okrajovej kryhy sú prehľadne uvedené v tab. 1.

V komárňanskej kryhe sa vyskytujú štyri chemické typy geotermálnych vôd:

— výrazný Ca-Mg-HCO₃ typ s mineralizáciou cca 0.7 g · l⁻¹, miestami s prítomnosťou H₂S: zastúpenie zložky A₂ 77.8—83.1 mval %, nízke zastúpenie ostatných zložiek, pomer HCO₃/Cl vyšší ako 10,

— nevýrazný Ca-Mg-HCO₃ typ so zvýšenou zložkou Ca—SO₄ s mineralizáciou cca 0.7 g · l⁻¹: zastúpenie zložky A₂ maximálne 64.8 mval %, zvýšené zastúpenie zložky S₂(SO₄) 24.3—26.5 mval %, pomer HCO₃/Cl nad 10,

— prechodný Na-Ca-HCO₃-Cl typ s mineralizáciou cca 0.8 g · l⁻¹: zastúpenie zložiek S₁(Cl) a A₂ pomerne vyrovnané, pomer HCO₃/Cl je 1.2,

— zmiešaný typ s prevahou Ca-SO₄ zložky a so zvýšeným obsahom Na-Cl s mineralizáciou 2.2—3.8 g · l⁻¹: zložka S₂(SO₄) 34.5—44.1 mval %, S₁(Cl) 30.8—36.6 mval %, pomer HCO₃/Cl menší ako 1.

Všetky štyri chemické typy geotermálnych vôd sú z genetického hľadiska viazané na triasové dolomity a vápence maďarského stredohoria, pričom prvé dva typy (výrazný a nevýrazný Ca-Mg-HCO₃ typ) sa vyskytujú v komárňanskej vysokej kryhe a prechodný a zmiešaný typ v komárňanskej okrajovej kryhe.

Vody Ca-Mg-HCO₃ typu sú petrogénne (karbonátogénne), ich hlavným mineralizačným procesom je rozpúšťanie kalcitu a dolomitu za prítomnosti CO₂. Na kontakt so sadrovcom poukazuje geotermálna voda v Štúrove, ktorá je charakteristická zvýšeným obsahom Ca-SO₄ zložky. Zmiešaný a prechodný typ geotermálnych vôd reprezentujú vody zmiešanej ge-

TAB. 1
Priemerné teploty v rôznych hĺbkových úrovniach
Average temperatures in various depth levels

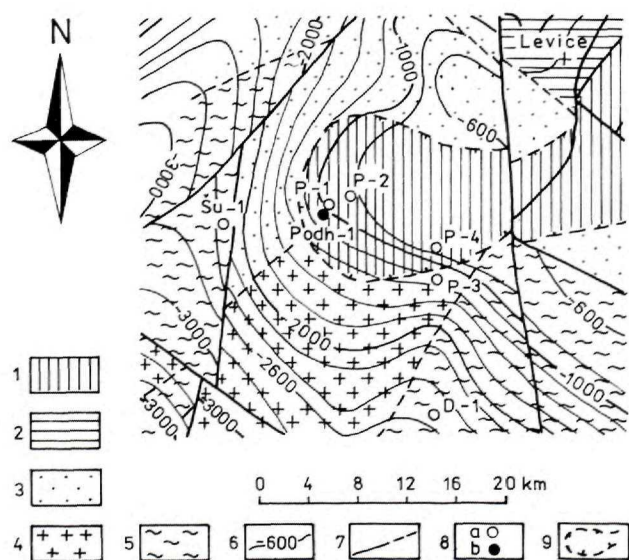
Oblasť, štruktúra	Teplota (°C) v hĺbkovej úrovni					
	1 000 m	1 500 m	2 000 m	2 500 m	3 000 m	3 500 m
Centrálna depresia	49	69	89	108	126	142
Komárňanská kryha:						
vysoká kryha	24	29	34	39	44	—
okrajová kryha	49	66	78	—	—	—
Levická kryha (vrt Po-1)	58	83	—	—	—	—
Topoľčiansky záliv:						
centrálna časť (FGTZ-1)	43	58	73	—	—	—
okrajová časť (BnB-1)	29	35	40	—	—	—
Viedenská panva	43	62	80	92	98	106

nézy. Ide o zmes vlastných sulfátovo-karbonátogénnych vôd mezozoika a infiltračne výrazne degradovaných marinogénnych vôd nadložného miocénu, ktoré zasiakli do karbonátových komplexov hlavne v počiatočnej fáze jeho morskej transgresie. Vyššia prítomnosť síranov vo vodách v oblasti Komárna poukazuje na ich kontakt so sadrovcom, vody v oblasti Modrian svedčia o jeho absencii v horninovom prostredí.

V komárňanskej vysokej kryhe boli prognózne zdroje geotermálnych vôd vypočítané ako prirodzený dynamický prietok štruktúrou. Predstavujú $133 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ vôd s teplotami $20\text{--}40^\circ\text{C}$. Ich technicky využiteľný tepelnoenergetický potenciál je $9,7 \text{ MW}$. Výsledky hydrodynamickej bilancie tu potvrdili zhodu s výsledkami geotermickej bilancie. Režim geotermálnych vôd (klesanie výdatnosti vrtov) ovplyvňuje intenzívne odčerpávanie krasových vôd v uhoľných baniach v Tatabányi a Dorogu (MR). V komárňanskej okrajovej kryhe sú akumulované statické zásoby geotermálnych vôd.

Levicá kryha

Nachádza sa v severovýchodnej časti podunajskej panvy. Tvorí ju mezozoikum chočského a vyšších príkrovov, v podloží ktorých je miestami zachovaný



Obr. 3. Morfotektonická mapa terciérneho podložia levickej kryhy a jej okolia (Fusán et al., 1979). 1 - mezozoikum, 2 - melafýrová séria, 3 - obalová jednotka, 4 - granitoidy, 5 - kryštalické bridlice, 6 - izohypsy reliéfu terciérneho podložia, 7 - zlomy, 8a - vrty, 8b - geotermálne vrty, 9 - levická kryha.

Fig. 3. Morphotectonic map of the Cenozoic basement in the Levica block unit and adjacent area (Fusán et al., 1979). 1 - Mesozoic, 2 - melaphyre unit, 3 - cover unit, 4 - granitoids, 5 - crystalline schist, 6 - isohypse of the Cenozoic basement surface, 7 - fault, 8a - drilling, 8b - geothermal well, 9 - the Levica block unit.

i mezozoický obal kryštalinika (Fusán et al., 1979). Štruktúra je z východnej strany ohraničená zlomom severojužného smeru, ktorý prebieha západne od Levíc (obr. 3). Mezozoikum príkrovov mierne upadá od santovsko-turoveckého chrbta, resp. od Levíc smerom k Pozbe (vrty P-1, 2, Po-1) z hĺbky asi 700 m až do hĺbky 1 300—1 500 m. Je to plošina zo začiatku mierne, potom strmšie uklonená na západ. Ďalej na západ pokračuje iba mezozoický obal kryštalinika, ktorý sa ponára až do hĺbky okolo 2 500 m. Nadložie mezozoika tvoria neogénne sedimenty.

Na horniny mezozoika (hlavne triasové dolomity, menej kremence), ako aj na bazálne bádenské klastiká sa viažu geotermálne vody s teplotami najmä $70\text{--}80^\circ\text{C}$ (Remšík a Franko, 1983). Hlavné kolekto-ry (triasové dolomity) dosahujú mocnosť 232—375 m.

Teplotné pole štruktúry charakterizuje hodnota geotermického gradienta $50^\circ\text{K} \cdot \text{km}^{-1}$, resp. teploty uvedené v tab. 1. Priemerná hodnota tepelného toku je $78 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ (Král a Jančí, 1984). Hodnoty geotermických parametrov ukazujú, že geotermická aktivita v levickej kryhe je vyššia ako vo väčšine štruktúr alebo oblastí Slovenska perspektívnych na získanie geotermálnej energie.

V levickej kryhe sa vyskytujú geotermálne vody iba výrazného Na-Cl typu $\text{Si}(\text{Cl})$ 71,2—86,2 mval %, s mineralizáciou 12—20 g $\cdot \text{l}^{-1}$. Mineralizácia vôd v štruktúre klesá v smere zo západu na východ z 19,8 g $\cdot \text{l}^{-1}$ (Podhájska-1) na 12—14 g $\cdot \text{l}^{-1}$ (Pozba-4). Pomer HCO_3/Cl je 0,07—0,25.

Geneticky ide o degradované marinogénne vody, ktoré v neogéne (najsôr v bádene) vsiakli do dna sedimentačného bazénu (triasových dolomitov) a tam sa zachovali a metamorfovali na styku voda—hornina.

V levickej kryhe sú akumulované statické zásoby geotermálnych vôd. Zásoby geotermálnej energie boli hodnotené pre exploatáciu systémom reinjektáže pomocou modelového riešenia. Modelovaním reinjektáže na lokalite Podhájska pri exploatovanom a zároveň reinjektovanom množstve $52 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na jednu dvojicu vrtov so vzdialenosťou vrtov 2 km sa zistilo, že čelo chladnejšieho frontu sa k exploatáčnemu vrtu dostane za viac ako 35 rokov (Juránek et al., 1983). Aplikácia výsledkov modelovania reinjektáže na celú oblasť štruktúry (Remšík, 1985) dovolila vyčíslíť hrubý tepelnoenergetický potenciál na 252 MW ($1092 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ vôd s teplotou 70°C).

Topoľčiansky záliv

Jedným zo severných výbežkov podunajskej panvy je topoľčiansky záliv spolu s Bánovskou kotlinou, ktorá je jeho pokračovaním. Predstavuje tektonicky podmienenú morfológickú depresiu vyplnenú sedi-

mentmi terciéru. Zo západu (od Považského Inovca) je záliv výrazne tektonicky obmedzený, neplatí to však o jeho východnom obmedzení — zo strany Trábeča. Jeho terciérne podložie (rišňovskú depresiu) reprezentuje tatrikum (hlavne triasové karbonáty a kremence) a v menšom rozsahu triasové členy krížňanského príkrovu (v priľahlých častiach Trábeča a Považského Inovca); v priestore závodsko-bielického chrbta krížňanský, chočský a vyššie príkrovy a v Bánovskej kotline chočský a vyššie príkrovy (hlavne triasové dolomity a vápence).

Najperspektívnejšiu štruktúru na získanie geotermálnych vôd na energetické účely vytvárajú stredno-triasové karbonáty chočského a krížňanského príkrovu ležiace v centrálnej časti územia severne od vrhu FGTZ-1 (Fendek et al., 1985). Teplotné pole štruktúry charakterizujú teploty uvedené v tab. 1. Geotermický gradient v centrálnej časti územia je okolo $32\text{ }^{\circ}\text{K} \cdot \text{km}^{-1}$ a v okrajových častiach klesá pod hodnotu $19\text{ }^{\circ}\text{K} \cdot \text{km}^{-1}$. Hodnota tepelného toku v topoľčianskom zálive predstavuje $70\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$, v Bánovskej kotline $60\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ (Lizoň et al., 1980).

Topoľčiansky záliv charakterizujú dva chemické typy geotermálnych vôd:

— výrazný $\text{Ca}(\text{Mg})\text{-HCO}_3$ typ s mineralizáciou $0.7\text{--}0.8\text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; zložka A_2 $67.6\text{--}86.6\text{ mval } \%$, pomer HCO_3/Cl $2.7\text{--}51.3$, vyskytuje sa v severnej časti topoľčianskeho zálivu (v Bánovskej kotline) a pravdepodobne aj v jeho strednej časti, v závodsko-bielickom chrbte.

— nevýrazný Na-HCO_3 , resp. prechodný $\text{Na-HCO}_3\text{-SO}_4$ typ s mineralizáciou $4.5\text{--}6.0\text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$; zložka A_1 $40.4\text{--}51.7\text{ mval } \%$, výrazné zvýšenie zložky $\text{S}_1(\text{SO}_4)$ — $35.9\text{--}37.6\text{ mval } \%$, pokles zložky A_2 na $5.6\text{--}12.5\text{ mval } \%$, pomer HCO_3/Cl $5.8\text{--}8.3$, vyskytujú sa v južnej časti topoľčianskeho zálivu — v rišňovskej depresii.

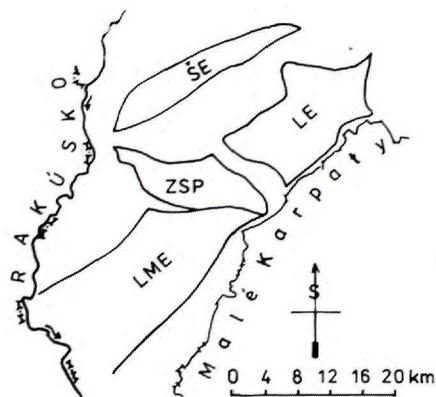
Výrazný $\text{Ca}(\text{Mg})\text{-HCO}_3$ typ vôd je viazaný na triasové vápence a dolomity chočského a vyšších príkrovov. Sú to petrogénne (karbonátogénne) vody, ktorých tvorba chemizmu prebieha v karbonatických horninách za absencie výraznejších akumulácií sadrovca alebo anhydritu.

Nevýrazný Na-HCO_3 , resp. prechodný $\text{Na-HCO}_3\text{-SO}_4$ typ vôd je viazaný na triasové karbonáty a kremence tatrika. Chemické zloženie týchto vôd sa tvorí zložitou cestou (ionovýmena, rozpúšťanie karbonátov, sadrovca, resp. anhydritu).

V strednej a severnej časti topoľčianskeho zálivu boli na základe geotermickej bilancie hodnotené perspektívne zdroje geotermálnych vôd, ktoré predstavujú $70\text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a ich priemerná teplota je $75\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hrubý tepelnoenergetický potenciál zdrojov činí 17.5 MW . V južnej časti topoľčianskeho zálivu sa nachádzajú iba menej významné statické zásoby geotermálnych vôd.

Viedenská panva

Vo viedenskej panve (obr. 4) sa geotermálne vody vyskytujú v štyroch štruktúrach — v lakšárskej elevácii, v šaštínskej elevácii s priľahlým juhozápadným a severovýchodným poklesnutým pásom, v závodsko-studienskom poklesnutom pásme a v lábsko-malackej elevácii s priľahlými poklesnutými kryhami (Remšík et al., 1985). Štruktúry vystupujú v podloží neogénnej výplne panvy, majú príkrovovú stavbu a sú budované príkrovmi vyššími ako krížňanský (hlavne triasovými členmi).



Obr. 4. Situačný náčrt štruktúr geotermálnych vôd vo viedenskej panve. LE — lakšárska elevácia, SE — šaštínska elevácia s priľahlým juhozápadným a severovýchodným poklesnutým pásom, ZSP — závodsko-studienske poklesnuté pásmo, LME — lábsko-malacká elevácia s priľahlými poklesnutými kryhami.

Fig. 4. Sketch map of geothermal water-bearing structures in the Vienna basin. LE — Lakšárska elevation, SE — Šaštín elevation with adjacent SW and NE downfaulted belts, ZSP — the Závod—Studenka downfaulted zone, LME — the Láb—Malacky elevation with the adjacent downfaulted block units.

Geotermálne vody sú viazané na triasové dolomity (hlavne vrchnotriasový hauptdolomit) chočského a vyšších príkrovov, ale aj na egenburské klastiká a v južnej časti územia (lábsko-malacká elevácia) na karpatské pieskovce a piesky. Štruktúry geotermálnych vôd sa nachádzajú v hĺbke $500\text{--}4\,500\text{ m}$, vyskytujú sa v nich vody s ložiskovou teplotou $40\text{--}140\text{ }^{\circ}\text{C}$. Teplotné pole viedenskej panvy je variabilné a charakterizujú ho dve výrazné anomálie — lakšárska elevácia (teploty v hĺbke $1\,000\text{ m}$ nad $60\text{ }^{\circ}\text{C}$) a lábska elevácia (teploty v $1\,000\text{ m}$ nad $50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Vo vrchnej časti lakšárskej elevácie je teplotné pole porušené konvektívnym prenosom tepla, v hĺbke $3\,000\text{ m}$ sa pozitívna teplotná anomália už neprejavuje. Priemerné teploty v rôznych hĺbkových úrovniach viedenskej panvy sú uvedené v tab. 1. Priemerný geotermický gradient ($0\text{--}1\,000\text{ m}$) je $34\text{ }^{\circ}\text{K} \cdot \text{km}^{-1}$ a s hĺbkou všeobecne klesá. Tepelný tok v území sa pohybuje od 57 do $70\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ (stredná hodnota $64\text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$).

TAB. 2
Chemické typy geotermálnych vôd
Chemical types of geothermal water

Hĺbka (v m)	Stratigrafia	Minerali- zácia (g · l ⁻¹)	S ₁ (Cl)	S ₁ (SO ₄)	S ₂ (Cl)	S ₂ (SO ₄)	A ₁	A ₂	$\frac{HCO_3}{Cl}$	Chemický typ vody ¹
Centrálna depresia podunajskej panvy										
1 124—3 048	panón — bádén	11,6—126,4	76,9—97,2	—	1,4—16,8	—	0,3—22,2	—	0,002—0,29	Na-Cl
1 473—2 460	pont — panón	5,1—9,9	74,1—81,6	—	—	0,3—0,8	12,3—23,5	1,5—3,8	0,22—0,34	Na-Cl
910—2 474	pont — panón	2,7—8,8	30,3—65,3	—	—	0,08—0,42	32,1—68,5	1,0—5,4	0,5—2,3	Na-Cl, resp. Na-HCO ₃
904—2 503	dák — pont	1,0—5,0	1,2—24,1	0,23—24,2	—	—	60,4—93,9	0,7—8,0	2,5—61,0	Na-HCO ₃
276—800	dák — pont	0,47—0,85	2,2—6,6	0,7—9,4	—	—	63,0—89,5	3,0—24,4	12,6—40,4	Na-HCO ₃
Komárňanská kryha										
129—1 021	trias	0,68—0,75	4,7—8,1	2,5—8,7	—	0,0—13,1	0,0—4,5	77,8—83,1	10,6—19,3	Ca-Mg-HCO ₃
72—132	trias	0,7—0,72	5,8—7,7	2,7—4,7	—	24,3—26,5	—	63,6—64,8	11,1—12,2	Ca-Mg-HCO ₃ (nevýrazný)
2 195—2 294	jura	0,76	35,8	7,0	—	16,2	—	41,0	1,2	Na-Ca-HCO ₃ -Cl
1 139—1 964	trias	2,2—3,8	30,8—36,6	0,0—7,8	—	34,5—44,1	—	17,8—21,9	0,61—0,66	zmiešaný typ
Levická kryha										
938—1 740	bádén trias	12,0—19,8	71,2—86,2	1,6—10,8	0,0—3,2	0,0—5,6	0,0—14,2	3,8—12,0	0,07—0,25	Na-Cl
Topoľčiansky záliv										
241—2 025	trias	0,66—0,78	2,0—4,3	0,0—5,8	—	—	—	67,6—86,6	2,7—51,3	Ca-(Mg)-HCO ₃
1 665—2 500	trias	4,52—5,98	6,8—9,1	35,9—37,6	—	—	40,4—51,7	5,6—12,5	5,8—8,3	Na-HCO ₃ , resp. Na-HCO ₃ -SO ₄
Viedenská panva (slovenská časť)										
1 116—2 002	egenburg trias	5,3—6,8	58,6—71,4	0,2—12,6	—	16,7—25,4	—	6,2—16,0	0,1—0,26	Na-Cl
2 005—2 780	egenburg trias	8,3—15,5	59,8—85,2	7,6—19,2	—	—	2,0—18,8	2,6—5,2	0,1—0,7	Na-Cl
4 455—5 000	trias	14,4—22,8	69,3—89,3	5,6—15,1	—	—	1,4—13,3	2,2—3,8	0,06—0,22	Na-Cl
5 400—5 950	trias	34,7—43,8	87,2—91,6	—	—	2,2—3,0	—	0,8—2,0	0,01—0,02	Na-Cl
2 145—3 000	trias	90,0—129,7	84,0—98,8	—	0,6—15,2	0,2—0,6	—	0,2—0,6	0,01—0,06	Na-Cl

¹ klasifikácia chemizmu podľa Gazdu (1971)

Viedenskú panvu charakterizujú geotermálne vody s nasledujúcim chemizmom:

— výrazný, resp. nevýrazný Na-Cl typ so zastúpením zložky $S_2(SO_4)$ a A_2 nad 5 mval % s mineralizáciou 5–7 g . l⁻¹; $S_2(SO_4)$ 16.7–25.4 mval %, pomer HCO_3/Cl 0.1–0.26, vyskytuje sa v najvyšších partiách lakšárskej elevácie,

— výrazný, resp. nevýrazný Na-Cl typ so zastúpením zložiek A_1 do 20 mval %, A_2 do 5 mval % s mineralizáciou 7–15 g . l⁻¹; $S_1(Cl)$ 59.8–85.2 mval %, pomer HCO_3/Cl 0.1–0.7, vyskytujú sa v šaštínskej elevácii s príslušným juhozápadným a severovýchodným poklesnutým pásmom,

— výrazný Na-Cl typ so zastúpením zložiek A_1 do 15 mval % a A_2 do 5 mval % s mineralizáciou 15–25 g . l⁻¹; $S_1(Cl)$ 69.3–89.3 mval %, pomer HCO_3/Cl 0.06–0.22, vyskytuje sa v závodsko-studienskom poklesnutom pásme,

— výrazný Na-Cl typ s mineralizáciou 35–45 g . l⁻¹; $S_1(Cl)$ 87.2–91.6 mval %, pomer HCO_3/Cl pod 0.1, nachádza sa v hlbokých partiách lakšárskej elevácie,

— výrazný Na-Cl typ so zastúpením zložiek $S_2(Cl)$ do 15 mval % a A_2 v minimálnych hodnotách s mineralizáciou 90–130 g . l⁻¹; $S_1(Cl)$ 84.0–98.8 mval %, A_2 0.2–0.6 mval %, pomer HCO_3/Cl pod 0.1, vyskytuje sa v lábsko-malackej elevácii s príslušnými poklesnutými kryhami.

Všeobecne možno uviesť, že geotermálne vody viedenskej panvy sú Na-Cl typu s rôznym zastúpením ostatných zložiek (nie vyšším ako 25 mval % — tab. 2) a s mineralizáciou od 5 do 130 g . l⁻¹. Podrobnejšie rozčlenenie týchto vôd podľa chemizmu vyplýva z ich genetickej príbuznosti a výskytu v jednotlivých štruktúrach.

Geotermálne vody viedenskej panvy sú marínogénne, ktoré popri metamorfóze s horninovým prostredím (napr. vody lakšárskej a šaštínskej elevácie sú metamorfované stykom s anhydritmi) zostali zachované, alebo boli zahustené, resp. degradované. Evaporáciou morskej vody vznikli v lábsko-malackej elevácii geotermálne soľanky. V hlbokých partiách lakšárskej elevácie zostali zachované „pôvodné“ morské vody, ktoré od vôd vo vrchných častiach štruktúry izoluje nepriepustné súvrstvie ílovitých bridlíc. V ostatných štruktúrach viedenskej panvy ide o degradované morské vody. Nejasná je genéza vôd v najvyššej časti lakšárskej elevácie. Podľa chemizmu to môžu byť degradované marínogénne vody, ale podľa izotopových analýz kyslíka a vodíka je pôvod týchto vôd meteorický — išlo by teda o petrogénne vody.

Výraznou zložkou geotermálnych vôd lakšárskej a šaštínskej elevácie je sírovodík, ktorý tu bol zistený v množstve 100,1–234,0 mg . l⁻¹ (vrt RGL–1,2). Je-

TAB. 3
Zásoby geotermálnej energie
Reserves of geothermal energy

Štruktúra, oblasť	1		2	
	persp.	progn.	persp.	progn.
Centrálna depresia	—	193*	—	—
Komárňanská kryha	—	9,7**	—	—
Levická kryha	—	—	—	252
Topoľčiansky záliv	17,5	—	—	—
Viedenská panva	—	—	511	268
Spolu	17,5	202,7	511	520

1 — hrubý tepelno-energetický potenciál zdrojov (MW), 2 — hrubý tepelno-energetický potenciál zásob zo systému reinjektáže (MW).

*pri voľnom prelive (185 dní za rok), **pri voľnom prelive celoročne.

ho vznik je spojený s biochemickou redukciou síranov, ktoré sa nachádzajú v geotermálnych vodách.

Vo všetkých štruktúrach viedenskej panvy boli zásoby geotermálnej energie na exploatáciu hodnotené systémom reinjektáže, a to pomocou modelového riešenia na počítači Wang 2 200 T podľa programu „TEPLO“. Prognózne zásoby geotermálnej energie v lakšárskej a šaštínskej elevácii predstavujú 268 MW (sieť vrtov so vzdialenosťou 2 km, exploatované a reinjektované množstvo 25–50 l . s⁻¹, ochladenie na exploatáčnom vrte sa prejaví za 50–110 rokov, teplota vody 75–83 °C, teplotný spád pri využívaní 60–68 °C). V ostatných štruktúrach viedenskej panvy boli hodnotené perspektívne zásoby geotermálnej energie a predstavujú 511 MW (sieť so vzdialenosťou vrtov 2 km, exploatované a reinjektované množstvo 25–30 l . s⁻¹, ochladenie na exploatáčnom vrte za 65–105 rokov, teplota vody 83–100 °C, teplotný spád pri využívaní 68–85 °C).

Záver

V jednotlivých štruktúrach podunajskej a viedenskej panvy sme hodnotili na základe výsledkov geotermálneho výskumu hydrogeotermálne pomery, podmienky výskytu a rozšírenia vôd, ich chemické zloženie, genézu a zásoby geotermálnej energie.

Zásoby v týchto hydrogeologických štruktúrach sme hodnotili jednak z aspektu druhu príslušnej štruktúry a ďalej so zreteľom na ich exploatáciu, resp.

ochranu životného prostredia pri ich eksploatacii. V otvorených a polootvorených štruktúrach (komárňanská vysoká kryha, centrálna depresia podunajskej panvy) sme vyčíslili zásoby ako prirodzený dynamický prietok štruktúrou, v zatvorených štruktúrach (kvôli udržiavaniu stáleho ložiskového tlaku), resp. v štruktúrach s vyššou mineralizáciou vôd, ktoré nemožno vypúšťať do povrchových tokov, sme hodnotili zásoby na exploataciu systémom reinjektáže pomocou modelového riešenia (levická kryha, štruktúry vo viedenskej panve). Zásoby geotermálnej energie vyčíslené v podobe hrubého tepelno-energetického potenciálu (perspektívneho a prognózneho) predstavujú 1 251,2 MW (tab. 3). Ide o sumárny potenciál štruktúr a ten, takmer celý, je potrebné overiť v praxi. Tento potenciál je prítomný v nie koncentrovanej forme a na praktické využitie pripadá z neho iba veľmi malá časť. No i tak predstavuje významný doplnkový zdroj energie.

Literatúra

- Fendek, M., Bodiš, D., Havrila, M. a Kohút, M. 1985: Geotermálna energia severovýchodnej časti topolčianskeho zálivu — prognózne zásoby. *Manuskript — archív GÚDŠ Bratislava*.
- Franko, O., Gazda, S. a Michaliček, M. 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. *Bratislava, GÚDŠ*.
- Franko, O., Halmešová, S., Remšík, A. a Zbořil, L. 1984: Tektonická mapa predkriedového podložja komárňanskej kryhy a jej hydrogeotermálny význam. In: *Zborník referátov z VIII. celoštátnej hydrogeologickej konferencie. Bratislava, GÚDŠ*.
- Franko, O., Remšík, A., Fendek, M., Bodiš, D. a kol. 1984: Geotermálna energia centrálnej depresie podunajskej panvy — prognózne zásoby. *Manuskript — archív GÚDŠ Bratislava*.
- Fusán, O., Biely, A. a Plančár, J. 1979: Geologická stavba podložja terciéru Západných Karpát. *Manuskript — archív GÚDŠ Bratislava*.
- Gazda, S. 1971: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. In: *Hydrogeologická ročenka 1970—1971. Bratislava*.
- Juránek, J., Sokola, K., Škollová, Z., Štepanková, K., Hebelka, A., Harnová, J. a kol. 1983: Výzkum technicko-technologických problémů těžby a využívání geotermálních zdrojů SSR. *Pracovní podklady za rok 1983. Manuskript—Geofond Bratislava*.
- Král, M. a Jančí, J. 1984: Geotermický výskum SSR. Technická správa za rok 1983. *Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Lizoň, I., Jančí, J. a Král, M. 1980: Základný výskum priestorového rozloženia zemského tepla v Západných Karpatoch. *Záverečná správa za roky 1976—1980. Manuskript — Geofond Bratislava*.
- Remšík, A. 1985: Energia geotermálnych vôd levickej kryhy. In: *Zborník prednášok I. konferencie „Komplexné využitie geotermálnych vôd SSR“. Bratislava, ČSVTS pri VÚVH*.
- Remšík, A., Fendek, M., Bodiš, D. a kol. 1985: Geotermálna energia viedenskej panvy — prognózne zásoby. *Manuskript — archív GÚDŠ Bratislava*.
- Remšík, A. a Franko, O. 1983: Geologický projekt výskumného geotermálneho reinjektážneho vrtu GRP-1 Podhájska. *Manuskript — archív GÚDŠ Bratislava*.
- Remšík, A., Franko, O. a kol. 1979: Základný výskum geotermálnych zdrojov komárňanskej vysokej kryhy. *Manuskript — archív GÚDŠ Bratislava*.

Geothermal waters of the Danube and Vienna basins

Occurrences of geothermal waters in the Danube basin were the objective of investigations in several structures including the central depression, the Komárno and Levice block structures and the Topolčany embayment.

In the central depression (Fig. 1), geothermal waters occur in sand and sandstone of Dacian, Pontian and Pannonian age. Temperatures are 42.3—91.5 °C and the water is mostly of $\text{HCO}_3\text{—Na}$ and $\text{HCO}_3\text{—Cl—Na}$ type with mineralization achieving 1.7—7.7 g.l⁻¹ (Tab. 2). Prognoses of sources reaching 60 °C average temperature into 1,500 m depths are assessed which would be exploited seasonally (185 days) yielding free spillways. Forecasts sources are 1,027 l.s⁻¹ representing a rough energetic potential of 193 MW.

In the Komárno block structure, geothermal waters are confined to Triassic limestone and dolomite of the Hungarian Midmountains structure in which thermal waters occur in two partial structures (Fig. 2). In the Komárno high block unit, where intensive water exchange occurs (low temperatures of the rock medium; Tab. 1), water temperatures are 20—40 °C and the water of $\text{HCO}_3\text{—Ca—Mg}$ type carries mineralizations of about 0.7 g.l⁻¹ (Tab. 2). Natural sources represent there (water with a natural dynamic discharge) 133 l.s⁻¹ with average temperature of 32.5 °C and the technically exploitable thermal energy is 9.7 MW.

Waters of 40—68 °C temperature and of mixed chemistry containing 0.76—3.8 g.l⁻¹ total mineralization (Tab. 2) characterize the Komárno marginal block unit. Static geothermal resources are here assessed.

In the Levice block unit, geothermal waters are concentrated in Triassic quartzite (Tatric unit) and in dolomite of Triassic age (Hronic unit and the higher nappes) together with clastics of Badenian age. Water temperatures achieve here 70—80 °C, the water is of Na—Cl type mineralized in amounts of about 19 g.l⁻¹ (Tab. 2). Owing to the temporal and spatial limits of geothermal water (probably, the case is a closed hydrogeological structure of natural reserves), the structure has been assessed for a reinjection system yielding 252 MW (21 geothermal doublets of 2 km mutual distance between the exploitation and reinjection well, 52 l.s⁻¹ of reinjected water and assessed approach of the chilled front to exploitation well after 35 years).

Geothermal waters of the Topolčany embayment occur in Triassic carbonate and quartzite of the Tatric unit but mostly in Triassic carbonates of the Krížna, Choč and higher nappe structures. The water is of Na— HCO_3 or Na— HCO_3 or Na— $\text{HCO}_3\text{—SO}_4$ type with 4.5—6.0 g.l⁻¹ of total mineralization or that of Ca(Mg)— HCO_3 type where total mineralization is lower: 0.7—0.8 g.l⁻¹ (Tab. 2). Prospective geothermal water resources of 75 °C average temperature are assessed for the central and

northern parts of the Topoľčany embayment yielding, according to the geothermal balance, 70 l. s^{-1} with rough thermal energy of 17.5 MW. Less significant static geothermal water sources are assessed in the southern part of the embayment.

Geothermal waters in the Vienna basin (Fig. 4) occur in the Lakšárska and Šaštín structures, in the Láb—Malacky elevation and in the Závod — Studienka downfaulted zone in Triassic dolomites and limestones belong the Choč and higher nappe structures as well as in Eggenburgian clastics and Karpatian sandstone. The geothermal structures occur in rather large depth interval of 500—4,500 m from the surface and bedding temperatures achieve 40—140 °C. The water is of Na—Cl type with total mineralization amounting 5—25 g $\cdot \text{l}^{-1}$ (90—130 g $\cdot \text{l}^{-1}$ in the Láb—Malacky elevation; Tab. 2).

The geothermal waters of the Lakšárska and Šaštín elevation structures are hydrogen monosulphide-bearing in

thermal energy in both structures are assessed to represent 268 MW whereas the prospective geothermal energy reserves in other structures of the basin are 511 MW (presuming exploitation through reinjection system, assuming 2 km distance between exploitation and reinjection wells, 25—50 l. s^{-1} of reinjected water and the approach of the chilled front to the exploitation well after 50—110 years, surficial water temperature of 75—100 °C and thermal difference during utilization of 60—85 °C).

The investigated geothermal structures of the Danube and Vienna basins together with the Topoľčany embayment are representing a rough geothermal energetic potential of 17.5 MW (prospective) and 202.7 MW (prognostic) resources. The thermal energetic potential of reserves for reinjection systems is assessed to represent 511 MW (prospective) and 520 MW (prognostic) respectively (Tab. 3).

Pokračovanie zo s. 240

Polymetalické a medené rudy

USA. Južne od Tucsonu sa ťaží porfýrový typ ložiska Helvetia — zásoby oxidických rúd 23 mil. t, priemerný obsah Cu 0.78 %; primárnych rúd 280 mil. t s obsahom 0.62 % Cu, 0.016 % Mo. Med ťaží aj v Montane z povrchového ložiska porfýrového typu Butte. Ročná produkcia 53.2 tis. t medi, 14.1 mil. libier molybdénu v koncentrácii. Rudné zásoby ložiska 468 mil. t, priemerný obsah 0.31 % Cu a 0.0043 Mo.

Francúzsko. BRGM preskúmalo ložisko — Pb-Zn Chessey v blízkosti Lyonu. Rudné zásoby ložiska 4.8 mil. t, priemerný obsah 2.3 % Cu, 8.7 % Zn, 23 % barytu, 44 % pyritu. 2/3 prieskumu boli uskutočnené vrtnými prácami, zvyšok banskými prácami. Predpokladaná ťažba 2 500 t za deň.

Maroko. BRGM v spolupráci so štátnou geologickou službou preskúmali ložisko Pb-Zn Hajar 35 km južne od Marakešu. Rudné zásoby cca 10 mil. t s obsahmi 10 % Zn, 2.5 % Pb, 0.8 % Cu, 75 g/t Ag.

Veľká Británia. Znovu sa otvára ložisko Parys Mountain

na ostrove Anglesey. Zásoby rudy 5.3 mil. t s obsahmi 6 % Zn, 3 % Pb, 1.5 % Cu, 30 g/t Ag a 0.4 g/t Au.

Kanada. Otvára sa ložisko Isle Dieu — rudné zásoby 2 mil. t, obsahy 17.8 % Zn, 1 % Cu, 72 g/t Ag, 0.4 g/t Au. V Britskej Kolumbii sa ťaží povrchové ložisko Cu Ajax. Zásoby ložiska 27.2 mil. t, obsah Cu 0.46 % a 0.3 g/t Au. Denná ťažba 11 000 t.

Austrália. Na dobývanie sa pripravujú 2 ložiská Pb-Zn v Queenslande: Ložisko Lady Loretta — zásoby 7.3 mil. t — 18.2 % Zn, 8.7 % Pb, 129 g/t Ag; Ložisko Thalanga — zásoby 7.8 mil. t, obsahy 8.7 % Zn, 2.7 % Pb, 2.2 % Cu a 71.8 g/t Ag.

Rudy niklu, kobaltu a pod.

India. SRN sa spoluzúčastňuje na využívaní laterického ložiska Kausa v štáte Orissa. Priemerné obsahy Ni 1 %, Co 0.03 %.

Kanada. Otvára sa ložisko Lindsley, typ Sudbury. Obsahy 2.3 % Ni, 4.4 % Cu, 0.12 % Co, 3 g/t Ag, 2 g/t Au, 10 g/t platiny a paládia.

Ján Bartalský