

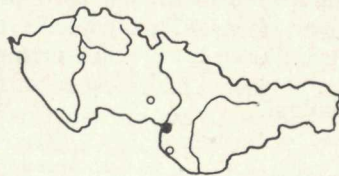
Geotermické pole vrtby Lakšárska Nová Ves-7 a jeho geologická interpretace

(6 obr. a 2 tab. v textu)

JAROSLAV KALINA — FRANTIŠEK NĚMEC*

Геотермическое поле скважины Лакшарска Нова Вес — 7 и его геологическая интерпретация

В работе дана оценка выразительной аномалии геотермического поля скважины Лакшарска Нова Вес — 7, которая находится в восточной части Венского бассейна. Аномалия характеризуется резким понижением геотермического градиента до отрицательных значений прежде всего в интервале глубин известняками и сланцами карн-леяса лакшарской чешуйчатой системы и хочского покрова.



На основе анализа геологических и гидрологических условий можно сделать вывод, что указанная аномалия обусловлена миграцией холодных поверхностных малокарпатских вод во внутрикарпатские покровы лакшарского припоянтого блока, которая продолжается до сих пор.

Geothermal field of the Lakšárska Nová Ves — 7 drill-hole and its geological interpretation

The paper presents estimation of a pronounced anomaly of the temperature gradient in the geothermal field of the Lakšárska Nová Ves-7 drill-hole, in the eastern part of the Vienna basin. The anomaly is manifested by strong decrease of the temperature gradient to negative values, mainly between 1900—2300 m depth, where Mesozoic dolomite, limestone and shale of the Lakšárska Nová Ves imbricated structure and of the Choč nappe occur.

The ascertained anomaly is explained by cold superficial water migration from the Malé Karpaty Mts. area into central Carpathian nappe structures of the Lakšárska upthrown block, according to geological as well as hydrogeological conditions. This immigration continues in recent times, too.

Při termokarotážních měřeních, uskutečněných na vrtbě Lakšárska Nová Ves-7 (dále jen LNV-7), která se nachází ve v. části vídeňské pánve na lakšárské vysoké kře, jež ve směru k JV končí nedaleko odtud na s. výběžcích

* Ing. Jaroslav Kalina, RNDr. František Němec, Nafta, k. p., 908 45 Gbely, okres Senica.

Malých Karpat (obr. 6), byla zjištěna výrazná anomálie geotermického pole. Projevuje se enormním poklesem geotermického gradientu, jaký nebyl u nás dosud zaznamenán.

V předložené práci provedli jsme zhodnocení uvedené anomálie geotermického pole. Současně jsme se pokusili, na podkladě geologických a hydrogeologických poměrů, interpretovat i její vznik a průběh. Vzhledem k tomu, že tato část se opírá nejen o poznatky z vrtby LNV-7, ale i z jejího širšího okolí, zařadili jsme do práce i zhodnocení hydrogeologických poměrů celé laskárské vysoké kry, popřípadě i okolních území.

Způsob a podmínky měření geotermického pole

Vrt LNV-7 byl dovrtnán do konečné hloubky 6405 m v prosinci 1974. Měření geotermického pole bylo provedeno jak v průběhu vrtání (třikrát), tak i po jeho ukončení a zapažení vrtu těžební kolonou.

Celková konstrukce vrtu při posledním měření byla následující:

kolona	průměr	hloubka		hlava cementu
		od	do	
řídící	24"	0	22 m	po povrch
úvodní	18 5/8"	0	241 m	po povrch
I. technická	13 3/8"	0	1997 m	1225 m
II. technická	9 5/8"	0	3608 m	nezjištěna
III. technická	5"	0	5201 m	800 m
těžební	7"	5003,3 m	6403 m	5003,3 m

Série tři měření geotermického pole vrtu LNV-7 byla provedena v červnu a červenci 1974, kdy vrt dosáhl hloubky 5771 m. V této době bylo nutno provést technickou rekonstrukci vrtní soupravy, což si vyžádalo dobu asi 2 měsíců. Této doby bylo využito k měření teploty výplachu ve vrtu za účelem poznání geotermického pole vrtu a výpočtu geotermického stupně. První měření se uskutečnilo v době, kdy byl vrt 17 dní v klidu, druhé po 41 dnech klidu a třetí po ukončení rekonstrukce, tj. po 59 dnech klidu vrtu. Cílem této série měření bylo vysledovat změny teploty výplachu v závislosti na čase. Všechna tato měření byla uskutečněna pouze do hloubky 5200 m, tzn. do paty III. technické kolony. Nezapažená část vrtu v intervalu 5200 až 5771 m se stala pro elektrický teploměr neprůchodnou už po 17 dnech klidu vrtu. V té době byly zapaženy všechny kolony až do III. technické, která byla zapažena do ztracena v intervalu 3394—5201 m. Později po dovrtnání vrtu do konečné hloubky byla tato kolona dopažena až k povrchu a docementována.

Po dovrtnání vrtu do konečné hloubky, zapažení těžební kolony a dopažení III. technické kolony bylo provedeno ve dnech 18. a 19. 8. 1975 po 20 dnech klidu vrtu další měření teploty výplachu v intervalu 0 až 6050 m.

Všechna měření byla uskutečněna pomocí elektrických teploměrů typu ETMI-60, vyrobených v dílnách závodu Karotáž a cementace MND, n. p., Hodonín. Při každém záměru se teplota výplachu měřila elektrickými teploměry s nepřetržitým záznamem v hloubkovém měřítku 1 : 1000, dále byl v určitých hloubkách prováděn kontrolní odpočet měřeného napětí, které bylo přepočteno

na teplotu, a kromě toho se teplota kontrolovala jedním nebo několika maximálními rtuťovými teploměry, které byly ve zvláštních pouzdrech upevněny na karotážním kabelu při měření elektrickými teploměry.

Pro každé měření byl vykreslen graf závislosti teploty na hloubce podle odpočtu teploty v intervalech po 100 m z nepřetržitých záznamů teploty. Z těchto údajů byl vypočten geotermický gradient jako rozdíl teploty ve stometrových intervalech a geotermický stupeň jako reciproká hodnota geotermického gradientu. Oba tyto parametry byly graficky zobrazeny v závislosti na hloubce, a to tak, že údaje byly přiřazeny vždy k větší hloubce stometrového intervalu, v němž byl geotermický stupeň nebo gradient vypočten.

Měření teploty výplachu dne 11. 6. 1974 a 5. 7. 1974 bylo provedeno vždy jedním elektrickým teploměrem s $T_0 = 73,5^\circ\text{C}$, resp. s $T_0 = 72,8^\circ\text{C}$, což je teplota, při níž je měřené napětí na elektrickém teploměru nulové. Ukázalo se, že při měření nebyl pozorován růst teploty s časem, ale naopak pokles. Maximální rtuťové teploměry v obou případech však ukazovaly na vyšší teplotu, než naměřily teploměry elektrické. Zajímavý byl průběh teploty v intervalu 2000 až 3000 m, který byl shodně potvrzen oběma měřeními.

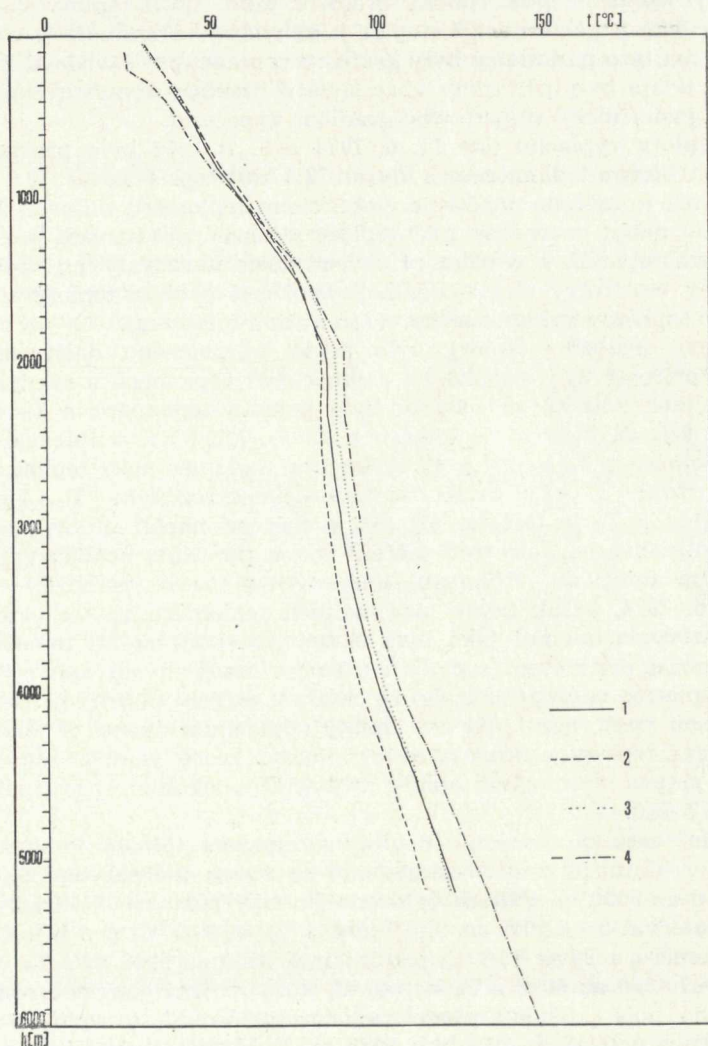
Pro ověření průběhu teploty bylo proto uskutečněno další měření dne 23. 7. 1974, přičemž bylo použito tří elektrických teploměrů s různými hodnotami T_0 . V intervalu 25 až 1500 m bylo použito teploměru s $T_0 = 34,5^\circ\text{C}$, v intervalu 800 až 2500 m teploměru s $T_0 = 72,8^\circ\text{C}$ a v intervalu 2300 až 5200 m teploměru s $T_0 = 111,4^\circ\text{C}$. Elektrický teploměr měří teplotu tím přesněji, čím je rozdíl $|T - T_0|$ menší. Se zvyšujícím se rozdílem $|T - T_0|$, kde T je měřená teplota a T_0 je teplota, při níž je měřené napětí nulové, se přesnost měření teploty snižuje. Toto třetí měření znovu potvrdilo průběh teploty v celém měřeném intervalu. Absolutní hodnoty teploty se přiblížily k údajům ze dne 11. 6. 1974, avšak údaje maximálních teploměrů znovu ukazovaly na vyšší teplotu výplachu, než jaká byla naměřena elektrickými teploměry.

Uvedená série při měření teploty v různém časovém odstupu od zastavení cirkulace výplachu ve vrtu ukázala, že chyby v měření použitými elektrickými teploměry jsou vyšší, než je nárůst teploty výplachu s časem. Z toho vyplývá, že při měření teploty elektrickými teploměry, které jsou v současné době používány, je pro vyrovnání teploty výplachu s okolním prostředím dostatečná doba 17 dnů.

Po dovtření vrtu do konečné hloubky a zapažení těžební kolonou byl ponechán vrt v klidu 20 dnů a uskutečnilo se znovu měření teploty výplachu v intervalu 0 až 6050 m. Přitom bylo použito čtyř různých elektrických teploměrů: pro interval 0 až 1000 m teploměru s $T_0 = 34,5^\circ\text{C}$, pro interval 800 až 3000 m teploměru s $T_0 = 72,8^\circ\text{C}$, pro interval 2500 až 5000 m s $T_0 = 111,1^\circ\text{C}$ a pro interval 4500 až 6050 s $T_0 = 140^\circ\text{C}$. Toto měření plně potvrdilo průběh geotermického pole, zjištěný předcházejícími měřeními, a rozšířilo poznatky o geotermickém poli až do hloubky 6050 m. V hloubkách větších než 1500 m byly však naměřeny poněkud vyšší hodnoty teploty než při předcházejících měřeních. V intervalu 300 až 1000 m jsou naměřené hodnoty teploty nižší a v intervalu 1000 až 1500 m je teplota zhruba stejná jako při předcházejících měřeních.

Při vykreslení závislosti teploty na hloubce bylo zjištěno, že teploměr s $T_0 = 111,1^\circ\text{C}$ v intervalu 2500 až 5000 m neměřil teplotu s dostatečnou přesností, ačkoliv byl jako všechny ostatní připravován a cejchován. V hloubce

3000 m byla naměřená teplota o $1,9^{\circ}\text{C}$ nižší oproti teplotě zjištěné teploměrem s $T_0 = 72,8^{\circ}\text{C}$, a naopak v hloubce 5000 m byla naměřená teplota o $5,4^{\circ}\text{C}$ vyšší než teplota naměřená teploměrem s $T_0 = 140^{\circ}\text{C}$. Teplota výplachu byla kontrolována mnoha maximálními rtuťovými teploměry, jejichž údaje většinou souhlasily s hodnotami elektrických teploměrů.



Obr. 1. Grafické znázornění teploty na vrtbě LNV-7 v závislosti na hloubce
1 — měření dne 11. 6. 1974; 2 — měření dne 5. 7. 1974; 3 — měření dne 23. 7. 1974; 4 — měření dne 18. a 19. 8. 1975

Fig. 1. Temperature values plotted against the depth in the LNV-7 drill-hole. Explanations: 1 — measuring at 11th June 1974, 2 — at 5th July 1974, 3 — 23rd July 1974, 4 — at 18th and 19th August 1975.

Měli jsme k dispozici čtyři měření teploty, které se mezi sebou lišily v hloubce 5200 m až o 18 °C. Grafické znázornění průběhu teploty v závislosti na hloubce je na obr. 1. Situace se zdála téměř nevysvětlitelnou a neřešitelnou. Bylo zřejmé, že mohou pomoci pouze údaje zjištěné jiným způsobem. Použili jsme proto údajů o teplotě media při čerpacích pokusech a orientačně též teplot, zjištěných v hloubce 6400 m při konečném karotážním měření. Tyto údaje potvrdily, že nejpřesnější je měření teploty výplachu z roku 1975. Tomu rovněž odpovídají údaje o teplotě, zjištěné maximálními teploměry při měřeních v roce 1974. Teplotní křivku z intervalu 3000 až 5000 m jsme přepočítali tak, aby navazovala na hodnoty v předcházejícím a následujícím intervalu, a přitom aby byl zachován relativní průběh teploty. Tato úprava však nenarušuje charakteristiku průběhu geotermického pole.

Teplotní měření ze dne 18. a 19. 8. 1975, s mírně upravenou citlivostí v intervalu 3000 až 5000 m, nejlépe odpovídá teplotě hornin, a tedy i průběhu geotermického pole vrtu LNV-7. Ostatní měření je třeba považovat za vyhovující pro charakteristiku změn geotermického pole, avšak naměřené absolutní hodnoty teploty jsou zatíženy značnou chybou. Příčina je pravděpodobně v nepřesném nacejchování, citlivostech i nepřesném nastavení elektrického proudu.

Výsledky měření

Naměřené údaje o teplotě s vypočteným geotermickým gradientem i geotermickým stupněm jsou souhrnně uvedeny v tab. 1. Průběh teploty, změřené elektrickým i maximálním teploměrem v závislosti na hloubce, je znázorněn na obr. 2. Největší rozdíl mezi elektrickým a maximálním teploměrem je v intervalu 1500 až 3000 m; dosahuje až 5,5 °C, avšak charakter změn teploty s hloubkou zůstává zachován.

Pro další zobrazení geotermického pole bylo použito záznamu teploty elektrickým teploměrem s nepřetržitým zápisem. Na obr. 3 je znázorněna charakteristika teplotního pole vrtu LNV-7. V závislosti na hloubce je znázorněn průběh teploty, geotermického gradientu a geotermického stupně. Geotermický stupeň (gradient) se mění s hloubkou. Závisí na provrtaných horninách, jejich litologickém složení a stratigrafickém stupni. V neogénu až do bazálních slepenců je geotermický stupeň 25,8 m/°C a odpovídá údajům zjištěným v jiných vrtech. Změny v neogénu závisí na litologickém složení (ve vrstvách tvořených pískem je geotermický stupeň vyšší, v jílovitých vrstvách nižší). V bazálním slepenci neogénu se geotermický stupeň zvyšuje na 30 až 40 m/°C a ve vápencích svrchní křídy je asi 40 m/°C.

V hloubce 1900 m roste geotermický stupeň nade všechny meze, geotermický gradient klesá na nulu. Znamená to, že teplota se zvyšující se hloubkou neroste. Tento interval (1900 až 2300 m) odpovídá dolomitům svrchního triasu. Střední hodnota geotermického stupně je 571 m/°C. Od svrchní hranice jílovců, břidlic a pískovců rétu — liasu a lunszkých vrstev svrchního triasu geotermický stupeň postupně klesá z 250 m/°C v hloubce 2600 m až na 41,7 m/°C v hloubce 4300 m. Průměrná hodnota v intervalu 2400—4300 m je 106,2 m/°C. Vevětších hloubkách se hodnota geotermického stupně ustálila kolem 50 m/°C, přičemž průměrná hodnota v těchto partiích, tj. v intervalu 4400 až 6000 m, je 49,3 m/°C. Znamená to, že teplota znovu narůstá víceméně rovnoměrně. Souhrnně jsou hodnoty průměrného geotermického stupně uvedeny v tab. 2.

Údaje o naměřených hodnotách teploty výplachu a vypočtených hodnotách geotermického stupně a geotermického gradientu na vrtbě LNV-7

Tab. 1

Hloubka (m)	Nepřetržitý záznam			T (°C) podle kontr. odpočtu	T (°C) podle maxim. teplom.	Parametry elektr. teploměru
	T (°C)	ΔT (°C)	G (m/°C)			
100	23,9			90 m-23,9		$T_0 = 34,5^\circ\text{C}$ $K = 4,2^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 12 \text{ mA}$
200	24,45	0,55	181,8	24,7		
300	32,3	7,85	12,7			
400	36,2	3,9	25,6			
500	39,8	3,6	27,8	38,7	38	
600	42,7	2,9	34,5			$T_0 = 72,8^\circ\text{C}$ $K = 4,58^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13,1 \text{ mA}$
700	46,2	3,5	28,6			
800	49,8	3,6	27,8	48,5	48	
900	54,6	4,8	20,8			
1000	58,9 (59,4)	4,3	23,3	57,0 (58,8)	57,5	
1100	63,45	4,05	24,7			$T_0 = 111,1^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
1200	67,5	4,05	24,7			
1300	72,0	4,5	22,2	70,0		
1400	76,1	4,1	24,4			
1500	79,25	3,15	31,7	77,0	75	
1600	81,6	2,35	42,6			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
1700	84,2	2,6	38,5			
1800	86,6	2,4	41,7			
1900	89,2	2,6	38,5			
2000	89,5	0,3	333	86,8	85	
2100	89,9	0,4	250			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
2200	89,9	0,0	∞			
2300	89,9	0,0	∞			
2400	90,4	0,5	200			
2500	91,0	0,6	167	87,8	85,5	
2600	91,4	0,4	250			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
2700	92,2	0,8	125			
2800	92,9	0,7	142,9			
2900	93,75	0,85	117,6			
3000	94,5 (93,9)	0,75	133	91,0	89	
3100	94,6	0,7	142,9			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
3200	95,6	1,0	100			
3300	96,5	0,9	111			
3400	97,6	1,1	91			
3500	98,9	1,3	76,9	97,5	95,5	
3600	100,1	1,2	83,3			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
3700	101,6	1,5	66,7			
3800	103,1	1,5	66,7			
3900	104,8	1,7	58,8			
4000	106,6	1,8	55,6	106,2	104,5	
4100	108,7	2,1	47,6			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
4200	110,9	2,2	45,5			
4300	113,3	2,4	41,7			
4400	115,6	2,3	43,5			
4500	117,6	2,0	50,0	118,4	118,0	
4600	119,4	1,8	55,6			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
4700	121,3	1,9	52,6			
4800	123,3	2,0	50,0			
4900	125,3	2,0	50,0			
5000	127,2 (127,0)	1,9	52,6	129,6 (126,3)	125,5	
5100	129,25	2,25	44,4			$T_0 = 140^\circ\text{C}$ $K = 4,54^\circ\text{C}/\Omega$ $I = 13 \text{ mA}$
5200	131,4	2,15	46,5			

Hloubka (m)	Nepřetržitý záznam			T (°C) podle kontr. odpočtu	T (°C) teplom. podle maxim.	Parametry elektr. teploměru
	T (°C)	ΔT (°C)	G (m/°C)			
5300	133,4	2,0	50,0	135,8	132,5	
5400	135,5	2,1	47,6			
5500	137,5	2,0	50,0			
5600	139,4	1,9	52,6			
5700	141,4	2,0	50,0			
5800	143,45	2,05	48,8	146,0	145,0	
5900	145,5	2,05	48,8			
6000	147,7	2,2	45,5			

Interval 1900 a 4300 m je tedy z hlediska průběhu geotermického pole anomální, neboť se zde velmi silně mění geotermický stupeň. Zvláště zajímavý je interval 1900 až 2300 m. Na obr. 4 je zobrazen ve větším hloubkovém a teplotním měřítku průběh teploty v tomto intervalu. Jsou zde patrná dvě teplotní minima. První je v hloubce 1970 až 2010 m a dosahuje 0,15 °C, druhé je v hloubce 2190 až 2230 m a dosahuje 0,5 °C. Chyby v měření jsou vyloučeny, protože obě minima se projevují na všech čtyřech měřeních teploty výplachu ve vrtu. Znamená to, že v určitých krátkých intervalech se vzrůstající hloubkou teplota klesá. To je možné pouze v tom případě, že existuje lokální ochlazování těchto intervalů, resp. lokální ohřev intervalů nacházejících se nad nimi.

Od hloubky 2300 m do hloubky 4300 m teplota pozvolna roste, a to zpočátku pomaleji a se zvyšující se hloubkou rychleji. Geotermický stupeň postupně klesá. Je tedy možné mluvit o geotermické anomálii v širším slova smyslu v celém intervalu 1900—4300 m, v užším slova smyslu (daleko výraznější) v intervalu 1900 až 2300 m.

Geologická charakteristika lakšárské vysoké kry

Nejstarší neogenní formací v dané oblasti je eggenburg, reprezentovaný bazálními slepenci a pískovci. V jejich nadloží spočívají horniny karpátu. V části území se vyskytuje též svrchní baden, popřípadě sarmat a panon.

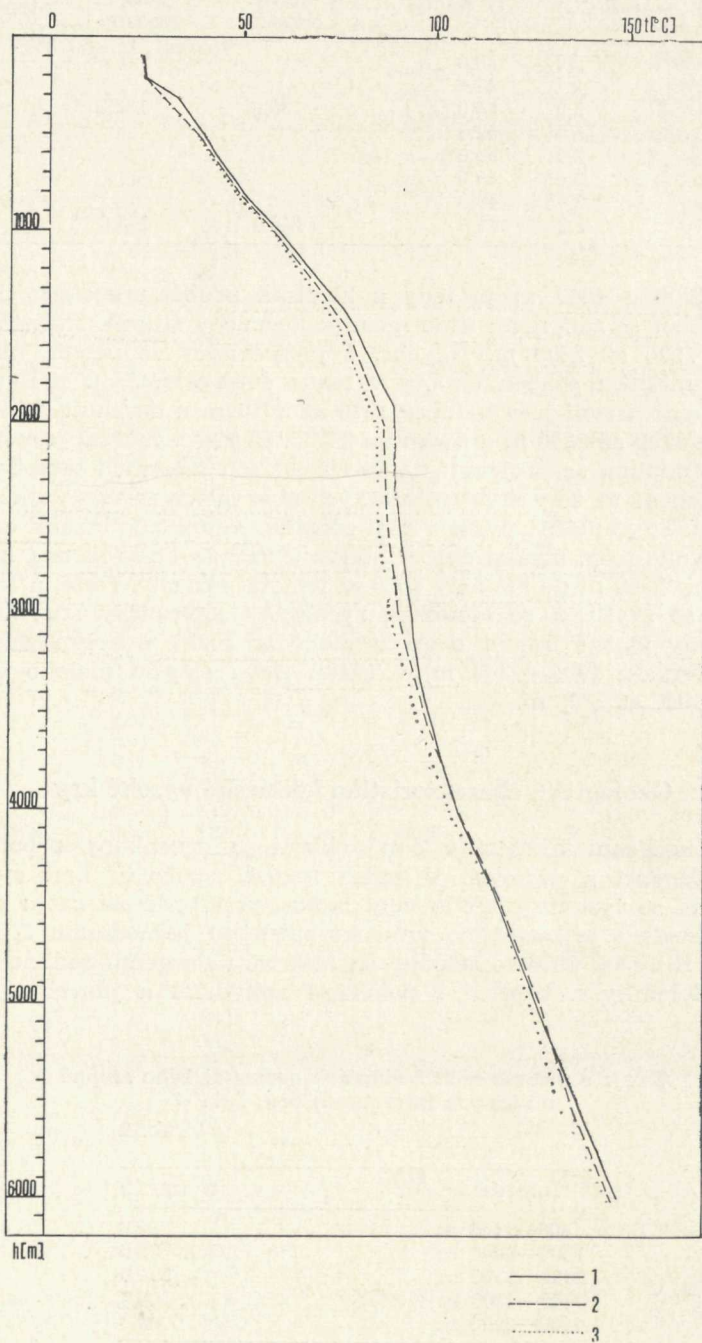
Podloží neogénu je budováno vnitrokarpatskými jednotkami. Jde (F. Němec — A. Kocák 1976) o středně triasové až paleogenní sedimenty, reprezentované dolomity a vápenci s polohami anhydritů a jílovců a břidlicemi

Údaje o průměrných hodnotách geometrického stupně
v různých intervalech vrtu LNV-7

Tab. 2

Interval	G (m/°C)
400—1400 m	25,8
1500—1900 m	38,6
2000—2300 m	571,0
2400—4300 m	106,2
4400—6000 m	49,3

lunzkých vrstev, k nimž ve svrchní křídě přistupují slepence a ve vyšších částech též jílovce a pískovce. Paleogén je tvořen slepenci a pískovci s jíly



a jílovci v nadloží. Stratigrafie a litologie vrtby LNV-7 je uvedena na obr. 3 a 5.

Stavba vnitrokarpatkých jednotek řešeného území (obr. 5) je alpinotypní, charakterizovaná několika příkrovy, a to lakšárským šupinovitým systémem a chočským a ötscherským příkrovem, jež mají vnitřní šupinovitou stavbu.

Hydrogeologické poměry lakšárské vysoké kry a jejího okolí.

O vodách z hlubokých částí vnitrokarpatských jednotek lakšárské vysoké kry máme spolehlivé údaje z vrtby LNV-7 od hloubky 5950 m výše. Vody získané pod touto hloubkou, tj. z intervalu 5978—6146 m, nelze považovat, vzhledem k jejich nepatrnému odtěženému množství v průběhu testování v důsledku velmi slabého přítoku, za reprezentativní.

Z intervalu 5950—4373 m, jenž je tvořen dolomity a vápenci svrchního triasu chočského příkrovu, byly získány silně a od hloubky 5400 m níže až velmi silně mineralizované vody výrazného natrium — chloridového typu s mineralizací 10,76—29,63 a 36,73—44,86 g/l a s obsahem iontu Cl^- ve výši 4,04—15,38 a 20,70—25,87 g/l. Vody obsahují jodidy a bromidy v množství stopy — 13,9 a stopy — 28,6 mg/l a v některých obzorech též v menším množství sirovodík. Pouze v nejvyšší části, v intervalu 4373—4393 m, se sirovodík vyskytuje ve velmi silné koncentraci, a to 478,0 mg/l. Byly zde zjištěny i rozpuštěné plyny a v některých intervalech v nepatrném množství i volné plyny (především metan, ale též vyšší uhlovodíky až do pentanu) a stopy ropy.

V nejvyšších částech vnitrokarpatských formací lakšárské vysoké kry jsou známy (M. Michalíček 1971) středně mineralizované vody natrium-chloridového typu. Byly zjištěny v triasu, svrchní křídě a paleogénu lakšárského šupinovitého systému a chočského příkrovu na vrtbách LNV-2, 3, 4 a Studienka-37. Jejich celková mineralizace dosahuje výše 5,27—10,77 g/l, obsah iontu Cl^- 2,040—5,134 g/l, zatímco jodidy, s výjimkou paleogénu na vrtbě LNV-3, nebyly v nich zjištěny. Charakteristickou vlastností pro tyto vody je současně vysoká koncentrace sirovodíku (204,5—478,8 mg/l).

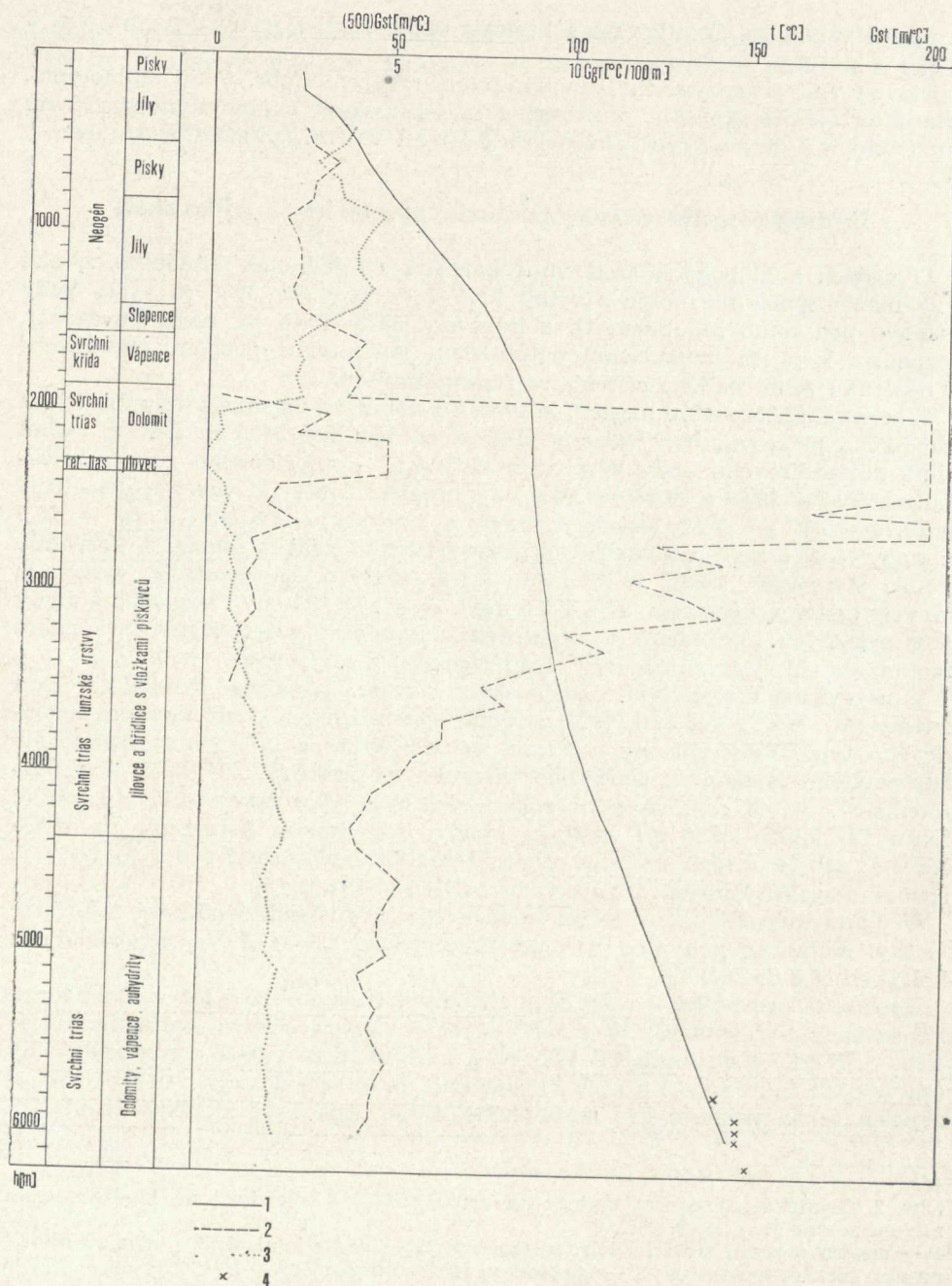
U plynů rozpuštěných v těchto vodách převládají neuhlovodíkové nehořlavé složky. Metan se pohybuje v koncentraci pouze 8,5—41,8 ‰, zatímco dusík kolísá od 50,3 do 90,0 ‰.

Vyslazené sirovodíkové vody byly zjištěny v řešené oblasti též v eggenburgu na vrtbách Studienka-3, 37 a LNV-2 až 6. Jejich celková mineralizace je 4,88—9,36 g/l, obsah iontu Cl^- 1,88—4,03 g/l. Pokud se v nich vyskytují jodidy (na vrtbách Studienka-3 a LNV-6), soudíme, že se sem dostaly z obzorů nacházejících se na pokleslé kře lakšárského zlomu, kde byly zjištěny ve větších

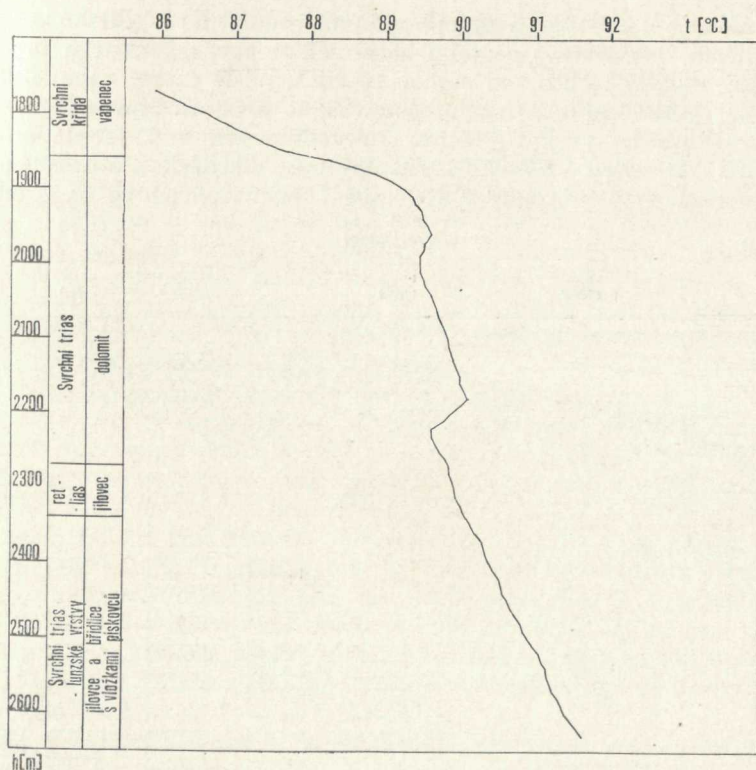
Obr. 2. Grafické znázornění teploty na vrtbě LNV-7 v závislosti na hloubce podle měření ze dne 18. a 19. 8. 1975

1 — spojitý záznam elektrických teploměrem; 2 — podle kontrolního odpočtu napětí na elektrickém teploměru; 3 — maximální rtuťové teploměry

Fig. 2. Temperature values plotted against the depth in the LNV-7 drill-hole according to measuring at 18th August 1975. 1 — continuous reading of the electrical thermometer, 2 — the same according to voltage checking count off on the electrical thermometer, 3 — maximal quicksilver thermometer results.



Obr. 3. Geotermické pole vrtu LNV-7 1 — teplota; 2 — geotermický stupeň; 3 — geotermický gradient; 4 — teplota média při čerpacím pokusu
 Fig. 3. Geothermal field of the LNV-7 drill-hole. 1 — temperature, 2 — temperature gradient, 3 — geothermal gradient, 4 — medium temperature by pumping test.



Obr. 4. Průběh teploty na vrtbě LNV-7 v závislosti na hloubce v intervalu 1800 až 2600 m

Fig. 4. Temperature values plotted against the depth between 1800 and 2600 m on the LNV-7 drill-hole.

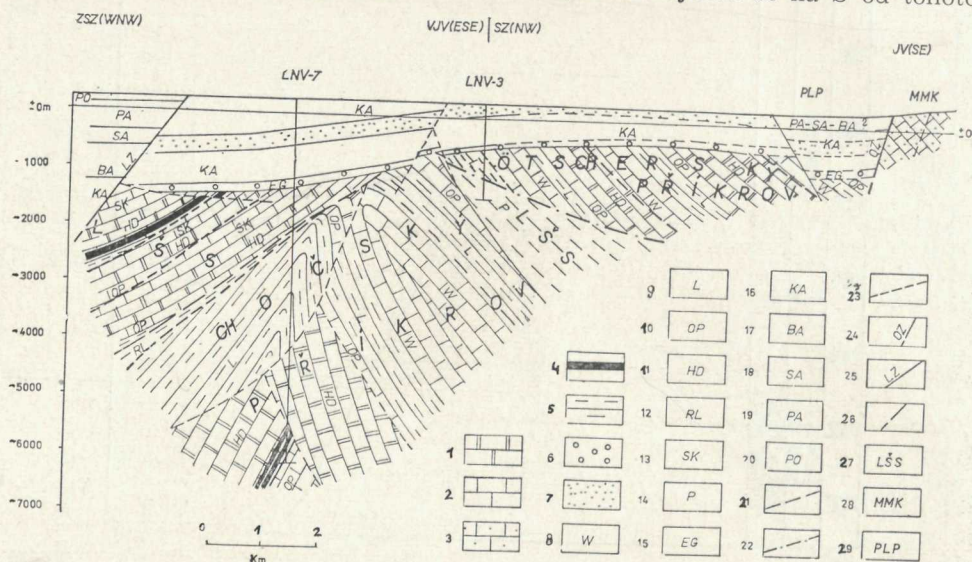
koncentracích. V tomto směru jsou zcela ovlivněny i svrchnotriasové vody z vrtby Studienka-5, které z toho důvodu nebereme v úvahu. V části eggenburských vrstev se vyskytují i značné koncentrace sirovodíku v množství 121,9—432,8 mg/l.

O poměru těchto vod k vodám vázaným na hluboké části chočského příkrovu možno říci, že ropní charakter uvedených velmi silně mineralizovaných vod s jejich vysokou mineralizací svědčí o tom, že u nich nedošlo k žádnému styku s nejvyššími vyslazenými vodami; to je ve shodě s jejich nadložními formacemi, které tvoří nepropustné jílovce a břidlice lunzských vrstev, dosahující mocnosti až několik set metrů.

Na S od řešeného území byly zjištěny v eggenburgu v oblasti obce Smrdáky a jejím okolí vody s nízkou mineralizací, velmi nízkým s obsahem iontu Cl^- , s nepatrným množstvím jodinů a bromidů nebo bez nich, ale s obrovskou koncentrací sirovodíku [pole K. Bílka (1972) až 680 mg/l].

Tyto vody je možno proto vzhledem k jejich velmi silnému vyslazení, popřípadě až charakteru sladkých vod, jakož i velmi vysokému obsahu sirovo-

díku, srovnávat s triasovými a eggenburskými vodami na lakšárské vysoké kře. S přihlédnutím k cekovému rozsahu bazálních vrstev eggenburgu to současně znamená, že výskyty těchto vod mohou tvořit souvislé území, sahající z oblasti lakšárské na vysoké kře lakšárského zlomu až do prostoru Smrdáků na S od této kře. Severní hranici výskytu těchto sirovodíkových vod je přitom příkop (K. Bílek 1972) směru VSV—ZJZ, zjištěný mezi smrdáckou a oreskou oblastí, neboť ve vodách vrtů Smrdáky-2 a Oreské-1, nacházejících se na S od tohoto



Obr. 5. Schematický příčný geologický profil (A—A') lakšárskou vysokou krou sestavený za pomoci poznatků získaných z reflexně seismických profilů (SRB) 1—7 — litologie: 1 — dolomity, 2 — vápence, 3 — vápence a dolomity, 4 — anhydrity, 5 — jílovce a břidlice, 6 — slepence, 7 — písky; 8—14 — vnitrokarpatské jednotky: 8 — wettersteinské vrstvy středního triasu, 9 — lunszké vrstvy karnu, 10 — opponitzké vápence vyššího karnu, 11 — hlavní dolomit noru, 12 — rét-lias, 13 — svrchní křída, 14 — paleogén; 15—19 — neogén: 15 — eggenburg, 16 — karpát, 17 — baden, 18 — sarmat, 19 — panon, 20 — pont; 21—22 — násunové plochy: 21 — lakšárského šupinovitého systému, 22 — ötscherského příkopu; 23 — přesunové a předpokládané přesunové plochy dílčích šupin; 24 — okrajový zlom Malých Karpat; 25 — lakšárský zlom; 26 — další zlomy; 27 — lakšárský šupinovitý systém; 28 — mezozoikum Malých Karpat; 29 — plavecký příkop. Označení hlubinných vrtů: LNV — Lakšárska Nová Ves

Fig. 5. Geological sketch-profile of the Lakšárska upthrown block based on seismic reflection profiles. Lithology: 1 — dolomite, 2 — limestone, 3 — dolomite and limestone, 4 — anhydrite, 5 — claystone and shale, 6 — conglomerate, 7 — sand. Central Carpathian units: 8 — "Wetterstein" beds of the Middle Triassic, 9 — "Lunz" beds of the Carnian, 10 — "Opponitz" limestone of the Upper Carnian, 11 — "Hauptdolomit" of the Norian, 12 — Rhaetic — Liassic, 13 — Upper Cretaceous, 14 — Paleogene—Neogene: 15 — Eggenburgian, 16 — Karpatian, 17 — Badenian, 18 — Sarmatian, 19 — Pannonian, 20 — Pontian. Overthrusts: 21 — overthrust of the Lakšárska imbricated structure, 22 — overthrust of the Ötsch nappe, 23 — partial and presumed overthrusts of local structures, 24 — marginal fault of the Malé Karpaty Mts., 25 — Lakšársky fault, 26 — other faults, 27 — Lakšárska imbricated structure, 28 — Mesozoic of the Malé Karpaty Mts., 29 — Plavecký příkop graben structure, LNV — Lakšárska Nová Ves drill-hole site.

příkopu, nebyl již zjištěn žádný sirovodík. Současně mají již vody za touto hranicí i vyšší mineralizaci, jakož i obsah iontu Cl^- , což rovněž svědčí o jiném hydrologickém režimu.

Z hlediska rozšíření sirovodíkových vod ve vnitrokarpatkých jednotkách lakšárské vysoké kry možno uvažovat, že se vyskytují až k bradlovému pásmu, a to ve formacích lakšárského šupinovitého systému i chočského příkrovu, tj. v horninách, v nichž byly zjištěny též anhydritové vrstvy. Na základě tohoto poznatku uvažujeme o tom, že na této kře je vznik sirovodíkových vod z převážné části v přímém vztahu k vápencovým a dolomitickým horninám obsahujícím polohy anhydritů. Odtud migrovaly tyto vody nejen do bazálních vrstev eggenburgu na lakšárské vysoké kře, ale i dále k S až do oblasti smrdáček, kde jejich migrace byla ukončena na zlomech ohraničujících uvedený příčný příkop vsz.—zjz. směru.

Za výsledek migračních pochodů těchto vod považujeme i silně vyslazené sirovodíkové vody v sarmatu na struktuře Štefanov, v nichž se pohybuje koncentrace sirovodíku podle R. Květa (1971) v rozmezí 170—1292 mg/l.

Pokud jde o sirovodíkové vody zjištěné v eggenburgu, otnangu, karpatu a svrchním triasu chočského příkrovu šaštínské oblasti na vrtech Šaštín-9, 10 a 11, jakož i ve spodním badenu (na vrtech Studienka-39 a 48) na struktuře Studienka, není již jejich geneze tak jednoznačná. Koncentrace sirovodíku je zde totiž nepoměrně nižší (od 23,8 do 102,2 mg/l). Pouze v triasu na vrtbě Šaštín-9 dosahuje až 207,4 mg/l. Zato celková mineralizace i obsah iontu Cl^- , jež se pohybují v rozmezí 7,025—15,943 g/l a 2,87—7,89 g/l, jsou někde až vysoké, což znamená, že jde o středně až silně mineralizované vody natrium-chloridového typu.

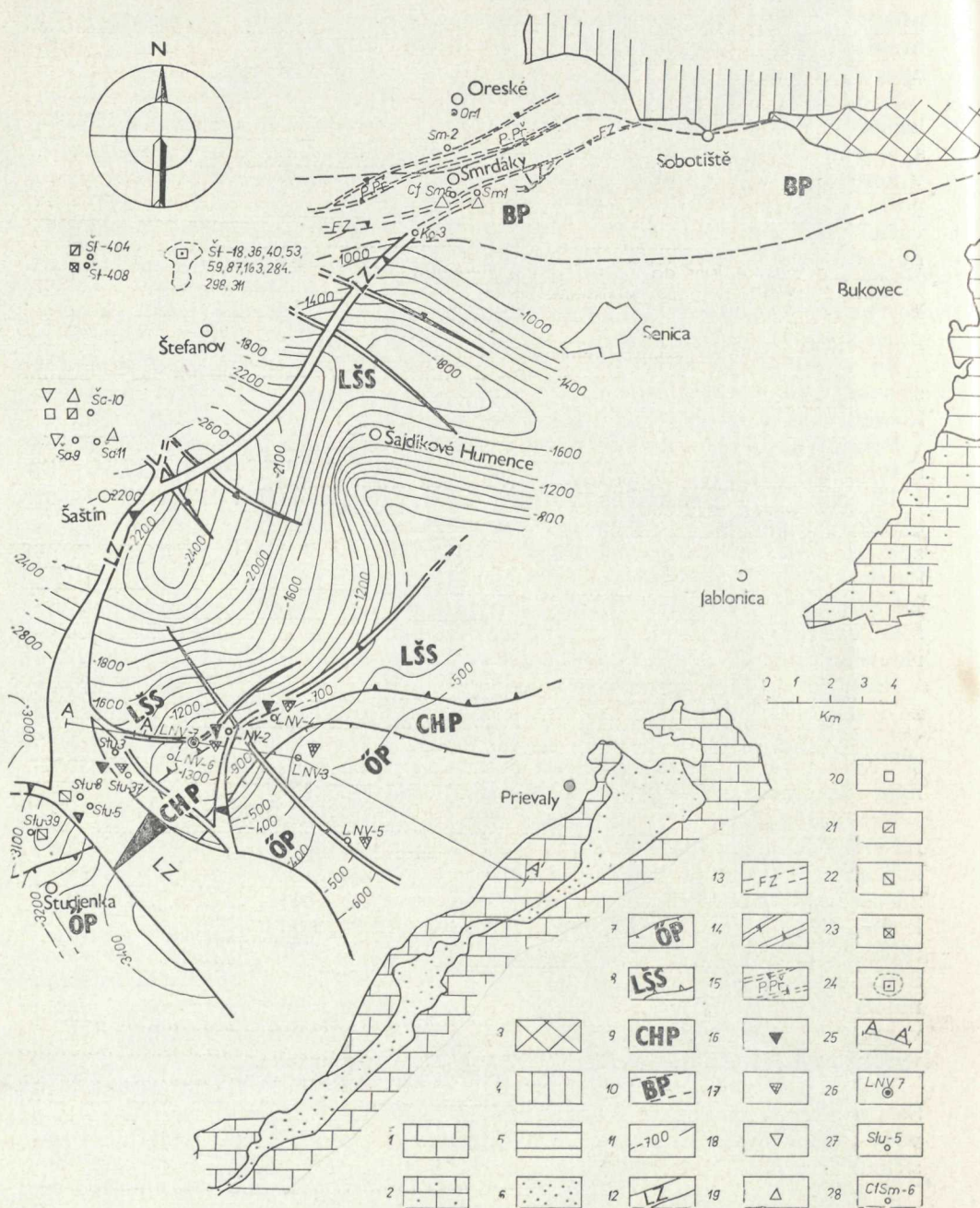
Přestože v těchto případech nejde o silně vyslazené vody, předpokládáme, že i zde došlo v menším měřítku k migraci sirovodíkových vod z lakšárské vysoké kry do hornin těchto formací, což se projevilo jak slabší koncentrací sirovodíku ve vodách těchto horizontů, tak i jejich nepatrným až středně silným vyslazením.

Určitým podkladem pro tento názor je přítomnost sirovodíku v karpatu na vrtbě Štefanov-404 a ve svrchním badenu na vrtbě Štefanov-408, kde jeho koncentrace dosahuje výše 88,6 a 170,0 mg/l, přičemž celková mineralizace zde zjištěné vody činí 13,47 a 10,28 g/l a obsah iontu Cl^- 7,003 a 4,747 g/l. Vzhledem k silně vyslazeným sirovodíkovým vodám v sarmatu štefanovské struktury lze těžko vysvětlit přítomnost sirovodíku v karpatu a svrchním badenu na vrtbách Štefanov-404 a 408 jinak než bylo výše uvedeno, tj. přemigrováním menšího množství vyslazených sirovodíkových vod do karpatu a svrchního badenu v prostoru těchto vrtů, k němuž došlo současně s jejich migrací z lakšárské vysoké kry do sarmatských horizontů štefanovského ložiska.

Vedle uvedeného vysvětlení vzniku sirovodíkových vod na strukturách Šaštín a Studienka nelze ovšem vyloučit možnost, že alespoň zčásti sem tyto vody přemigrovaly z neogenních oblastí vídeňské pánve se zvýšeným obsahem síranů, kterýžto druh migrace předpokládá R. Květ (1971).

Geologická interpretace geotermického pole vrtby LNV-7

Z hlediska stratigrafického a litologického odpovídá první nárůst geotermického stupně bazálním vrstvám eggenburgu, organodetriticko-kalovým vápen-



Obr. 6. Strukturální schéma části lakšárskej vysokej kry a prílehlých oblastí, sestavené na bázi neogénu (podľa F. Némce — A. Kocáka 1976), s vyznačením okraje vídeňskej pánev (podľa geologických map ČSSR 1 : 200 000, list Bratislava a Gottwaldov) a s uvedením poznatkov o sírovočkovodných vodách

1–6 — formace vystupující k povrchu za okrajem neogénu vídeňské pánve: 1 — mezozoikum Malých Karpat, 2 — mezozoikum Jablonického pohorí, 3 — bradlové pásmo, 4 — magurský flyš, 5 — příbradlová svrchní křída a paleogén, 6 — paleogén bukovské deprese; 7 — ötscherský příkrov a jeho předpokládaný okraj nasunutí; 8 — lakšárský šupinovitý systém a jeho předpokládaný okraj nasunutí; 9 — chočský příkrov; 10 — předpokládaný průběh bradlového pásma v podloží neogénu vídeňské pánve; 11 — strukturní linie; 12 — lakšárský zlom; 13 — fárský zlom; 14 — další zlomy; 15 — příčný příkop tvořící s. ukončení výskytu sirovodíkových vod ve smrdácké oblasti; 16 — výskyt sirovodíkových vod v mezozoiku lakšárského šupinovitého systému a chočského příkrovu na lakšárské vysoké kře, 17 — výskyt sirovodíkových vod v eggenburgu lakšárské vysoké kry, přemigrované z mezozoika této jednotky; 18–24 — výskyt sirovodíkových vod přemigrovaných z mezozoika a eggenburgu lakšárské vysoké kry do triasových a neogenních formací sousedních tektonických jednotek: 18 — do triasu šaštínské oblasti, 19 — do eggenburgu, 20 — do otnangu, 21 — do karpátu, 22 — do spodního badenu, 23 — do svrchního badenu, 24 — do sarmatu; 25 — geologický profil uvedený na obr. 5; 26 — vrt LNV-7; 27 — ostatní hlubinné vrty; 28 — mělký strukturní vrt. Označení vrtů: Ko — Koválov, LNV — Lakšárská Nová Ves, Or — Oreské, Sm — Smrdáky, Stu — Studienka, Ša — Šaštín, Št — Štefanov

Fig. 6. Partial structural scheme of the Lakšárská upthrown block and adjacent area constructed on the Neogene basement (according to F. Němec — A. Kocák 1976). Limits of the Vienna basin drawn from geological map of Czechoslovakia, scale 1 : 200 000, sheets Bratislava and Gottwaldov. Hydrogen sulphide containing water sources are presented as well.

Explanations: Formations outcropping behind the limits of the Neogene in the Vienna basin: 1 — Mesozoic of the Malé Karpaty Mts., 2 — Mesozoic of the Jablonické pohorie Mts., 3 — Pieniny klippen belt, 4 — Magura flysch, 5 — peri-klippen Upper Cretaceous and Paleogene, 6 — Paleogene of the Bukov depression, Tectonics: 7. — Ötsch nappe and its presumed marginal overthrust, 8 — Lakšárská Nová Ves imbricated structure and its presumed marginal overthrust, 9 — Choč nappe, 10 — presumed course of the Pieniny klippen belt in the pre-Neogene basement 11 — structural lines, 12 — Lakšárská Nová Ves fault, 13 — Fárské fault, 14 — other faults, 15 — transversal graben as northern limit of hydrogen sulphide containing water (HSW) of the Smrdáky area, 16 — HSW occurrences in the Mesozoic of the Lakšárská Nová Ves imbricated structure, 17 — HSW occurrences in the Eggenburgian of the Lakšárská upthrown block discharged from Mesozoic rocks of this unit. HSW occurrences discharged from Mesozoic and Eggenburgian rocks of the Lakšárská upthrown block into Triassic and Neogene formations of surrounding units: 18 — into the Triassic of the Šaštín area, 19 — into the Eggenburgian, 20 — into the Ottnangian, 21 — into the Karpatian, 22 — into the Lower Badenian, 23 — into the Upper Badenian, 24 — into the Sarmatian, 25 — geological sketch-profile (Fig. 5). Drill-hole sites: 26 — LNV-7, 27 — other deep structural drill-holes, 28 — shallow structural drill-hole, Location: Ko — Koválov, LNV — Lakšárská Nová Ves, Or — Oreské, Sm — Smrdáky, Stu — Studienka, Ša — Šaštín, Št — Štefanov.

cům svrchní křídý a nejvyšším partiím hlavního dolomitu. Maximální hodnoty geotermického stupně se do hloubky 2290 m nacházejí v intervalu hlavního dolomitu a vápenců opponitzkého typu, zatímco níže, až do hloubky 4300 m, jde o jílovce a břidlice lunzských vrstev karnu a v nejvyšší části též rétu a liasu.

Předpokládáme, že vznik a existence enormně vysokých hodnot geotermického stupně, začínajících v dolomitech svrchního triasu, jsou v přímé závislosti na silně vyslazených vodách lakšárské vysoké kry, zjištěných v nejvyšších částech mezozoických karbonátů a ve slepencích a pískovcích eggenburgu na lakšárských a studieneckých vrtech. Otevřenost horninových celků, jež způsobila toto vyslazení, se s největší pravděpodobností projevuje jejich spojením

s příslušnými mezozoickými formacemi, vystupujícími k povrchu v Malých Karpatech.

Migračními cestami povrchových malokarpatských vod ve vnitrokarpatských jednotkách v podloží neogénu na lakšárské vysoké kře byly a jsou přitom pukliny, tektonické brekcie, kaverny, popřípadě poruchy, umožňující — za příznivých tlakových poměrů — migraci směrem do hloubky. Bazální vrstvy eggenburgu a v plaveckém příkopu i písky karpátu jsou vhodné pro horizontální migraci, jež může přejít při styku s příznivými vnitrokarpatskými horninami v migraci vertikální.

Chladné povrchové malokarpatské vody, jež se tímto způsobem dostaly do hornin vnitrokarpatských příkrovů lakšárské vysoké kry, způsobily nejen vysazení původních silně slaných vod, ale současně i silné ochlazení těchto horninových komplexů, s nimiž se dostaly do styku, což mělo za následek enormní zvýšení geotermického stupně. Vzhledem ke značným hloubkám je možno soudit, že zjištěné velmi vysoké hodnoty geotermického stupně vyžadovaly ne jednorázové, ale průběžné ochlazování příslušných horninových komplexů. To znamená, že otevřenost komplexů a migrace povrchových malokarpatských vod do vnitrokarpatských příkrovů lakšárské vysoké kry trvá i v současné době, což potvrzují, s přihlédnutím k ostatním hydrogeologickým poznatkům, zčásti též samotokové těžby vody, zjištěné při čerpacích pokusech.

V intervalu maximálního poklesu geotermického gradientu na vrtbě LNV-7, který se nachází v hloubce 1900—2300 m, se vyskytují dvě anomálie, a to v hloubkách 1970—2010 a 2190—2230 m, kde gradient dosahuje až záporných hodnot. Předpokládáme, že v obou případech jde o zónu s maximální porózitou a propustností (především sekundární), jež umožnily i za současných podmínek silnou infiltraci chladných povrchových vod do těchto dílčích intervalů.

K přímému ovlivnění nárůstu geotermického stupně dochází na vrtbě LNV-7 ve formaci hlavního dolomitu a ve vápencích opponitzkého typu, jimiž tyto vody protékají. Výše geotermického stupně je v těchto případech v určité souvislosti s porózitou a propustností těchto hornin. U karbonátů jde přitom o druhotnou porózu a propustnost, jež se však mohou měnit, jak ukazují statické hladiny vod, způsoby jejich těžby a především vydatnosti jejich přítoků, získané při čerpacích pokusech z jednotlivých zkoušených partií.

V intervalu, tvořeném jílovci a břidlicemi lunzských vrstev a rétu — liasu, dochází kromě přímého ovlivnění geotermického stupně pomocí puklin a tektonických brekcií, jež bude asi menší než v nadložních karbonátech, částečně též k nepřímému ovlivnění, způsobenému ochlazováním těchto pelitických hornin vodami migrujícími v sousedních karbonátech.

V intervalu 4300—6050 m vykazuje geotermický stupeň na vrtbě LNV-7 již normální průběh. To znamená, že zde nedochází v současné době ani k ochlazování, ani k ředění vod, jež by bylo způsobeno stykem s chladnými povrchovými vodami.

Závěr

Za současných podmínek je vznik anomálií geotermického pole na vrtbě LNV-7 sotva vysvětlitelný. Pokusili jsme se proto v závěru práce uvést předpokládaný postup, je považujeme za nejpravděpodobnější a při němž mohlo dojít k vytvoření těchto anomálií.

Velmi značný pokles geotermického gradientu na hodnoty, jež byly zjištěny provedenými měřeními, vyžadoval v počátečním stadiu velmi silné přítoky chladných povrchových vod. Počátek této infiltrace neznáme. S největší pravděpodobností k ní došlo hned po vyzdvížení Malých Karpat.

Infiltrující vody, které pronikaly do hornin vnitrokarpatských příkrovů do značných hloubek (podle anomálií geotermického pole až 4300 m), ochlazovaly příslušné horniny těchto příkrovů. Současně se však přitom samy oteplovaly a obohacovaly látkami z hornin, jimiž protékaly, především sirovodíkem, jenž — jak bylo uvedeno v hydrogeologické charakteristice — se tak stal i ukazatelem jejich pozdější migrační fáze. Na základě tohoto oteplování ve spojení s tehdejšími hydrologickými, tektonickými a diagenetickými poměry ve vnitrokarpatských i neogenních formacích došlo k inverzním migračním pochodům, při nichž oteplené vody migrovaly po málo utěsněných zlomech a puklinách, jakož i v eggenburských bazálních vrstvách, formou vertikální i laterální migrace, až k povrchu.

Při obou migračních pochodech, tj. jak infiltraci chladných povrchových vod ve směru dolů, tak i oteplených a obohacených vod směrem nahoru (přičemž tato druhá migrační fáze uvolnila prostory pro pokračování prvých migračních pochodů), mohlo být přemístěno, vzhledem k dosud jen málo utěsněným zlomům a puklinám, diageneticky nezpevněným horninám eggenburgu, jakož i četným povrchovým výnorům těchto vod, jejich velmi značné množství, jež bylo potřebné k ochlazení hornin vnitrokarpatských příkrovů na hodnoty, jež byly zjištěny provedenými záměry.

S postupným utěsňováním zlomů i puklin a postupujícími diagenetickými pochody, množství v obou směrech migrujících vod se velmi silně zmenšovalo. Pro nedostatek povrchových výronů dochází současně, jak bylo zdůvodněno v hydrogeologické charakteristice, k migraci vod do neogenních sedimentů v sousedních oblastech, tj. do eggenburgu v oblasti smrdácké, do eggenburgu, otnangu a karpátu v prostoru šaštínském, do spodního badenu na studienecké struktuře a do karpátu, svrchního badenu a především sarmatu na štefanovské elevaci. To má ovšem za následek, že v příslušných horninách vnitrokarpatských příkrovů na lakšárské vysoké kře neklesá již v této době geotermický gradient, nýbrž se pouze udržuje na dosažené výši, popřípadě mírně stoupá. Předpokládáme, že tento stav existuje i v současné době.

Doručené 9. 1. 1978
Odpověděl O. Franko

LITERATURA

- Bílek, K. 1972: Strukturní a hydrogeologický průzkum u Smrdák. — *Mineralia slov.*, 16, s. 291—299.
Květ, R. 1971: Zur Genese der Schwefelwasserstoffwässer von Bad Smrdáky. — *Cas. Mineral. Geol.*, 16, 2, s. 133—145.
Michalíček, M. 1971: Naftová hydrogeochemie centrálně karpatského podloží vídeňské pánve. — *Zbor. geol. vied, Rad ZK*, 14, s. 69—89.
Němec, F. — Kocák, A. 1976: Předneogenní podloží slovenské části vídeňské pánve. — *Mineralia slov.*, 8, s. 481—555.

Geothermal field of the Lakšárska Nová Ves — 7 drill-hole and its geological interpretation

JAROSLAV KALINA — FRANTIŠEK NĚMEC

The geothermal anomaly has been discovered by temperature measurements of the flush liquid for purposes to ascertain the temperature gradient. Flush liquid temperature has been measured using both electrical and maximal quicksilver thermometers in four different times during standstills of drilling. It was ascertained that unaccuracies of measures using electrical termometers overlap temperature increase of flush liquid already after 17 days of standstill. Hence this space of time is sufficient for common measurement of the temperature gradient.

A pronounced anomaly of the geothermal field has been ascertained by all measurements between depths of 1900—2300 m in the drill-hole, where temperature gradient rises over all limits and the geothermal gradient decreases to zero. In two depth-intervals (1970—2010 m and 2190—2230 m) temperature decreases with growing depth by 0.15 to 0.5 °C. Temperature fluctuations in the drill-hole are plotted on the Fig. 4. The temperature gradient gradually decreases achieving a degree about 50 m/°C.

Temperature gradient depends on lithological composition of pierced rocks and on the stratigraphic stage (Fig. 3). The geothermal anomaly corresponds to the horizon of the "Hauptdolomit" and that of the "Opponitz" limestone of the Upper Triassic, having in the underlier claystone and shale of Rhaetian — Liassic as far as the depth of 4373 m.

The temperature decrease with growing depth may be explained only by occurrence of local cooling in mentioned intervals, or by local heating of overlying beds.

As oldest Neogene strata, Eggenburgian basal conglomerate and sandstone are present in the area. Rocks of Karpatian age form their overlier. Upper Badenian, Sarmatian and Pannonian rocks occur in the surroundings, too.

The pre-Neogene basement is built up by central Carpathian units. In stratigraphical range between Middle Triassic and Paleogene, dolomite and limestone with anhydrite intercalations, claystone and shale of Lunz beds, conglomerate of the Upper Cretaceous and higher up claystone and sandstone have been ascertained. Conglomerate and a sandstone-claystone development characterises Paleogene strata. Lithology and stratigraphy of pierced rock units by the LNV-7 drill-hole are plotted on Fig. 3 and 5.

Central Carpathian units have an alpinotype structure in the area concerned (Fig. 5). Several nappe structures may be delimited. These are the Lakšárska imbricated structure, the Choč and Ötsch nappe, all demonstrating internal imbricated edifice.

It may be supposed, that anomalous high values of the temperature gradient ascertained by the LNV-7 drill-hole are connected with slightly undersaline water of the Lakšárska upthrown block. Such water has been ascertained in uppermost portions of Mesozoic carbonates and in conglomerate of the Eggenburgian in drillholes around Lakšárska Nová Ves and Studienka. It is highly probable that this undersaline groundwater is governed by paging litho-

logical complexes that form a common hydraulic system with corresponding Mesozoic units outcropping in the Malé Karpaty Mts.

When cold superficial waters of the Malé Karpaty Mts. area have been dredged into the Lakšárska imbricated structure, Choč nappe and Ötsch nappe structures of the Lakšárska upthrown block, they caused not only undersalination of originally hypersaline groundwater, but at the same time strongly cooled the whole lithological assemblage immediately or indirectly. The process is supposed to have led to an enormous rise of the temperature gradient. As anomalous values of the gradient occur in considerable depths, it may be supposed that cooling occurred not as a single but as a continuous process. Therefore drainage of cold superficial waters from the Malé Karpaty Mts. area and gapping of concerned lithological units continues recently as proved beside other hydrogeological conditions by numerous spontaneous groundwater discharge in the course of pumping tests on the LNV-7 drill-hole.

In depth-interval between 1900—2300 m, where maximal decrease of the temperature gradient occurs, two anomalies with negative values of the gradient have been ascertained as occurring between 1970 — 2010 m and 2190—2230 m, respectively. Zones of maximal porosity and permeability caused by secondary processes seem to be present in these intervals. These conditioned strong infiltration of cold superficial water yet in present conditions into these partial depths.

Normal course of the temperature gradient has been ascertained already in depths between 4300—6050 m of the LNV-7 drill-hole. Therefore cooling nor undersalination of groundwater may be not supposed in this depth any more.

Origin of ascertained temperature gradient anomaly is hardly to explain in present conditions. An attempt has been made to outline supposed processes that caused its generation.

Strong decrease of the temperature gradient had to be initiated by very huge inflows of cold superficial water. The starting time of this infiltration remains unknown. Probably, it may be connected with the lifting of the Malé Karpaty Mts. area. Caught water has been drained probably along rocks of central Carpathian nappe systems into considerable depths (achieving 4300 m according to the temperature gradient anomalies in the LNV-7 drill-hole), cooling adjacent rock. At the same time, its temperature increased and the water has been enriched by mineral content of rocks, mainly by hydrogen sulphide. The hydrogen sulphide turned to be a flow indicator of the successive infiltration. The increase of the temperature together with contemporaneous hydrogeological, tectonical and diagenetical conditions of both central Carpathian and Neogene units caused inverse migration processes. Warmed up water migrated along slightly sealed faults and fractures or in basal Eggenburgian beds both vertically and laterally up to the surface.

Both migration phases, represented by infiltration of cold superficial water to the depth and by that of enriched upwarmed water to the surface, considerable amounts of water might have been moved. The second phase of migration (that of the enriched water) released space for continuation of the first phase. The migrated water amount might have been further increased by slightly sealed faults and fissures, by low diagenetic strength of the Eggenburgian or by numerous superficial outflows. In explained manner, replace-

ment of considerable water amounts necessary for cooling of central Carpathian nappe units to ascertained low values of temperature gradient might have occurred.

Gradual sealing of faults and fissures caused by diagenesis the strongly decreased water supply in both directions. As superficial outflows are recently lacking, groundwater migration may be supposed into sediments of the Neogene of surrounding areas. Such migration may be expected into the Eggenburgian of the Smrdáky area, into Eggenburgian, Ottnangian and Karpatian of the Šaštín area, into Lower Badenian of the the Studienka structure or into the Karpathian, Upper Badenian and mainly Sarmatian of the Štefanov elevation. Accordingly, temperature gradient decrease does not occur recently in rocks of central Carpathian nappe structures of the Lakšárska upthrown block. Achieved values of the temperature gradient are recently maintained or they slightly increase.

Preložil I. Varga

RECENZIA

O. Franko — S. Gazda — M. Michalíček:

Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát.

1. vyd. Bratislava, Geologický ústav Dionýza Štúra 1975.

Potreba publikácie súhrnnejšie dokumentujúcej a hodnotiacej minerálne vody Západných Karpát sa u nás pocítovala už dlhší čas. Vyžadovala si ju prax v súvislosti s prieskumom, zachytávaním a využívaním minerálnej vody na liečebné a čoraz viac aj na rekreačné účely. Doterajšie práce sa dotýkali len čiastkových otázok teoretickej či regionálnej hydrogeológie minerálnych vôd, resp. mali iba praktickú alebo faktografickú povahu.

Ani autori recenzovanej publikácie si nemohli vytýčiť cieľ spracovať problematiku v úplnom rozsahu, najmä pokiaľ ide o komplexné hodnotenie jednotlivých zdrojov. Využívajú ich však ako ilustráciu pri členení a schémach. Aj tak možno dielo pokladať za význačný prínos do

hodnotenia minerálnych vôd u nás, lebo podľa analýzy ich pôvodu vytvára jednotiaci rámec na podrobnejšie štúdie a práce praktického zamerania, najmä v oblasti terminológie, klasifikácie minerálnych vôd a výskumu ich genézy podľa základných schém.

Publikácia sa člení na štyri časti. V prvej sa analyzujú náhľady na pôvod vodnej zložky minerálnych vôd a na ich rozdelenie a na tomto základe sa predkladajú príslušné schémy. V druhej časti je hodnotenie podmienok tvorby minerálnych vôd Západných Karpát podľa základných aspektov: podľa štruktúry, výdatnosti, teploty, chemizmu, mineralizácie a obsahu plynov. Zaradenie všetkých významnejších zdrojov minerálnej vody do klasifikačných skupín v konfrontácii s druhou časťou umožňuje získať o nich dobrý prehľad, aj keď sa nehodnotia individuálne. Tu treba mať na pamäti aj úskalia, ktoré každá schematizácia prírodných pomerov, osobitne v takejto oblasti, prináša.

Pokračovanie na s. 374