

MINERALIA SLOVACA



ROČNÍK 8 • ČÍSLO 1

GEOLOGICKÝ PRIESKUM • Spišská Nová Ves • 1976

Hlavný redaktor: Ing. Ján BARTALSKÝ
Vedecký redaktor: RNDr. Pavol GREČULA, CSc.
Technický redaktor: Ing. Tibor SASVÁRI

Redakčná rada: Ing. Pavol BUJALKA, RNDr. Ján BYSTRICKÝ, DrSc., Ing. Ivan KRAVJANSKÝ, RNDr. Bartolomej LEŠKO, DrSc., Ing. Ivan PAGÁČ, RNDr. Anton PORUBSKÝ, CSc., prof. Ing. Ladislav ROZLOŽNÍK, CSc., RNDr. Ondrej SAMUEL, DrSc., Ing. Ján KURÁŇ (predseda redakčnej rady), RNDr. Ivan ŠARIK, Ing. Milan TAPÁK, prof. RNDr. Cyril VARČEK, CSc., Prom. geol. Imrich VARGA

OBSAH — CONTENTS

<i>Vojtech Struňák</i> : 25 rokov inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu na Slovensku	1
<i>Mikuláš Ingr — Ivan Šarik</i> : Poznatky z inžinierskogeologického prieskumu pre vodné diela v krasovom prostredí — Knowledge from engineering-geological exploration for hydroelectric power-stations in the karst areas . . .	3
<i>Egon Fussgänger — Daniel Jadroň</i> : Prieskum zosuvných území pri využití niektorých špeciálnych metód a skúšok — Appliance of some special methods and tests in prospection methods in slump regions	23
<i>Pavol Bujalka</i> : Hydrogeologické pomery južnej časti Turčianskej kotliny — Hydrogeological conditions in the southern part of the Turčianska kotlina (depression)	37
<i>Pavel Tkáčik — Ľudovít Cibulka — František Mičák</i> : Podzemná voda kvarτέρu Bodvianskej roviny — Groundwaters from the Bodva plain Quaternary (eastern Slovakia)	51
<i>Dušan Jalč</i> : Hydrogeologické pomery riečnych náplavov Váhu medzi Beckovom a Leopoldovom — Hydrogeological conditions of Váh river alluvia between Beckov and Leopoldov (western Slovakia)	67
<i>Kazimír Malatinský</i> : Minerálne vody na severozápadných svahoch Prašivej (Nízke Tatry) — Mineral waters on northwestern slopes of Prašivá	77

KRONIKA

<i>Ivan Herčko</i> , Dve výročia profesora Benjamína Winklera	93
---	----

RECENZIE

<i>J. Štelcl — J. Malina</i> : Základy petroarcheologie (Ján Weiss)	36
<i>E. Raguin</i> : Pétrographie des roches plutoniques dans leur cadre géologique (J. Losert)	50

25 ROKOV INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO A HYDROGEOLOGICKÉHO PRIESKUMU NA SLOVENSKU

V tomto roku si pripomíname 25. výročie vzniku organizovaného inžiniersko-geologického a hydrogeologického prieskumu na Slovensku.

Počiatky týchto špecializovaných geologických disciplín sú späté s búrlivým rozmachom investičnej výstavby na Slovensku v päťdesiatych rokoch. Vtedajší stav geologického prieskumu nemohol splniť požiadavky projektovania na špecifické geologické informácie potrebné pri zakladaní stavieb ani prudko rastúce požiadavky na zdroje obyčajnej a minerálnej vody. Náročné a rozsiahle úlohy si vynútili vznik samostatných prieskumných zložiek.

Je prirodzené, že prvé prieskumné zložky inžinierskej geológie a hydrogeológie vznikli v rezorte stavebníctva, ktoré ich potrebovalo nevyhnutne. Išlo o skupiny organizačne začlenené v roku 1950 do bývalého ČSSZ Stavoprojekt Žilina a Bratislava, ako aj v Ústave stavebných hmôt a konštrukcií v Bratislave. Ich rýchly rast, úmerný spoločenským požiadavkám, vyústil v ďalšej etape do zriadenia samostatných organizácií — Ústavu stavebnej geológie a Slovenských zemevrtných závodov v Žiline.

Po začlenení do zjednoteného geologického prieskumu tvorila špecializácia inžinierskej geológie a hydrogeológie najprv závod, ktorý prerástol do samostatného podniku IGHP, n. p., v Žiline.

Rozvoj inžinierskej geológie a hydrogeológie sa nezastavuje. Ich problematika sa naďalej rozširuje a prehľbuje. Premieta sa významnou mierou v investičnej výstavbe, územnom plánovaní, v zásobovaní pitnou vodou, pri využívaní minerálnych a termálnych vôd a pri ochrane životného prostredia.

Završenie prvého štvrtstoročia, naplneného úspešnou prácou na viac ako 10 000 prieskumných úlohách, chceme pripomenúť aj týmto číslom nášho časopisu. Venujeme ho niektorým problémom inžinierskej geológie a hydrogeológie na Slovensku.

Vojtech Struňák

POZNATKY Z INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO PRIESKUMU PRE VODNÉ DIELA V KRASOVOM PROSTREDÍ

(5 obr. v texte)

MIKULÁŠ INGR* — IVAN ŠARIK**

Les résultats de recherches géologiques de l'ingénieur en vue de la construction des barrages dans le milieu karstique

Sur le territoire des Karpates Occidentales les roches karstifiées dans les diverses formations carbonatées couvrent une surface dépassant 2.700 km². La méthode de recherches géologiques de l'ingénieur et hydrogéologiques dans le milieu karstifié, où on projetait la construction des barrages, fut l'objet d'une petite attention jusqu'à présent. Les territoires karstiques furent et sont en général considérés comme peu convenables ou inconvenables pour la construction des barrages.

L'article présente les exemples des travaux de recherches pris des localités choisies pour les barrages pojetés sur la rivière de Hornád, Muráň, dans 1 bassin de l'Orava, Váh et Rajčianka, complétés d'expériences acquises des réservoirs de Baračka et Buková, ensuite l'article décrit les méthodes positives de recherches ainsi que les méthode de recherches d'assainissement pour le complexe hydroénergetique de Gorna Zeta en Yougoslavie, construit dans les structures karstiques extremement vastes.

Karbonátové a skrasovatené horniny sa pokladali a ešte stále pokladajú za nevhodnú základovú pôdu pre rozmanité druhy stavebných zámerov, najmä pre budovanie vodných nádrží. Náhľad, že výstavba vodných diel v horninových komplexoch s prejavmi skrasovatenia nie je prakticky možná, vychádzal z tradičných predstáv, podľa ktorých sú priepustné skrasovatené štruktúry mimoriadne zložité a priebeh priepustných ciest v nich nemá zákonitosti. Tieto náhľady podopiera rad príkladov zo zahraničia, kde výstavbu vodných diel v krasových útvaroch skutočne sprevádzajú neúspechy, ktoré spôsobuje netesnosť horninového prostredia okolo priehradného telesa alebo veľký únik vody z nádrže. Ako príklad možno uviesť priehradu Foix a Camarasa v Španielsku, Hales Bar Dam v USA, nádrž Mavrovo v západnej Macedónii a rad ďalších vo svete, kde si strata vody po postavení priehrady vyžiadala mimoriadne vysoké náklady na utesňovacie práce.

Na území Slovenska pokrývajú karbonátové útvary s krasovými formami plochu väčšiu ako 2700 km². Donedávna sa týmto oblastiam venovala malá pozornosť, pretože bolo dosť možností orientovať sa na výhodnejšie, bezrizikové

* Ing. Mikuláš Ingr, IGHP, n. p., Rajecká cesta, 010 51 Žilina.

** RNDr. Ivan Šarik, Slovenský geologický úrad, Prievozská cesta, 812 25 Bratislava.

priehradné profily. Mnohé úseky vodných tokov, ktoré sú z energetického a vodárenského hľadiska veľmi príťažlivé, zostávajú dodnes z uvedených príčin nevyužívané. Pri všetkých vodohospodárskych zámeroch boli doteraz alternatívne riešenia, ktoré poskytovali možnosť vyhnúť sa skúmaným profilom, pri ktorých bola problematika náročnejšia alebo pri nich nebol istý úspech po vybudovaní vodného diela. Aj inžinierskogeologický prieskum a projekčné práce sa často predčasne končili alebo prerušovali len preto, že sa pri priehradných miestach alebo v zátope zistili krasové javy s výraznou priepustnosťou. Prieskum sa tak obmedzil iba na počiatočné štádiá.

Po roku 1945 sa na Slovensku skúmalo viac ako 30 priehradných miest, v ktorých sa vyskytovali skrasovatené horniny. V tomto príspevku chceme na niektorých študovaných profiloch poukázať na metodiku a výsledky prieskumu pre vodné diela v krasovom prostredí, ktoré sa realizovali u nás. V roku 1969 sme mali možnosť oboznámiť sa s dobrými výsledkami prieskumu, projektovania a stavebno-sanačných prác na rozostavenom hydroenergetickom komplexe Gornja Zeta v Juhoslávii, ktorý je situovaný v karbonatických, silne skrasovatených štruktúrach. Preto v tomto príspevku uvedieme okrem skúmaných priehradných profilov na Slovensku aj charakteristiku prieskumných a sanačných metód použitých pri výstavbe tejto sústavy vodných diel. Ponúka sa nám to ako príklad odvážneho a premysleného prístupu prieskumu a projekcie k vodohospodárskym zámerom v krase.

Vodné diela v povodí Hornádu

V povodí horného toku Hornádu sa počíta s vybudovaním vodných nádrží. Na tento zámer bolo vybrané územie medzi Stratenskou hornatinou a Spišskou kotlinou, kde sú v kaňonovitom údolí dobré morfológické pomery na výstavbu priehrady (12 km dlhý úsek toku v Slovenskom raji). Perspektívna je aj realizácia spojovacieho kanála s prevedením časti vody z rieky Poprad do údolia Hornádu. Inžinierskogeologický prieskum sa realizoval v rokoch 1961–1967 v etape orientačného prieskumu. Prieskum sa sústredil na začiatok hornádskeho prelomu (profil H-2) a v úzkom údolí nad rekreačným strediskom pri Čingove (profil H-1, obr. 1). Prieskum priehradných profilov doplnili 2 pozorovacie objekty na ľavej strane Hornádu medzi kótami 653,7 a 651,6 m n. m.

Charakteristika geologických pomerov

V severnej oblasti Stratenskej hornatiny sú v kaňonovitom údolí najrozšírenejšie vápencovo-dolomitické komplexy stredného triasu severogemeridnej synklinály. Sú to masívne, hrubolavicovité horniny, z ktorých iba svetlé aniské vápence obsahujú tenké vložky menej priepustných bridlíc. Mapovacie práce (v mierke 1 : 25 000) v tejto oblasti nezistili výraznejšie rozdiely v intenzite alebo početnosti krasových javov medzi vápencami a dolomitmi. Rozhodujúcim sa vždy ukázal stupeň tektonického porušenia a jeho orientácia na bázu odvodnenia, ktorou je kaňonovité údolie Hornádu. Rozsah skrasovatenia je v tejto oblasti vcelku malý, nevýrazný, obmedzuje sa na bezprostredné strmé steny kaňonovitého údolia a nezasahuje hlbšie do masívu. Výnimku tvoria len južnejšie, vyššie položené planiny, na ktorých sú vyvinuté početné závrty.

Okraj Stratenskej hornatiny je lemovaný viac-menej súvislým úzkym pruhom bazálnych karbonatických zlepcov a pieskoviec (paleogén), ktorý sa rozširuje v okolí priehradného profilu H-1. Bazálne útvary ležia diskordantne na triasovom karbonátovom súvrství, vo východnej časti územia je často tektonický styk. Tmel zlepcov je pesčito-karbonatický, ľahko rozpustiteľný. V okolí väčších porúch a na styku s vápencovým podložíom sú časté krasové dutiny, ktoré v okolí Čingova dosahujú priemer asi 2 m. Znižovaním erozívnej úrovne rieky aktivnosť niektorých z vodorovnej sústavy krasových dutín zanikla úplne alebo sa stali periodickými, plne závislými od zrážkových pomerov. Súvislosť



Obr. 1. Mapa predpokladaných priesakov z vodných nádrží na Hornáde
1 — málo priepustné horniny — bez predpokladov vzniku krasu (werfénské bridlice a pieskovce), 2 — málo priepustné horniny — prevažne súvrstvie paleogénu, 3 — karbonatické horniny mezozoika — puklinová priepustnosť, 4 — karbonátové zlepcence a pieskovce — paleogén — výrazné krasové javy, 5 — zistené krasové kaverny na povrchu, 6 — predpokladané smery priesakov po vybudovaní vodných nádrží, 7 — čiara maximálneho vzdutia hladiny, 8 — pozorovacie vrty, H₁, H₂ — projektové priehrady na Hornáde, B₁ — bočná ochranná hrádza.

Fig. 1. A map of percolation presumed from water reservoirs on the Hornád river
1 — less permeable rocks — without presumptions of formation of karst (Werfenian schists and sandstones), 2 — less permeable rocks — mostly Paleogene, 3 — carbonatic rocks of the Mesozoic — fissure permeability, 4 — carbonate conglomerates and sandstones — Paleogene — marked karst phenomena, 5 — karst caverns on the surface — inferred, 6 — directions of percolations presumed after constructions of water reservoirs, 7 — a line of the maximum buoyancy of water table, 8 — observation boreholes, H₁, H₂ — dams planned on the Hornád river, B₁ — a lateral protection dam.

s povrchovými tokmi zanikla. Bazálne psamiticko-psefitické súvrstvie má najväčšiu náchylnosť k skrasovateniu a je najväčším nebezpečenstvom pre únik vody z nádrží, najmä pri alternatíve H-1, pri ktorej sa voda v nádrži stýka s týmito horninami priamo. Vzhľadom na nižšiu priepustnosť podložných karbonátov a pokles bázy zlepcov smerom na SV, t. j. do Spišskej kotliny, nebolo možno vylúčiť existenciu laterálne silne rozšírenej krasovej sústavy, ktorá by mohla byť ponorená pod súčasnou úrovňou potočných alebo riečnych náplavov.

Nadložné flyšové súvrstvia paleogénu nie sú skrasovatené a sú málo priepustné.

Únik vody z nádrže pri profile H-1

Pri prieskume v kaňonovitom údolí v priehradnom profile a v zátope sa geologické pomery, rozsah krasových javov a predpoklady úniku vody z nádrže zisťovali geologickým mapovaním v mierke 1 : 25 000 a vrtným prieskumom v priehradnom mieste. Geofyzikálne metódy neboli použité.

Priepustnosť podzákladia, overená vodnými tlakovými skúškami, poukázala na značnú anizotropiu. Priesak vody priamo pod priehradným telesom cez otvorené pukliny by podľa doterajších poznatkov bolo možno zmenšiť bežnou injektážou. Väčšie problémy sa predpokladajú pri zisťovaní prítomnosti a priebehu sústavy krasových ciest južne od priehradného profilu a na väčšej dĺžke ľavostranných svahov. Vzdutá hladina v nádrži zasahuje sčasti priamo do vysokopriepustných bazálnych paleogénnych zlepcov. Okraje zlepcov sú vo vzdialenosti asi 50–100 m od maximálnej čiary vzdutia a nad ňou, ale ani tak nie je vylúčený únik vody z nádrže cez vápence a z nich do zlepcov. Na obr. 1 sú vyznačené miesta priesakových ciest z nádrže. Dĺžka stykových plôch, kde sú podmienky a predpoklady na únik vody, dosahuje asi 5 km.

Priehradné miesto H-2

Profil je situovaný na okraji prelomu Hornádu do Slovenského raja. Pravú stranu budujú sivé dolomity s polohami dolomitických vápencov, na ľavej strane prevládajú hrubolavicovité vápence a v údolnej nive vápnité dolomity. Vo vrtoch sa v strednej a dolnej časti zistili poruchové zóny, v ktorých prevládajú tektonické brekcie — úlomky karbonátov stmelených sekundárnym piesčitým kalcitom. Kaverny sa vo vrtoch nezistili.

Výsledky vodných tlakových skúšok svedčia o väčšej priepustnosti pravej strany, zatiaľ čo ľavá strana je málo priepustná. Vysokú priepustnosť pravej strany sčasti zapríčiňuje gravitačné rozrušovanie pravého strmého svahu a kratšia priesaková dráha od skúšaného miesta po prirodzený drén, t. j. vlastné údolia Hornádu (strata vody nad 4 l/min/bm pri tlaku 2 atm).

Zhodnotenie priehradných miest z hľadiska krasovej priepustnosti

Pri posudzovaní vhodnosti priehradných miest H-1 a H-2 sa z hľadiska možnosti a nebezpečenstva úniku vody z vodných nádrží a problémov s utesnením priesakových ciest javí miesto priehradného profilu H-2 ako výhodnejšie a bezpečnejšie. Dĺžka priesakových krasových ciest z nádrže je obmedzená na bez-

prostredné okolie priehradného miesta v predĺžení bočných zaviazaní. V profile H-1 je krasová štruktúra vyvinutá vpravo od pravostranného zaviazania a svojím okrajom sčasti zasahuje aj do priehradného profilu. Zistený kras v údolí Lesnice bude pod úrovňou vzdutej hladiny a sú obavy, že dôjde k otvoreniu a k progresívnemu vývoju (vysoké hydraulické spády) skrasovatenia. Utesňovacie práce by boli nevyhnutné do veľkej vzdialenosti nad pravostranným zaviazaním. Rovnako aj na ľavej strane geologická štruktúra a litologická povaha hornín predurčovali v minulosti vznik krasových vodných ciest. Sústavy krasových dutín sa viazali najmä na bázu pieskovcovo-zlepencových hornín paleogénu, ktoré v prevažnej dĺžke vzdutia ležia nad maximálnou hladinou, ale severným a severovýchodným smerom sa postupne ponárajú pod čiaru vzdutia. Komunikácia vody z nádrže cez poruchové zóny alebo skrytý kras do zlepencových útvarov nie je vylúčená.

Mnohé fosílné krasové chodby na ľavej strane pod priehradným profilom svedčia o intenzívnej činnosti podzemnej vody v minulosti. Tieto staršie výstupné cesty podzemnej vody ležia už pod úrovňou vzdutej hladiny vody v nádrži.

Aj keď sa prieskumné práce realizovali iba v etape orientačného prieskumu a problémy úniku vody zo zátopných území sa pri nich dostatočne nevyriešili, poskytli mnohé cenné poznatky o vývine a rozšírení krasu v tejto oblasti:

- a) V severnej časti hornatiny je v kaňonovitom údolí Hornádu v mezozoických karbonatických horninách krasový fenomén relatívne slabozvinutý. Viaže sa na výraznejšie tektonické línie (najmä smeru SZ–JV, SV–JZ, v prevažnej miere sú sčasti sekundárne zakolmatované piesčito-kalcitovou výplňou) a ďalej na takú geologickú štruktúru, pri ktorej sú podloží karbonátov nepriepustné horniny werfenu.
- b) Tmel karbonatických paleogénnych zlepencov je ľahko rozpustný. Silná korózia podzemnou vodou a vznik krasových dutín a chodieb sú najintenzívnejšie pri báze zlepencov a umožňujú vznik rozvetvenej laterálne orientovanej siete krasu. Zlepence predstavujú prostredie s najvyššou priepustnosťou a s vysokou náchylnosťou k progresívnemu krasovému vývoju pri obnovení vhodných podmienok, napríklad umelým zvýšením hydraulického spádu pri výstavbe vodnej nádrže.
- c) Flyšové horniny sú slabozpriepustné iba po puklinách.

Doriešenie úlohy, ktoré by zásadne rozhodlo o realizácii plánovaných zámerov, vyžaduje podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum celej záujmovej oblasti. Pre zložitosť inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov a možnosť zvýšenia nákladov spojených s utesňovaním krasového fenoménu v podzákladi investorské a projekčné organizácie zatiaľ neplánujú v prieskumných a projekčných prácach pre vodné diela na Hornáde pokračovať.

Vodná nádrž v povodí Slanej (vodná nádrž Meliata)

Vodné dielo je projektované na rieke Muráň, pravostrannom prítoku Slanej. Hlavným účelom priehrady je vyrovnáť prítoky na dolnom úseku rieky Muráň a znížiť intenzitu a počet záplav v údolí rieky Slaná južne od Plešivca.

Na priehradné miesto bola zvolená úzka úžina nad severovýchodným okrajom obce Meliata. Projektovaná úroveň koruny hrádze je na kóte 227 m n. m.,

maximálne vzdutie na kóte 225 m n. m., výška hrádze 27 m nad údolím.

Geologické pomery

Priehradné miesto a blízke okolie leží v mezozoickej oblasti gemeríd. Okrem mezozoika vystupujú priamo na povrch série starších hornín (karbón?), a to v antiklinálnych pruhoch a v kryhách; útvary mladších hornín sú zastúpené pliocénnymi jazernými sedimentmi (štrk a íl) a uloženinami kvartéru.

V jadre antiklinálneho pásma, v ktorom je situovaný aj priehradný profil, vystupujú najstaršie horniny — hrubolavicovité kryštallické vápence pravdepodobne karbónskeho veku. Vytvárajú široký pruh smeru SZ—JV na pravej strane priehradného miesta a pod profilom prestupujú aj na ľavú stranu až do doliny Ivanová. Generálny smer uloženia je premenlivý, pretože pásmo je vrcholom čiastkovej antiklinály; v zúženom úseku priehradného miesta prevláda uloženie v smere SV—JZ s úklonom 60—70° na JV. Tektonicky sú vápence slabo porušené, zistili sa však poruchové pásma smeru SZ—JV a VSV—ZJZ. Poruchy pravdepodobne súvisia s pliocénnou radiálnou tektonikou, ktorá bola dokázaná v rozšírenej časti údolia (obr. 2, 3) dokázali prieskumné vrty v priehradnom profile a geofyzikálne merania. Poruchové zóny umožnili krasu rozšíriť sa na pravej strane priehradného profilu a v jeho predĺžení.

Smerom do nadložia obsahujú vápence šošovky a závalky červených bridlíc z kremítych červenohnedých jaspisov. Vápencové horniny prechádzajú do flyšového súvrstvia, v ktorom prevládajú červenkasté bridlice s vložkami pieskovcov a vápencov. Relatívne ostrý styk je s tmavosivými až čiernymi bridlicami a pieskovecami. Flyšové horniny červenkastej a tmavosivej farby sa pre osobitný faciálny vývoj volajú meliatskou sériou, ktorá sa zaraďuje sčasti do karbónu, sčasti až do werfěnu (Čekalová 1952). V priehradnom mieste budujú ľavú stranu svahov v blízkosti kóty vzdutia a nad ňou. Sú veľmi málo priepustné. Na pravej strane vystupujú v niekoľkých ostrovčekoch, často v tektonickom styku so stredotriasovými karbonátmi.

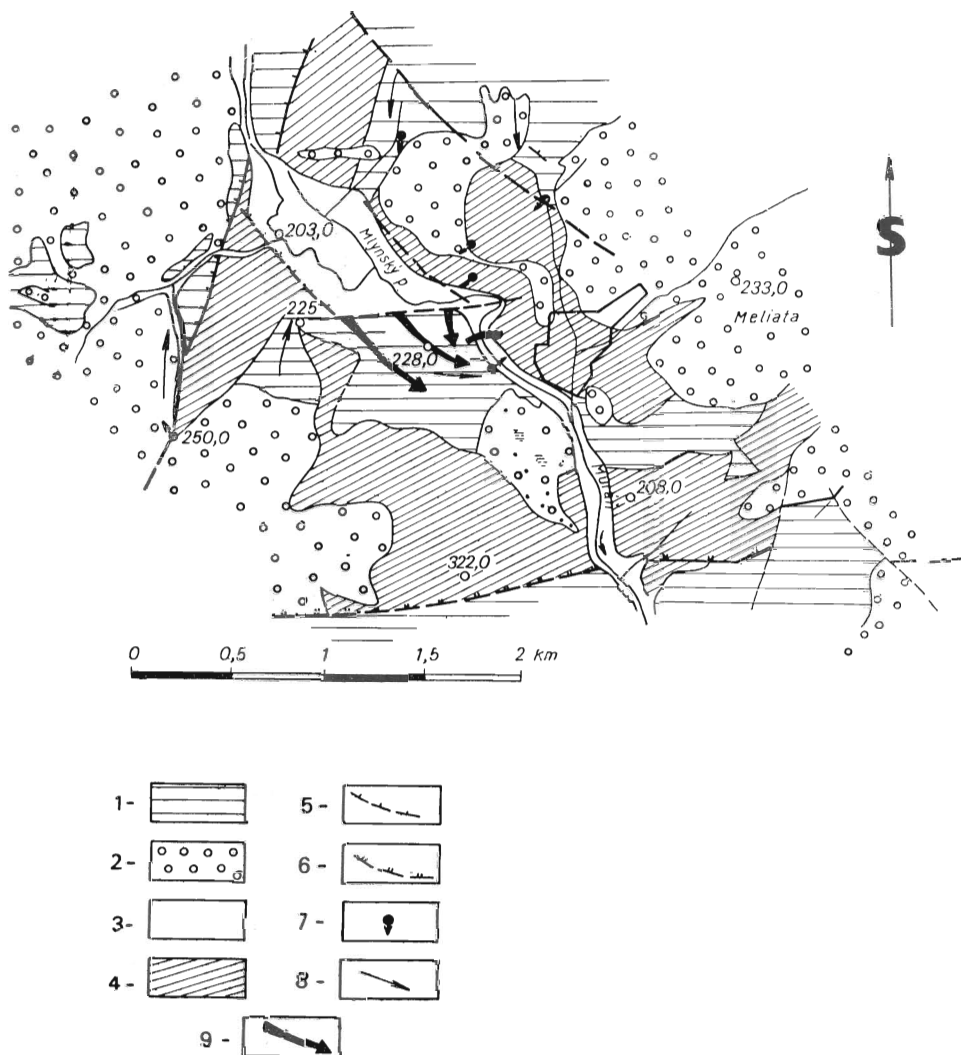
Stredotriasové karbonáty (prevažne guttensteinské a wettersteinské vápence) sú rozšírené najmä v zátopnej oblasti na ľavej a pravej strane údolia a budujú väčšiu časť plošiny medzi riekou Muráň a potokom Rákoš západne od záujmového územia. Sú rovnako ako karbónske vápence silne priepustné po puklinách a náchylné vytvárať krasové štruktúry.

Pliocénna štrková formácia pokrýva väčšiu časť územia a dosahuje mocnosť 80—100 m; prevláda v nej piesčitý štrk (prevaha valúnov kremeňa) s polohami piesku a piesčitého ílu. Priepustnosť závisí od litologického typu hornín. V rozšírenej údolnej nive nad priehradným profilom je hlboko zaklesnutá pod úroveň povrchu územia.

Z kvartérnych sedimentov sú najvýraznejšie vyvinuté údolné náplavy — štrk s povodňovou hlinou na povrchu. Hrúbka týchto uloženín v údolí Muráňa dosahuje 2—10 m. Ostatné typy kvartérnych útvarov nemajú vo vzťahu k návrhu vodného diela väčší význam.

Použité prieskumné metódy

V zúženom údolí sa skúmali 2 priehradné profile vo vzájomnej vzdialenosti asi 90 m. Výsledky prieskumu obidvoch profilov sú obdobné, ale z hľadiska



Obr. 2. Hydrogeologická mapa okolia projektovaného diela Meliata

1 — priepustné karbonátové horniny s puklinovým a krasovým obehom podzemnej vody (karbón, trias), 2 — priepustný štrk a piesok — pliocén, 3 — údolné riečne priepustné náplavy, 4 — málo priepustné — nepriepustné flyšové horniny (karbón, werfen ?), 5 — výrazné tektonické línie (radiálna tektonika), 6 — násunové línie, 7 — pramene, 8 — smery prúdenia podzemnej vody v priepustnejších útvaroch, 9 — predpokladané miesta úniku vody z nádrže.

Fig. 2. Hydrogeological map of the vicinity of the Meliata dam planned

1 — permeable carbonate rocks with karst — and fissure flows of underground water (Carboniferous, Triassic), 2 — permeable gravels and sands — Pliocene, 3 — flood-plain permeable alluvia, 4 — less permeable to impermeable Flysch rocks (Carboniferous, Werfenian ?), 5 — conspicuous tectonic lines (radial tectonics), 6 — over-thrust lines, 7 — springs, 8 — flow of underground water in more permeable formations, 9 — places of outflow presumed from a reservoir.

vývinu krasu je dolný profil názornejší a jeho krasové javy sú výraznejšie. V profile bolo vyhlbených 5 jadrových vrtov (S-1a, S-1 až S-4) s maximálnou hĺbkou 139 m. Vrty zistili niekoľko poruchových zón v strede údolia a na pravej strane, kde prechádzajú až do krasových dutín. Kaverny overil vrt S-4. Zasahujú až do hĺbky 60 m.

Geofyzikálny prieskum z r. 1963 podstatne rozšíril poznatky o priebehu priepustnosti pásiem na pravej strane svahu vo vápencových karbónskych komplexoch. Potvrdil ich prítomnosť a spresnil tektonický styk s pliocénnymi sedimentmi v zátope. Pri geofyzikálnych meraniach bola použitá metóda VES a odporového profilovania. Metódou profilovania sa presňoval rozsah a priebeh skrasovatených vápencov v blízkosti priehradného profilu a hranica medzi kryštalicími vápencami a nadložnými bridlicami.

Hodnoty špecifických elektrických odporov jednotlivých typov alebo komplexov hornín sú natoľko rozdielne, že umožňujú namerané výsledky hodnoterne interpretovať. Pritom sa použili aj niektoré hodnoty špecifických odporov z geofyzikálnych meraní z lokality Šankovce.

Špecifický odpor hlavných typov hornín

Tab. 1

Horniny	Špecifický odpor v ohm m	
	Meliata	Šankovce
štrkopiesky poltárskej formácie	100—600	100—1000
jemné sedimenty neogénu	— —	15— 20
flyšoidné súvrstvie werfenu	100—500	100— 350
vápence	1000—viac	600—viac
porušené úseky vo vápencoch	100—600	



Poznatky z geofyzikálnych meraní:

- Poruchové a skrasovatené pásma prestupujú cez karbonátový masív v smere SZ—JV až do bočného pravostranného údolia nad priehradným profilom (Mlynská dolina) v dĺžke maximálne 500 m (obr. 4).
- Styk starších — karbónskych (?) a mezozoických hornín s pliocénnymi sedimentmi v zátope je tektonický (smer radiálnej tektoniky SZ—JV a SV—JZ), pliocénne sedimenty sú zaklesnuté.
- V blízkosti tektonického styku sú vápence značne rozvoľnené, porušené a priepustné (skrasovatené ?); hrúbka rozvoľnenej zóny dosahuje 10—30 m a zasahuje 50—90 m pod údolnú nivu. Smerom do hĺbky vyznieva. Friepustnejšie polohy majú prevažne strmý úklon (50—90°). Maximálna šírka porušených pásiem dosahuje až 100 m.

Geofyzikálne merania boli úspešné pri zisťovaní poruchových zón a skrasovatených pásiem vo vápencových horninách iba tam, kde krasové dutiny vyplňa íl, prípadne hrubozrnnejšia výplň. Nemožno preto vylúčiť prítomnosť voľných kaverien bez výplne, ktorá sa pri geofyzikálnych meraniach odlišným špecifickým odporom neprejavila.

Problém úniku vody z nádrže

Vrtný prieskum a geofyzikálne merania zistili v blízkosti Meliaty dva odlišné vývojové typy krasu:



Obr. 3. Geologická mapa priehradného miesta Meliata (interpretácia geofyzikálnych meraní)

1 — hrubolavcovité vápence karbónu, 2 — tmavosivé a ružovkasté bridlice (karbón, werfén?), 3 — strednotriasové vápence (typ guttensteinských a wettersteinských vápencov), 4 — skrasovatené pásma vo vápencovom súvrství, 5 — štrková formácia — pliocén, 6 — tektonické línie, 7 — geofyzikálny profil v priehradnom mieste, 8 — krasový prameň pod priehradným profilom, 9 — čiara zátopy.

Fig. 3. Geological map of the Meliata dam area (interpretation of geophysical measurements)

1 — thick bedded limestones of the Carboniferous, 2 — dark grey and pinkish schists (Carboniferous, Werfenian), 3 — Middle — Triassic limestones (the type of Gutenstein and Wetterstein limestones), 4 — karstified zones in a limestone sequence, 5 — gravel formation — Pliocene, 6 — tectonic lines, 7 — geophysical profile of the dam site, 8 — a karst spring below the dam profile, 9 — inundation line.

- a) povrchový, plošne rozsiahly, vyvinutý v zóne pliocénneho a kvartérneho zvetrávania (hrúbka 20–50 m). K nemu patrí najzápadnejší pruh zistený geofyzikálnym meraním (obr. 3) a široká obruba priestupnejších vápencov v blízkosti tektonického styku s pliocénnou formáciou;
- b) hĺbkový kras, viazaný na oslabené miesta tektonických porúch vo vlastnom vápencovom masíve.

Vlastné vápencové súvrstvie s výnimkou poruchových zón a kaverien je relatívne málo priepustné. Vyššia priepustnosť je iba v povrchových úsekoch do hĺbky 10–20 m a spôsobuje ju povrchové zvetrávanie vápencov. Skrasovatené a poruchové pásma sú silne priepustné, ale veľkosť špecifických strát nebola zistená, lebo presahovala výkonnosť tlakových čerpadiel pri vodných tlakových skúškach. Pravá strana priehradného profilu sa na základe technických prác a skúšok pokladá za vysoko priepustnú. Okolo pravého krídla je možný únik vody z nádrže alebo do údolnej nivy Muráňa pod priehradou, alebo do bočného zaklesnutého pravostranného údolia južne od projektovanej hrádze (A. Nemčok 1955). Predpokladá sa, že plošná injektáž skrasovatených úsekov svahu v zátopy alebo zvislá injekčná clona pravého svahu (v predĺžení pravého krídla do nezistenej vzdialenosti) by mohli stratu vody z nádrže znížiť. Zo zistených poznatkov vychodí, že v údolí Muráňa, kde sa projektuje vodné dielo, existujú priame priepustné cesty cez karbonátový komplex a dá sa predpokladať priamy únik vody z nádrže cez krasové zóny pod priehradný profil. Po zistení veľmi rozvinutých krasových štruktúr sa už v roku 1963 v prieskumných a projekčných prácach nepokračovalo.

Vodné diela v povodí Váhu

Od začiatku 40-tych rokov sa robili projekčné práce vodného diela v oblasti Kraľovian a Krpelian. Jednou z alternatív bolo priehradné miesto v kraľovianskej súteske, v ktorom prevládajú kavernózne vápence guttensteinského typu a tektonicky porušené dolomity chočského príkrovu s prejavmi skrasovatenia. V podloží sú málo priepustné slienité vápence neokómu. Vhodnosť karbonátových komplexov na výstavbu priehradného telesa overovali len jadrové vrty v dvoch profiloch. Z hľadiska mechanických vlastností sa horninové prostredie charakterizovalo ako vhodné, ale vysoká priepustnosť, ktorú zistili vodné tlakové skúšky, vyvolala u projektantov obavy z možnosti veľkej straty vody z nádrže (prekročené kritériá priepustnosti podľa Lugeona).

V rokoch 1943–1948, keď sa projekčne pripravovala a schvaľovala výstavba vodného diela v oblasti Kraľovian a Krpelian, nebola ešte u nás organizácia, ktorá by bola mala skúsenosti s utesňovaním krasových útvarov. V záverečných hodnoteniach boli problémy s utesňovaním dôvodom, že sa upustilo od realizácie výstavby v kraľovianskej súteske a profil bol posunutý až do miest dnešnej hrádze v Krpelanoch.

V hrubých črtách je obdobná aj geologicko-tektonická pozícia projektovanej vodnej nádrže Fačkov na Rajčianke, kde sa prieskum realizoval v r. 1967. Vodná nádrž mala byť definitívnym zdrojom pitnej a úžitkovej vody pre Žilinu. Pravú stranu priehradného profilu a zátopnej oblasti budujú sliené a slienité vápence spodnej kriedy (horniny zliechovskej série, krížňanskej jednotky), v strede údolia a na ľavých svahoch zátopy prevládajú vápence a dolomity chočského príkrovu.

Inžinierskogeologický prieskum sa už od začiatku zamerával na problémy spojené s možnosťou úniku vody z nádrže pod priehradný profil, ako aj mimo údolia Rajčiaky do domanižskej kotliny (M. Polášková — S. Polášek, 1971). Podrobný prieskum geologických a hydrogeologických štruktúr v širšom území a štúdium krasových znakov poukázali na značný stupeň skrasovatenia hornín chočskej jednotky a možnosť úniku vody do domanižskej kotliny z rozsiahleho priestoru zátopnej oblasti. Prieskumné metódy (geologické mapovanie, vrtný prieskum, geofyzikálne a hydrogeologické merania a skúšky) sa vhodne použili na zodpovedanie základného problému, ktorým sa ukázala netesnosť nádrže v skrasovatenom prostredí. Podľa výsledkov inžinierskogeologického prieskumu je výstavba vodného diela v navrhovaných miestach problematická, riskantná.

V tom istom období ako pri vodnom diele Krpeľany (1942—1948 sa realizoval aj inžinierskogeologický prieskum na energetické využitie vodného potenciálu Čierneho Váhu. Pozornosť sa sústredila najmä na morfológický príťažlivý priestor, ktorým je súteska nad obcou Svarín. V tých miestach je rieka hlboko zarezaná, má strmé svahy a šírka údolnej nivy je iba 10—12 m. Priehradné miesto budujú guttensteinské a jurské krinoidové vápence, tektonicky porušené a s vysokým stupňom skrasovatenia. Krasové štruktúry sú rozvinuté najmä v guttensteinských vápencoch vo forme rozšírených trhlín, kaverien a rozsiahleho systému podzemných chodieb (J. Srnánek, 1967). Prvé prieskumné práce v tomto profile (ozn. ako Svarín I), ktoré tu robila švajčiarska firma Swissboring, neboli komplexnejšie zhodnotené, ale vzhľadom na mimoriadne rozvinuté krasové javy bolo miesto opustené a v prieskumných prácach sa už nepokračovalo. Serióznejšia dokumentácia krasovej štruktúry by vyžadovala predovšetkým použiť geofyzikálne metódy a speleologické prieskumné práce. Vhodnejšie miesto na stavbu priehrady overil až inžinierskogeologický prieskum z r. 1960. Je situované v dolomitickom prostredí (asi 2 km nad obcou Svarín) a nezistili sa v ňom nijaké výraznejšie znaky po skrasovaní.

Z vodných diel postavených u nás v krase spomenieme dve nádrže, pri ktorých sa prejavili nedostatky z neúplného geologického prieskumu najvýraznejšie a ktoré vyvolali vážne problémy pri stavbe a po ich dokončení.

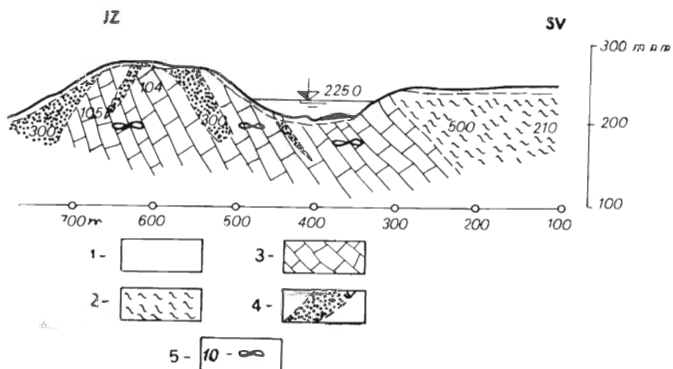


Fig. 4. Geological interpretation of geophysical measurements in the dam profile
1 — fluvial and deluvial sediments, 2 — schists (Carboniferous, Werfenian?), 3 — coarse — bedded (limestones (Carboniferous), 4 — dislocation and karstified zone, 5 — values of specific resistance of rocks.

Obr. 4. Geologická interpretácia geofyzikálnych meraní v priehradnom profile
1 — riečne a deluviálne sedimenty, 2 — bridlice (karbón, werfén ?), 3 — hrubolavcovité vápence (karbón), 4 — poruchové a skrasovatené pásmo, 5 — hodnoty špecifického odporu hornín.

Hrádza je situovaná v údolí potoka Teplička asi 2 km nad kúpeľmi Trenčianske Teplice. Je vybudovaná ako rekreačná nádrž. Geologický prieskum sa ukončil v r. 1969 v etape predbežného prieskumu. V priebehu výstavby sa zistili nové poznatky o rozšírení a charaktere krasu v údolí a na svahoch v mieste zaviazania, ktoré negatívne ovplyvnili časový harmonogram napúšťania. Do konca r. 1972 nebola nádrž napustená na maximálnu úroveň.

V priehradnom mieste a v zátopnom území sú na povrchu nivné sedimenty s mocnosťou 1,2–2,8 m vo fácií prachovitej hliny, nižšie je zahlinený štrk korytovej fácie v mocnosti 4–5 m. Sú priepustné s hodnotou „ k “ 10^{-5} – 10^{-6} m/s podľa výsledkov rádionuklidových meraní (P. Peter 1970). Vo svahoch a pod údolnými náplavami sú neokómové a jurské vápence s vložkami tmavosivých a čiernych ílovcov a slieňovcov. Súvrstvie je zhruba subhorizontálne uložené. Všetky tieto litologické typy sú intenzívne porušené puklinami kolmými na vrstvitosť. Pukliny sú rozšírené skrasovatením a prevažne nepriebežné. Krasové dutiny sa viažu na mocnejšie polohy vápencov a všeobecne sa smerom na povrch roztvárajú. Vypĺňa ich ílovitá hlina s klastickým karbonatickým materiálom, ojedinele štrk. V dne údolia boli zistené kaverny v hĺbke 1–18 m a pretiahnuté dutiny v hĺbke až 37–38 m pod povrchom terénu. Na pravej strane svahu v zátope sa po postavení telesa hrádze zistili svahové deformácie (J. Nešvara 1971).

Problém úniku vody sa v priebehu predbežného prieskumu nevyriešil a ďalšia etapa prieskumu sa už nerealizovala. Aj keď podľa výsledkov vodných tlakových skúšok priepustnosť neokómskych vápencov nedosahuje vysoké hodnoty, nie je vylúčené, že sa pri zvýšenom hydraulickom spáde uvoľní výplň dutín vyplavovaním a postupne sa zvýši únik vody najmä okolo krídel hrádze. Vzťahy k žriedlovej štruktúre minerálnych vôd v Trenčianskych Tepliciach sa riešia postupne až po postavení hrádze.

Nádrž Buková

Nádrž na potoku Hrudka (okr. Trnava) bola postavená ako retenčná na zavlážovacie účely v poľnohospodárstve. Aj tu overil komplikované inžiniersko-geologické pomery podrobný prieskum a expertízy až v priebehu výstavby.

Pokryvné útvary v mocnosti 4–8 m (štrk, rašelina, íl, materiál náplavového kužela) vykázali veľkú nerovnorodosť nielen z hľadiska deformačných vlastností, ale aj rozdielnu priepustnosť jednotlivých vrstiev. Rozptyl hodnôt „ k “ je v rozmedzí 10^{-3} až 10^{-7} m/s. Podložie náplavov tvoria silne skrasovatené a priepustné eocénne numulitové vápence.

Inžinierskogeologický prieskum na výstavbu vodného diela nezistil najcitlivejšie a rozhodujúce problémy, ako sú priepustné polohy v pokryvných útvaroch a ich priamu súvislosť s podložným krasom.

Až doplnujúci podrobný terénny prieskum a laboratórne skúšky museli riešiť otázky vlastného založenia hrádze, vytlačenie organických zemín do strán, odvedenie krasového prameňa v mieste hrádze a navrhnuť sanačné opatrenia na zníženie priepustnosti skrasovatených vápencov. Priepustné krasové cesty sa utesnili zapustením tesniacej clony až do podložných útvarov a predloženým ílovitým tesniacim kobercom v predpolí hrádze v dĺžke 50 m.

Pri inžinierskogeologickom prieskume na vodnom diele Párnica na potoku Zázrivka (pravostranný prítok Oravy) v priehradnom profile boli navrhované kaverny v doggerských vápencoch. Na vrte S-2 v hĺbke 48,5 m bol pozorovaný pokles vrtného sútyčia. Kavernu vysokú 3,5 m vyplňala ílovitá zemina. Po navrhnutí kaverny sa stratil výplach. Aj napriek dodávaniu veľkého množstva vody bola strata trvalá. Priesakové cesty sa mali zistiť pomocou farbiacej skúšky roztoku vody s fluorescínom. Metodicky správny postup však nebol domyslený z technickej stránky. Volilo sa len vizuálne pozorovanie bez kolektora na absorbovanie fluorescínu, pozorovací čas bol krátky, čo sa nakoniec odrazilo v negatívnom výsledku pokusu. Priehradné miesto napriek výskytu krasových priebežných ciest nebolo zamietnuté.

Nedávno realizovaný hydrogeologický výskum prameňov krasovej oblasti pod priehradným profilom Párnica potvrdil výsledky inžinierskogeologického prieskumu. Krasový fenomén je v tejto oblasti silne vyvinutý. Hydrogeologické vrty, ktoré tu urobili, dávajú 160 l/s vody, ktorá preteká karvernami hornín tohto územia.

Vodné diela v povodí Hrona

V blízkosti obce Heľpa, ďalej v úseku Brezno — Banská Bystrica sa skúmalo niekoľko priehradných profilov, ktoré boli situované v karbonátových horninách s rozličným stupňom prejavov skrasovatelia (profil Heľpa, Valaská, Štiavnička, Dubová, Medzibrod, Bystrá, Priechod, Moštenica a i.). Hodnotenie profilov, z ktorých mnohé boli posúdené ako nevhodné (Heľpa, Bystrá, Medzibrod, Priechod), sa opieralo okrem geologického mapovania o bodový vrtný prieskum orientačnej povahy.

Terénne doplnkové skúšky zamerané výlučne na overenie typov a rozsahu krasu sa použili len pri prieskume pre vodnú nádrž Krpáčovo nad obcou Dolná Lehota. Pri prieskume svahov nádrže boli v reiflingských vápencoch zistené krasové formy (závrty, ponory). Farbiaca skúška s fluorescínom preukázala existenciu zložitého krasového systému, ktorý odvodňujú vývery v okruhu až niekoľko km. Na overenie predstáv o úniku vody do krasových ponorov sa realizoval veľkopokus so vzdutím vody v potoku prehradením betónovou stenou. Už pri vzdutí vody o 1,2 m sa celý povrchový prítok do oblasti nádrže (15 l/s) úplne strácal v krasových ponoroch. Poznaním krasových ciest a zásluhou vhodnej kombinácie klasických prieskumných metód a priamych terénnych skúšok sa skúmaný profil hodnotil ako podmienečne vhodný a súčasne boli navrhnuté opatrenia na zníženie priesakov zo zátopnej oblasti. Vhodne volené a priliehavé formy prieskumu použité pri vodnej nádrži Krpáčovo (SVŠT Bratislava) sú však v metodike prieskumu krasu pre vodohospodárske záujmy skôr výnimkou.

Vodné dielo Gornja Zeta

Pri tejto lokalite rozvedieme niektoré problémy s utesňovaním silne priepustných kavernóznych hornín, pretože predstavuje jednu z najväčších sústav vodných diel situovaných v karbonatickom prostredí v Juhoslávii, na ktorej použili rozličné formy utesňovania priepustných útvarov.

Hydroenergetický komplex Gornja Zeta sa skladá z 3 akumuláčnych nádrží

(nádrž Krupac, Slano a Vrtac) a z najnižšie položenej nádrže Slivlje, z ktorej sa tunelovým privádzačom a tlakovým potrubím voda vedie a energeticky využíva v HC Peručica. Využitelný spád je 505—525 m (obr. 5).



Obr. 5. Hydrogeologická mapa energetického systému Gornja Zeta

1 — veľmi priepustné horniny vrchnej kriedy a jury (výrazný krasový fenomén), 2 — priepustné horniny spodnej, strednej jury a triasu, 3 — nepriepustné horniny eocénu (flyš), 4 — glaciofluviálne sedimenty, aluviálne hlinité náplavy a štrk, 5 — prítoky podzemnej vody do Nikšičského poľa, 6 — miesta koncentrovaných odtokov v krasovom fenoméne, 7 — ponory, 8 — smer a sklon vrstiev, 9 — čiara zátopy, 10 — priehradné profily, 11 — vtokový objekt a tlakové potrubie k Hc.

Fig. 5. Hydrogeological map of the energetical system Gornja Zeta

1 — extremely permeable rocks of the Upper Cretaceous and Jurassic (a markedly karstic phenomenon), 2 — permeable rocks of the Eocene (Flysch), 4 — glaciofluvial sediments, alluvial loamy deposits and gravels, 5 — tributaries of underground water into the Nikšić polje, 6 — places of concentrated discharge in a karst phenomenon, 7 — ponors, 8 — strike and dip of beds, 9 — the inundation line, 10 — dam profiles, 11 — inflow device and pressure pipeline to Hc.

Vodné nádrže sú situované na málo zvlnenej náhornej plošine Nikšičko polje v juhozápadnej časti Čiernej Hory. Samotnú plošinu a širšiu oblasť buduje vápencovo-dolomitické súvrstvie stredného triasu až vrchnej kriedy so zaklesnutými flyšoidnými útvarmi eocénu, ktoré boli spolu so staršími horninami zvrásnené. Vytvárajú hlboké, ale úzke (niekoľko desiatok až 100 m široké) priekopové prepadliny smeru SZ—JV. Uprostred plošiny sú nad mezozoikom, príp. paleogénom zachované rozlične mocné polohy jemnozrnných fluvialnych sedimentov.

Vápence a dolomity sú tektonicky silne porušené a v tejto súvislosti je rozlične vyvinutý krasový fenomén s rozdielnou priepustnosťou. Flyšové horniny paleogénu a náplavy sa pokladajú za nepriepustné, pokiaľ sú dostatočne mocné a stabilné proti sufúzii.

Oblasť sa odvodňuje do kaňonovitého údolia rieky Zeta ponormi. Z nich najvýznamnejší je ponor Slivlje v juhovýchodnej časti, ktorý odvádza viac ako 50 % odtoku z planiny (až 150 m³/s). Zostávajúca časť prietoku povrchových tokov sa stráca v menších otvorených alebo skrytých ponoroch. Vody pred výstavbou priehrad vyvierali v údolí rieky Zety ako vyvieracky Glava Zeta, Oboštice a mnoho ďalších. V letnom a jesennom období sa po väčších zrážkach v nižšie položených miestach planiny Nikšičko polje vytvára dočasné jazero, ktoré sa postupne cez silne priepustné karbonáty vyprázdňuje.

Hlavným problémom na tejto sústave vodných diel bola lokalizácia ponorov, zistenie smeru priesakov, polohy, veľkosti priepustných krasových ciest a v konečnom dôsledku aj možnosť ich utesnenia.

Základnou prieskumnou metódou bolo geologické mapovanie zamerané okrem litologicko-petrografického zloženia hornín a stratigrafického začlenenia útvarov osobitne na tektonické údaje oblasti, pretože sa na hlavné poruchové línie viažu aj najčastejšie a najväčšie krasové javy.

Na zistenie hydrogeologických vzťahov v krase sa používali stopovacie skúšky, pri ktorých sa ako najúspešnejší indikátor ukázal fluorescín. S menším úspechom sa stretlo používanie rádioizotopov a chemických indikátorov.

V oveľa väčšej miere ako u nás sa použili geofyzikálne metódy, osobitne odporové, pri upresňovaní hlavných tektonických línií, pri zisťovaní priebehu flyšového nepriepustného súvrstvia pod kvartérnymi náplavami, úrovne hladiny podzemnej vody, dolnej a hornej hranice skrasovatenia zvodnených karbonátov ap. Geofyzikálne metódy sa pri vymedzovaní skrasovatenia bez prítomnosti hladiny podzemnej vody ukázali ako menej spoľahlivé.

Speleologický prieskum spojený s tunelovaním a inými banskými prácami sa používal väčšinou až po spresnení hydrogeologických pomerov predchádzajúcimi spôsobmi alebo po vrtnom prieskume. Bol však vždy súčasťou sanačných prác pri utesňovaní väčších ponorov.

Veľmi dôležitý bol vrtný prieskum, a to či už v čase projekcie (vzhľadom na rozlohu vodných nádrží nižšia hustota ako v bežnej praxi u nás) alebo pri utesňovaní priepustných úsekov.

Jadrovými vrtní sa spresňovali a overovali výsledky geofyziky, najmä rozhranie rozlične priepustných útvarov (karbonáty a flyš, tektonické línie, formy skrasovatenia, hĺbka hladiny podzemnej vody a jej kolísanie). Priepustnosť prostredia zisťovali bežné čerpacie skúšky a pri jadrovom vŕtaní vodné tlakové skúšky zostupnou metódou pri aplikácii Lugeonovho kritéria. Etáže boli prevažne 5 m, s maximálne voleným tlakom podľa váhy nadložia a priebehu strat

pri jednotlivých tlakových stupňoch. Problematika priepustnosti skrasovate-
ného prostredia sa neodlišuje od zaužívaných metód u nás a je úsilie vyriešiť
v rámci prieskumu pri veľkých dielach iba základné údaje o hydrogeologických
pomeroch (tektonická a hydrogeologická charakteristika prostredia, smery prú-
denia podzemnej vody a prognóza úniku vody z nádrží, možnosti a formy
tesnenia ap.). Hlavný dôraz sa kladie na prieskumno-prevádzkové práce, pri
ktorých sa predchádzajúce rámsové poznatky spresňujú.

Vzhľadom na rozmanité mechanické vlastnosti masívu a rozličný stupeň
skrasovania karbonatických hornín sa použilo niekoľko spôsobov utesňo-
vania:

Budovanie injekčných vertikálnych clôn z vrtov pozdĺž okraja jednotlivých
nádrží nad maximálnou kótou vzdutia. Rozsah potreby injekčných clôn rám-
covo stanovil prieskum a dosahuje asi 10 km dĺžky, najmä pozdĺž severného
okraja akumulácie Vrtac. Hĺbku jednotlivých injekčných vrtov obmedzilo ne-
priepustné podložie (werfén) alebo priepustnosť podľa Lugeonovho kritéria.
Dosahovala v priemere 100—150 m.

Osobitný spôsob injektáže sa použil pri utesňovaní podzemných krasových
kaverien, ktoré pri všeobecne značnej priestorovej nepravidelnosti miestami do-
sahovali veľké rozmery. Kaverny boli z väčšej časti voľné. Vrt v tomto prípade
sa urobil až do plánovanej hĺbky cez jednotlivé „etáže“ krasových kaverien.
Najnižšie kaverny postupne zasypávala z vrtu drobná vápencová drvina
(5—20 mm), až takto vytvorený kužeľ dosiahol strop kaverny. Zásypový ma-
teriál bol rozhrnutý rozmetaním drviny vrtnou korunkou, a tak bol aj sčasti
dohutnený. Vytvorený zásyp odspodu injektovali cementovo-ílové zmesi. Injek-
táž sa ukončila pri dosiahnutí kritéria nepriepustnosti. Po mesiaci boli niektoré
vrty znovu vyhlbené a podľa potreby sa v úsekoch s vysokou priepustnosťou
opäť urobila injektáž. O veľkosti niektorých kaverien si možno urobiť pred-
stavu podľa množstva použitého materiálu. Tak napr. pri injektáži Vrtac bola
pri jednom vrte spotreba drviny asi 1000 m³. Po ukončení spodnej kaverny sa
podobným spôsobom utesnili aj horné krasové partie. Kontrolné vrty nad zain-
jektovanými úsekmi a pozorovanie hladín potvrdili dobrú účinnosť injekčnej
clony.

Plošné betónové tesnenie sa použilo na svahoch v miestach otvorených ka-
verien a v úseku predpokladanej veľkej plošnej straty vody. Pri tomto spôsobe
bol povrch územia (väčšinou priamo východy vápenca a dolomitov) očistený
a zakrytý betónovým plášťom (mezhutneným) a po zatvrdnutí zakrytý betó-
novým kobercom. Ílovité tesnenie v týchto miestach sa neosvedčilo, pod tlakom
vody a v dôsledku jej kolísania sa zanášali jemné nespevnené častice do pod-
ložných krasových kaverien.

Kruhovú vežu a betónové poklapy. V nižších miestach nádrží, kde unikala
voda ponormi (hlavný ponor Slivlje a mnoho menších), nebolo možno pred-
chádzajúci spôsob tesnenia použiť. V údolnom dne, ktoré má rozlične mocný
pokryv málo stabilných zemín, pri značnom pretlaku vody v nádrži sa ílovito-
piesčité prirodzený koberec prelamoval a prepadával do podzemných kaverien.
Kaverny vznikli aj postupnou sufóziou, čo často zapríčinilo zničenie pokryvu.
V týchto miestach sa budovali betónové poklapy (skruže väčších rozmerov
s jednostranným ventilom) doplnené plošnou betonážou okolia. Betónové po-
klapy s ventilom umožnili pri pretlaku podzemnej vody (letné a jesenné me-
siace) oproti úrovni v nádrži znížiť tlak tejto vody a zmenšovať možnosť vzniku

nových výverov do nádrže v blízkosti poklopov. Poklopy sa znovu uzatvárali pôsobením hydrostatického tlaku vody v nádrži.

Podobnú funkciu mali aj kruhové veže, ktoré sa však budovali v miestach veľkých rozmerov. Ponor ohrádzali kruhovými betónovými stenami (prstence s priemerom 50 m pri ponore Slivlje a s výškou až 12 m) s prelivom pri hornej hrane, ktorý vo väčšine prípadov plnil rovnaký účel ako uzávery betónových poklopov.

Výstavba hydroenergetického systému Gornja Zeta je dobrým príkladom na to, že vodné diela možno stavať aj na krasových útvaroch, keď sa vychádza zo seriózných inžinierskogeologických a hydrogeologických výskumov a prieskumov a projektanti a stavbári ich výsledky využívajú pri realizovaní diela.

Záver

Perspektíva vodohospodárskej výstavby na území Slovenska a požiadavky nášho národného hospodárstva v najbližšej budúcnosti budú smerovať k tomu, aby sa stavebné zámery napriek sťaženým podmienkam a zvýšeným finančným nákladom realizovali aj v menej vhodných základových pomeroch, teda aj v krase alebo v skrasovatených horninách. Doteraz realizovaný inžinierskogeologický prieskum nebol vždy zameraný na osobitnú problematiku vodných diel projektovaných v krasovom prostredí. Prieskumné práce sa opierali vo väčšine prípadov o bodové výsledky vodných tlakových skúšok na vrtoch a iba v ojedinelých prípadoch o geofyzikálne merania (Meliata, Hranovnica, Fačkov) a farbiace skúšky (Krpáčovo, Párnica). Nedostatočná pozornosť prítomnosti krasu pri prieskume a jeho dôsledky sa prejavili v tom, že sa krasové štruktúry zisťovali a presňovali až počas výstavby (vodná nádrž Buková, Baračka), čo zvýšilo náklady na doplnujúci prieskum, sanačné práce a malo za následok oneskorené uvedenia vodných diel do prevádzky.

*Doručené 20. 3. 1973
Odporučil A. Nemček*

LITERATÚRA

- Gíra, J. 1964: Vodné dielo Hrabušice II. Manuskript — archív IGHP Žilina, 29 s.
Gíra, J. 1966: Vodné dielo Poprad — Hrabušice. Manuskript — archív IGHP Žilina, 72 s.
Gíra, J. 1967: Hrabušice — Čingov — priesaky. Manuskript — archív IGHP Žilina, 5 s.
Chmelík, J. 1962: Správa o inžinierskogeologickom prieskume pre vodné dielo Hranovnica. Manuskript — archív IGHP Žilina, 46 s.
Jesenák, P. 1962: Doplnujúci inžinierskogeologický prieskum na projektovanej vodohospodárskej nádrži Buková. Manuskript — archív SVŠT Bratislava, 45 s.
Košecký, E. 1963: Geofyzikálne meranie na lokalite Meliata. Manuskript — archív IGHP Žilina, 19 s.
Mach, C. 1960: Trenčianske Teplice — nádrž. Manuskript — archív IGHP Žilina, 27 s.
Nešvara, J. 1970: Inžinierskogeologická typizácia a rajonizácia krasu na Slovensku. Manuskript — archív IGHP Žilina, 63 s.
Nemček, A. et al. 1966: Správa o inžinierskogeologických podmienkach výstavby nádrže Krpáčovo. Manuskript — Geofond Bratislava, 25 s.
Nemček, A. 1955: Inžinierskogeologický prieskum na priehrade Meliata. Manuskript — Geofond Bratislava, 65 s.

- Nemčok, A. 1955: Vodotesnosť niektorých hornín v základe projektovaných prieshrad na Slovensku. Geol. práce, Spr. 4 (Bratislava).
- Polášková, M. 1967: Vodná nádrž Fačkov na Rajčianke. Manuskript — Geofond Bratislava, 59 s.
- Polášková, B. — Polášek, St. 1971: Inžinierskogeologické pomery na Rajčianke. Geol. práce, Spr. 55 (Bratislava).
- Rajčević, B. 1962: Hidrosistem Gornja Zeta. Agroprojekt Beograd, 152 s.
- Srnánek, J. 1961: Čierny Váh — vyhodnotenie vrto S-13, S-14, S-15, S-17, S-18. Manuskript — Geotest Bratislava, 32 s.
- Srnánek, J. 1965: Prehľad a stručné výsledky inžinierskogeologického prieskumu na Čiernom Váhu. Zborník príspevkov, XVI. zjazd ČSMG, s. 285—297.
- Srnánek, J. 1966: Povodie Hron — spracovanie výsledkov doteraz prevedených prieskumno-geologických prác. Manuskript — Geofond Bratislava, 72 s.
- Šarík, I. 1955: Správa z inžinierskogeologického prieskumu pre vodné dielo Párnica. Manuskript — Geofond Bratislava, 95 s.
- Šarík, I. — Ingr, M. — Nešvara, J. 1972: Inžinierskogeologický prieskum karsoých oblastí so zameraním na stavbu vodných diel v Západných Karpatoch. Manuskript — archív IGHP Žilina, 80 s.
- Šmíd, L. 1970: Baračka — prieskumný vrt. Manuskript — archív IGHP Žilina, 18 s.
- Vadovič, R. 1963: Dopĺňujúce inžinierskogeologické práce pre vodnú nádrž Vuková. Manuskript — Geofond Bratislava, 35 s.

KNOWLEDGE FROM ENGINEERING-GEOLOGICAL EXPLORATION FOR HYDROELECTRIC POWER-STATIONS IN THE KARST AREAS

MIKULÁŠ INGR — IVAN ŠARÍK

In Slovakia carbonate formations with karst phenomena occupy an area of more than 2.700 km². Until lately these areas no sufficient attention has been paid to in planning of water-economic constructions. The opinion persists that the construction of hydroelectric power-stations in karstified areas is practically not realizable for the complexity of karst structures and problems with their sealing. Many sections of the water streams, very attractive from the standpoint of energetics and water supply, remain not utilized until the present time. Even the method of engineering-geological and hydrogeological exploration has not reached the requirable standard. It is in the majority of cases little focused on establishing of the course and extent of the karst phenomenon.

In the contribution are mentioned exploratory methods and conclusions from the exploration for construction of hydroelectric powerstations, planned on the rivers Hornád, Muráň, in the river basins of the Orava, Váh and Rajčianka and completed with experience from the constructed water reservoirs Baračka and Buková. As an example of a courageous approach are described also the positive exploratory and exploratory-remedial methods for the hydroenergetic complex Gorna Zeta in Yugoslavia.

The planned hydroelectric power stations in carbonate rocks in the Hornád river basin were situated in a narrow canyon-like gap in the Slovenský raj. The karst phenomenon is bound to extended tectonic lines in dolomites and limestones and to the geological structure, with carbonates underlain by impermeable Werfenian rocks. The exploration at the level of the preliminary stage has confirmed the fact of water escape from the reservoir mainly through

Paleogene conglomerates with easily soluble cement. The exploratory and project works were stopped for some time because of possible soak of water.

In the dam profiles of Meliata on the Muráň river with the dam 27 m high a surficial areal karst has been established by exploration in the zone of Pliocene and Quaternary weathering (20–50 m thick) and a deep karst bound to tectonic fractures as well. Karstification is manifesting in Carboniferous limestones on the right profile side. Extraordinarily successful were geophysical measurements in the wider area of the dam site with verification of the course of the karstified zones. Exploratory works in higher stage of exploration have not been realized.

Good results were also furnished by geophysical measurements at the planned hydroelectric power-plant Fačkov on the Rajčianka stream (dam height 30 m). Geological mapping, boring and geophysical exploration have confirmed considerable karstification of Triassic limestones and dolomites in the site of the dam and inundation area. According to the results of exploration the construction of the hydroelectric power plant is problematic, risky in the suggested places for extraordinarily developed karst phenomena.

In exploration for construction of the Krpáčovo water reservoir (Hron river basin) beside the traditional exploratory methods also colouring tests with fluoresceine and the great experiment with high-water level in the brook by a concrete wall were applied. The tests have proved the existence of a complicated karst system extending to several km. The field tests enabled us to propose remedial works in the complicated karst structure in order to lower soak from the flooded area to an acceptable extent.

Among the constructed hydroelectric power plants in karstified areas considerable complications occurred in construction of the water reservoirs Baračka and Buková, caused by incomplete and unfinished geological exploration. In the case of the Baračka reservoir exploration was finished before time with the stage of preliminary exploration. In the course of the construction new information on the extension and character of karst in Neocomian limestones in the valley and on the slope in the place of dam-abutment and of inundation has been obtained. In the valley bottom the limestones were markedly cavernous to a depth of 17–18 m, discontinuous caverns were found with subsequent exploration still at the depth 38 m below the surface. The right side of the slope in the inundation area is released by slope deformations. Only after construction of the water reservoir the problem of relation of reservoir waters to the issue structure of mineral waters in Trenčianske Teplice was solved. On the basis of these subsequently established facts the water reservoir was not stored to the maximum water-level until the end of the year 1972.

In the dam of Buková near Trnava no sufficient attention was paid to karstified Eocene Nummulite limestones in the underlier of covering alluvia characterized by low bearing capacity. Only in the course of construction the problems with sealing of karstified rocks were solved subsequently. It was necessary to build a vertical sealing concrete curtain and a sealing horizontal membrane located in front of the dam.

An example of successful application of various exploratory methods for water-economic aims in karstified areas is the hydroenergetic complex Gorna Zeta in Yugoslavia being under construction. In exploration, beside geological

and hydrogeological mapping as well as drilling exploratory works, tracing tests with colouring ones, with radioisotopes and geoelectric measurements were used largely in establishing of the more precise course of karst structures. In critical places also speleological methods connected with tunnelling were useful in exploration and sealing remedial works. Sealing of permeable environment lay in construction of vertical grouting curtains to the depth of 100—150 m (total length of the curtains about 10 km at the circumference of the reservoir), smaller surficial caverns were sealed by areal concrete membranes. Larger caverns and sinks which changed to issues into the reservoir in the time of high groundwater table were adjusted by concrete covers and circular towers. During overpressure of groundwater they made spillway to the reservoir possible.

Preložil J. Pevný

PRIESKUM ZOSUVNÝCH ÚZEMÍ PRI VYUŽITÍ NIEKTORÝCH ŠPECIÁLNYCH METÓD A SKÚŠOK

(4 obr. v texte)

EGON FUSSGÄNGER — DANIEL JADROŇ*

Méthodes de recherche des glissements du terrain avec l'utilisation de quelques méthodes et épreuves spéciales

L'auteur traite les méthodes pour rechercher les glissements du terrain sur la base de ses expériences pratiques, il étudie l'utilisation des méthodes et des épreuves spéciales, telles que: tests de pénétration, épreuves pressiométriques et radionucléaires, mesures géoacoustiques, mesure de la tension horizontale résiduelle sur la surface du terrain et dans les puits de sondage, utilisation du périscope optique pour la documentation des forages et celle des appareils pour indiquer les surfaces de glissement dans les forages.

Geologickotektonická stavba a morfológia Slovenska sú príčinou častých svahových deformácií, najmä zosuvov. Svahové pohyby patria medzi najdôležitejšie problémy, ktoré rieši inžinierska geológia a hydrogeológia. Dnešná sa svahové deformácie skúmali hlavne z inžinierskogeologickej stránky, a to len tie, ktoré ohrozovali technické objekty počas výstavby alebo po nej, resp. keď ich už zasiahla deštruktívna zosuvná činnosť.

Handlovský zosuv (1960—1961) bol impulzom pre mnohé praktické a teoretické práce o svahových deformáciách (registrácia zosuvov v ČSSR, klasifikácia zosuvných pohybov). Práce boli zamerané na podrobnejší prieskum zosuvnej problematiky. Komplexnejší inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum deformovaných svahov sa v praxi začal uplatňovať až v r. 1970. Jeho iniciátorom bol IGHP Žilina a SGÚ Bratislava. Vznikla úloha Sledovanie a zhodnocovanie významných zosuvov na území Slovenska, v rámci ktorej sa skúmalo 17 zosuvných území (z celkového vyhladeného počtu 92).

Pri výbere zosuvných území bolo základným národnohospodárske hľadisko (ohrozené dôležité cestné a železničné komunikácie, hospodárske objekty a inžinierskogeologické a geologické útvary, resp. regióny s výskytom svahových deformácií).

Na základe poznatkov získaných pri riešení úlohy Zosuvy Slovenska chceme stručne opísať použitý metodický postup prieskumných prác, ktorý je síce dosť známy, ale má v jednotlivých prípadoch isté špecifické črty. Dotkneme sa aj

* Ing. Egon Fussgänger, P. g. Daniel Jadroň, IGHP, n. p., závod Žilina, Ražejská cesta, 010 51 Žilina.

toho, ako možno použiť niektoré špeciálne skúšky, ktoré sa doteraz v zosuvných územiach bežne nerobili. Podotýkame, že zvolenú metodiku prieskumných prác ovplyvňuje účel, odlišné etapy prieskumu, vlastná geologická stavba jednotlivých zosuvných území, ako aj možnosti prieskumnej organizácie.

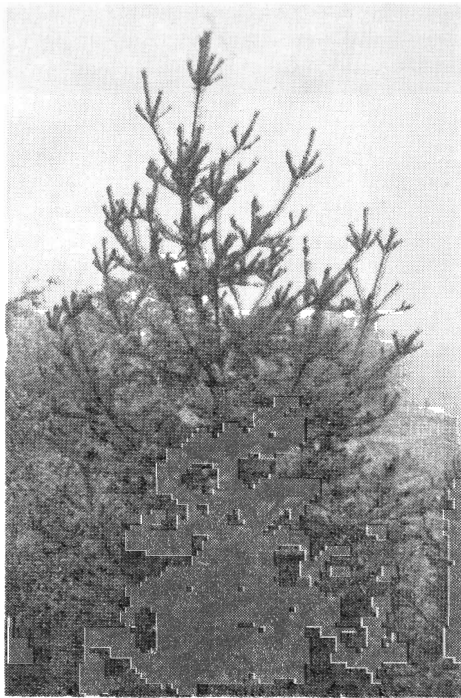
Inžinierskogeologické mapovanie zosuvných území

Terénne mapovacie práce treba robiť v dvoch etapách. V prvej etape zmapovať zosuvné územie do topografického podkladu v mierke 1 : 10 000, príp. 1 : 5000 a položiť dôraz na geologickú stavbu širšieho okolia, najmä na grafické



Obr. 1. Typická geotropická reakcia mladých výhonkov vykrivenej borovice v zosuvnom území (Mostište pri Púchove), ktoré bolo aktivizované v januári 1974. Fotografované v júni 1974.

Fig. 1. Typical geotropical reaction of young shoots of a bended pine in the landslide area (Mostište near Púchov) having been activated in January 1974. (Photo made in June, 1974.)



Obr. 2. Geotropické narovnanie vrcholka tej istej borovice v novembri 1974. Podľa počtu výhonkov nad ohybom vykriveného kmeňa by sa mohlo nesprávne uvažovať o aktivácii zosuvu zhruba pred dvoma rokmi. Zosuvný pohyb však nastal len pred necelým rokom (v januári 1974).

Fig. 2. Geotropical straightening of the same pine top in November 1974. According to the number of shoots situated over the flection of the bended tree trunk, the landslide activation time could be wrongly considered to have been about two years ago. In fact, the landslide movement, however, not a whole year ago took place only (in January, 1974).

znázornenie podpovrchových a povrchových svahových deformácií, ich generálneho vývoja, stupňa aktivity ap. Výsledkom sú tzv. mapy svahových deformácií, ktoré slúžia ako základné mapové podklady na rozmiestnenie technických a špeciálnych terénnych prác.

Pretože pri rozsiahlejších zosuvných územiach spravidla nemožno detailne prebádať celú plochu deformovaných svahov (napr. využitím sondážnych prác), podrobnejší prieskum sa sústreďuje na bezprostredné okolie ohrozeného objektu, resp. objektov. Preto treba vyhotoviť podrobnejší topografický podklad v mierke 1 : 1000, príp. 1 : 2000. Takéto podklady slúžia pri sondážnych prácach, ako aj neskôr na podrobnejšie mapovanie všetkých svahových deformácií. To už zodpovedá druhej etape inžinierskogeologického mapovania. Neslobodno zabúdať ani na zmapovanie hydrogeologických prvkov a rozmiestnenie pozorovacích hydrogeologických objektov na režimné pozorovanie (prepady, pramene, povrchové odvodnenie atď.).

Vyhotovenú mapu možno pokladať za „špeciálnu“. Sú v nej zhrnuté všetky výsledky inžinierskogeologického prieskumu zosuvného územia.

Dôležitým východiskovým podkladom pri mapovacích prácach zosuvných území sú letecké snímky. Dobrým pomocníkom pri mapovaní potenciálnych recentných aktívnych zosuvných území je aj špecifický rastlinný porast, ktorý indikuje charakter zemín a hornín v podloží (L. Sýkora 1961), ďalej skryté vývery podzemnej vody a zamokrené miesta. Vykrivený stromový porast, najmä ihličnatý, pomáha orientačne aj spätne zistiť s presnosťou asi 1—2 rokov obdobie posledných aktívnych zosuvných pohybov (obr. 1, 2).

Režimné pozorovanie

Režimné pozorovanie hydrogeologických a klimatických pomerov je jednou z nevyhnutných úloh, ktoré treba pri komplexnom prieskume zosuvných území zaviesť čo najskôr. V rámci neho treba sledovať atmosferické zrážky (daždové i snehové), teplotu a stav hladín podzemnej vody v zabudovaných vrtoch, ako aj stav a prietoknú výdatnosť prirodzených prameňov, tokov a po sanácii aj odvodňovacích prvkov (horizontálne vrty, podpovrchová drenáž, povrchové rigoly ap.). Pri kontinuálnom dlhodobjšom pozorovaní a jeho zhodnotení matematickou štatistikou možno zistiť aj vplyv atmosferických zrážok na stav hladín podzemnej vody v zosuvnom území. To pri znalosti zrážkových pomerov v minulosti umožňuje na základe spätnej analógie stanoviť aj maximálne (kritické) stavy hladiny podzemnej vody. Rovnako sa potom dajú aj do budúcnosti určiť a orientačne aj kvantitatívne charakterizovať kritické zrážky (mesačné a ročné), pri ktorých sa pravdepodobne vyskytnú svahové pohyby, resp. sa budú aktivovať. V neposlednom rade dáva režimné pozorovanie hydrologických pomerov dobrý obraz aj o účinnosti sanačných odvodňovacích opatrení, čo je pre zabezpečenie dostatočnej stability zosuvného územia veľmi dôležité.

Podľa praktických zistení možno pri prevažnej väčšine skúmaných zosuvov konštatovať, že na stav hladiny podzemnej vody, a teda aj na stabilitu zosuvných svahov nepriaznivejšie vplývajú zrážky v období jeseň—zima. Preto svahové pohyby vznikajú alebo sa aktivujú ešte v zime (pri jej teplejšom, len striedavo mrazivom charaktere), alebo častejšie až začiatkom teplejšieho jar-

ného obdobia. Potvrdzujú to aj zaznamenané katastrofálne zosuvy (napr. v roku 1960—1961 v Handlovej), ako aj výsledky štatistického spracovania ich výskytov (M. Špůrek 1973). V období zima—jar sú 4- až 6-násobne častejšie ako v období leto—jeseň.

Geodetické sledovanie zosuvných území

Nevyhnutnosť geodetického sledovania vyplýva z potreby poznať presné hodnoty zosuvných pohybov, ich polohové a výškové zmeny. Pevné a pozorovacie body pri deformovaných svahoch rozmiestňuje geológ s meračom priamo v teréne. Konfigurácia terénu a požiadavky na presnosť merania ovplyvňujú spôsob osadenia (stabilizácie) geodetických bodov a voľbu najvhodnejšieho postupu merania. Výsledky geodetických meraní (Bytča, Ľubietová, Turany, Okoličné, Harvelka) poukazujú na zmenu veľkosti pohybov v priestore a čase. Zvýšenú pozornosť treba venovať sledovaniu pohybov po vykonaní sanačných opatrení. Čas merania geodetických bodov sa musí koordinovať s režimným hydrogeologickým pozorovaním. Výsledky sú presnejšie a sledované zákonitosti sa prejavujú zreteľnejšie pri dlhodobejšom pozorovaní.

Okrem geodetického sledovania zosuvného územia možno veľkosť pohybov merať priamo v odlučných oblastiach zosuvov pomocou prístrojov MMP-120 a TM-71, orientačne aj pásmom na fixovaných bodoch za pomoci strunového minciara.

Geofyzikálne práce

Z komplexu geofyzikálnych metód sa pri riešení úlohy Zosuvy Slovenska použili geoelektrické a seizmické metódy.

Z geoelektrických metód to bolo elektrické odporové profilovanie s dvojitém až trojitým hĺbkovým dosahom a vertikálna elektrická sondáž (VES). Výsledky meraní ukázali, že geofyzikálne treba svahové deformácie zisťovať aspoň v dvoch etapách (K. Müller 1973).

V prvej etape treba urobiť geofyzikálne merania (profilovanie + VES) v základných prešetrovaných geologických profiloch a použiť prvosledové vrtné práce ako porovnávacie vrty na overenie správnosti nameraných hodnôt.

V druhej etape treba geofyzikálne profily zahustiť, podrobnejšie preskúmať vyskytujúce sa geofyzikálne anomálie a dať návrh na doplnujúce prieskumné diela. Vzájomnými konzultáciami a spoluprácou geofyzika, inžinierskeho geológa a geotechnika možno dosiahnuť dobré výsledky. Geofyzikálne metódy sa vo väčšom rozsahu použili na zosuvných územiach Turany a Harvelka, kde sa aj napriek fyzikálne málo odlišnému prostrediu dosiahli veľmi uspokojivé výsledky.

Geofyzikálne je komplexnejšie rozpracovaná úloha zosuvného územia Ružomberok, kde sa na základe výsledkov geofyzikálnych meraní rozvrhli technické prieskumné diela a ich predpokladaná hĺbka na overenie zistených anomálií.

Zo seizmických metód bolo na lokalite Turany použité tzv. seizmické prežarovanie vrto. Táto metóda je náročná na zabudovanie jednotlivých vrto

a na ich počet. Dobré sa dá použiť vo výrazne odlišných fyzikálnych horninových prostrediach.

Technické terénne práce

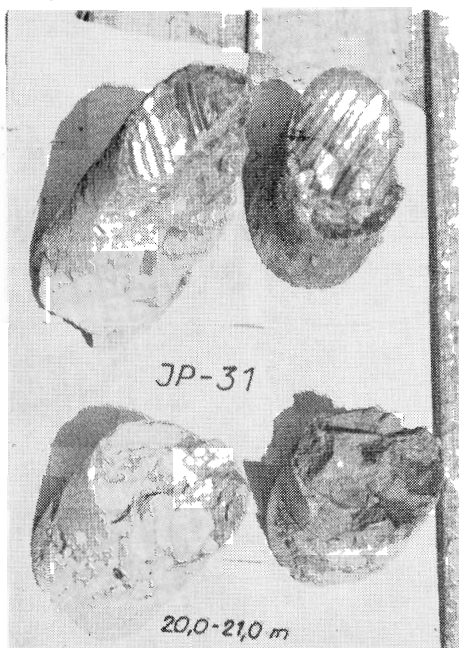
Okrem bežného geologicko-petrografického hodnotenia prieskumných diel (vrty, ryhy, šachtice) treba v prvom rade venovať pozornosť komplexnému využitiu prieskumných sond. Ich čiastkové výsledky sú nevyhnutné na podrobné vyšetrovanie zložitých inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov, mechaniky svahových pohybov a na získanie ostatných údajov potrebných na správny návrh a realizáciu sanačných opatrení.

V zosuvných územiach je najvhodnejšie používať strojné jadrové vrty. Hlavný dôraz treba pri ich realizácii dávať na maximálny výnos jadra a zaznamenať údaje o narazených a ustálených hladinách podzemnej vody. Na základe dobrého výnosu jadra a jeho ozvorkovania možno zistiť šmykové zóny, resp. plochy (obr. 3). Realizované vrtané sondy treba využiť na hydrogeologické účely, ako aj na špeciálne terénne skúšky.

Z prieskumných diel majú okrem vrtov významnú úlohu šachtice, kopané sondy a ryhy, ktorých počet sa pri výskume zosuvných pohybov zvyčajne redukuje, ale umožňujú priamu vizuálnu dokumentáciu a ľubovoľné vzorkovanie.

Ryhy a kopané sondy umožňujú priamo overovať a zisťovať skutočné úložné geologické pomery najmä v odlučných hranách zosuvných tvarov, ako aj mimo zosuvného územia.

Šachtice sú najdôležitejšími priamymi technickými prieskumnými dielmi. Možno v nich podrobnejšie študovať porušenosť materiálov od zosuvných pohybov, priebeh šmykových zón, resp. plôch a ostatné všeobecné opisné geologicko-petrografické vlastnosti zosuvných materiálov a hornin podložia. Zároveň je veľmi vhodné robiť fotodokumentáciu stien šachtíc, pričom sa nesmie zabúdať ani na kvalitné vzorkovanie, hlavne prehnietých zosuvných materiálov. Šachtice možno využívať na meranie horizontálnej napätosti pomocou oceleových kotiev osadených v stenách. Šachtice sa dajú navyše využiť aj pri ich vyplnení štrkom ako sanačný prvok s väčším drenážnym účinkom v napojení na horizontálne odvodňovacie vrty.



Obr. 3. Charakter zosuvných materiálov s výraznými šmykovými plochami (ryhovanie), zosuv Okoličné.

Fig. 3. Character of landslide materials with conspicuous thrust planes (grooving), the Okoličné landslide.

Špeciálne terénne práce a skúšky

Súčasný svetový vývoj v inžinierskej geológii smeruje k maximálnemu využitiu prieskumných diel (vrtov, šachtíc). Využívajú sa pritom dostupné a najnovšie špeciálne metódy a skúšky. Na zosuvných lokalitách boli použité tieto skúšky a merania:

1. Penetračné testovacie skúšky

Tieto skúšky sú zamerané hlavne na priebežné testovanie vrtných jadrových monolitov zo súdržných zemín a hornín, a to súčasne, resp. hneď po uskutočnení jadrových vrtov. Obdobne treba otestovať aj prevažnú väčšinu odobratých vzoriek zemín. Vlastné testovanie sme robili príručným penetrometrom zn. Clockhouse.

Uvedeným postupom a skúškami potom možno ľahko aj kvantitatívne určiť najmäjšie a najvlhkejšie (menej a viac pevné) polohy a zóny, ktoré prezrádzajú dosah porušenia, resp. výskyt porušených a prehnietených šmykových zosuvných plôch a zón. Ak je známa hodnota penetrácie (P) odobratých vzoriek zemín a hornín, na ktorých sa vykonali základné laboratórne skúšky ich fyzikálno-mechanických vlastností, možno pomerne jednoducho zostrojiť kalibračný diagram závislosti k zisteným hodnotám laboratórnych skúšok. Takým spôsobom možno zostrojiť funkčnú závislosť penetrácie od vlhkosti, konzistencie a šmykovej pevnosti — reprezentovanú pri hodnote $\varphi_u = 0$ (ak $S_r > 80 \%$) totálnou kohéziou c_u , ktorá sa z mechanických vlastností dá najjednoduchšie zistiť skúškami v prostom tlaku; $P = f(w_n)$, $P = f(I_c)$ a $P = f(c_u)$. Pri väčšom počte neskreslených hodnôt efektívnej šmykovej pevnosti — vyjadrenej pri hodnote $c' = 0,0 \text{ kpcm}^{-2}$ efektívnym uhlom vnútorného trenia φ' , pre daný typ zeminy možno získať aj závislosť $P = f(\varphi')$.

Celkove možno konštatovať, že penetračné testy sú jednoduché, veľmi vhodné a pomerne presne pomáhajú určiť výskyt najmäjších a zvyčajne najvlhkejších polôh zemín a hornín, čo je pri vrtnom prieskume zosuvných území veľmi dôležité. Z hľadiska použiteľnosti a správnej aplikácie však treba urobiť testy na „čerstvých“ vzorkách. To vyžaduje stálu prítomnosť geológa alebo kolektora pri vrtných prácach na lokalite. Preto by vrtné osádky mali byť okrem drilomera vybavené penetromermi.

2. Obhliadka vrtu optickým periskopom Bp-34

Optický periskop má vhodné technické parametre. Dá sa použiť vo vrtoch s priemerom 67 až 350 mm do hĺbky 30 metrov na vizuálne pozorovanie stien vrtných sond, pričom je možnosť fotodokumentácie (čiernobielej aj farebnej). Periskop sme použili na lokalite Okoličné a Harvelka v zosuvných materiáloch na spresnenie hĺbky porušenia, najmä v tých úsekoch vrtu, kde sa nedosahovali požadované výnosy vrtného jadra, a to aj na zistenie skutočných úložných pomerov súvrstvia (vrstvovitosti). Na oboch lokalitách bolo najväčšou prekážkou úspešného použitia stláčanie stien vrtov a prítomnosť podzemnej vody s jemnou ílovitou suspenziou, ktorá znemožňovala vidieť steny vrtov. Periskop bol úspešný v netlačivých úsekoch vrtov a nad hladinou podzemnej vody. Preto má periskop v zosuvných územiach, ktoré sú budované najmä pelitickými

sedimentmi, obmedzené použitie. Problémy bude treba riešiť pomocou malých čerpadiel, prípadne koagulačného zrážadla ílovitých suspenzií.

3. Pressiometrické skúšky

Pressiometrické skúšky v zosuvných územiach umožňujú na základe rozdielnych pretvárných charakteristík (modulov) rozlíšiť svahovými deformáciami porušené a neporušené zeminy a horniny. Úlohou týchto skúšok je zistiť moduly pretvárnosti na základe zmeny objemu pressiometrickej bunky ($\varnothing$ 40, 60, 70 mm) zapustenej do predvrtaného otvoru ($\varnothing$ 45, 68, 78 mm) v požadovanej hĺbke pri patričnom zafažovacom stupni s lineárnym priebehom $\Delta p = f(\Delta V)$. Potom sa pri nameraných hodnotách ΔV a Δp a znalosti Piossonovho čísla ν určí hodnota E (B. G r o m a 1969).

Pressiometrické skúšky sme urobili v praxi na zosuvných územiach Okoličné a Turany. Niektoré názorné výsledky z lokality Okoličné uvádzame:

Vrt Jp-23 (šmyková plocha v hĺbke 12,4 m):

$h = 8,4$ m rozložené a zosuvom porušené ílovce prevažne charakteru ílovej hliny s úlomkami:
 $E = 65,9 \text{ kpcm}^{-2}$

$h = 12,7$ m zvetrané ílovce:
 $E = 224 \text{ kpcm}^{-2}$

$h = 17,4$ m navetrané ílovce:
 $E = 395 \text{ kpcm}^{-2}$

Vrt Jp-26 (šmyková plocha v hĺbke 18–19 m):

$h = 10,0$ m ílovito-piesčitá hlina s úlomkami hornín, tuhá až mäkká, prehnietená
 $E = 34,9 \text{ kpcm}^{-2}$

$h = 18$ m ílovito-piesčitá hlina s úlomkami mäkkej konzistencie
 $E = 27,4 \text{ kpcm}^{-2}$

Podľa uvedených hodnôt E možno rozlíšiť porušený, resp. neporušený charakter zemin a hornín.

V zosuvných materiáloch s úlomkami s mocnosťou väčšou ako 15 m pod terénom je bežná pressiometrická skúška z technologického a praktického hľadiska už značne sťažená a komplikovaná. Spôsobujú to ťažkosti pri osadzovaní vlastnej bunky prístroja do prevrtaného úzkoprofilového otvoru v patričnej hĺbke, ktorý je len o málo širší ako vlastný priemer bunky. Prítomnosť pevnejších ostrohranných úlomkov hornín, ktorú často sprevádza aj zvýšená medzerovitosť, nedovoľuje použiť pri skúške vyšší medzný tlak, pretože hrozí prepichnutie — prerezanie gumovej membrány bunky. Z uvedeného vychodí, že pri vrtaní treba urobiť špeciálne úpravy (napr. cementáciu vrtného otvoru väčšieho priemeru a potom opätovným prevrtaním na menší priemer pre vlastnú skúšku s osadením bunky v patričnej hĺbke), alebo možno použiť bunku s ochrannou lamelovou bandážou alebo pažnicou. Tieto úpravy však podstatne zvyšujú náročnosť vlastnej skúšky a najmä čas a náklady na prípravné vrtné práce. Preto sme od väčšieho počtu skúšok na zosuvných územiach upustili, resp. na iných, obdobných lokalitách sme ich úplne vylúčili.

Pressiometrické skúšky sú pri geotechnickom charakterizovaní a bežnom posudzovaní stability zosuvných svahov (okrem metódy konečných prvkov)

zatiaľ len pomocnými, doplnkovými skúškami.

Pressiometrickými skúškami možno okrem opísaného bežného spôsobu zistenia pretvárných charakteristík aj orientačne zmerať horizontálnu napätosť v zosuvnom území. Postup je pri nich opačný ako pri bežných deformačných skúškach. Vychádza sa z poznatku, že po vyhlbení vrtného otvoru sa napätosť v jeho najbližšom okolí znižuje, čo možno zmerať v osadenej citlivej deformačnej bunke prístroja. Bunkou pressiometra sa najprv predopne zemina v zvolenej hĺbke na stenách vrtu (na vyvodenie približne pôvodného stavu pred vrtom) a potom sa pri uvoľnení tlaku až k nulovej hodnote sledujú deformačné (objemové) zmeny zeminy. Tieto skúšky sú však pri bežných pressiometroch dosť náročné a závisia najmä od dostatočnej citlivosti použitej deformačnej bunky prístroja a jeho manometrov.

Pre informatívny charakter týchto skúšok sa používajú len veľmi zriedkavo a v praxi IGHP Žilina sme ich preto doteraz nerobili. Možno ich však nahradiť inými, vhodnejšími skúškami, ako napr. tenzometrickými (systém VŮIS Bratislava, Maihak), piezoelektrickými sondami (systém UED Spool Gage — USA), hydraulickými (systém Glötz, VŮIS Bratislava) a fotoelastickými sondami.

4. Rádionuklidové skúšky

Rádionuklidovými skúškami sa meria vertikálna rýchlosť prúdenia podzemnej vody v zabudovaných vrtoch pozorovacou trúbkou, resp. pažnicou s $\varnothing \geq 76$ mm (s perforáciou 5–15 %) na základe zmerania pohybu vstreknutej rádioaktívnej látky (jódomusík NaJ 131) detektormi rozmiestnenými v rozličnej vzdialenosti vo vrte (asi 2X po 0,50 m nad i pod miestom vstretu; P. Peter — J. Hulla 1970).

Možnosť bližšieho určenia polohy šmykovej plochy z výsledkov meraní vertikálneho pohybu vo vrtoch vychádza z myšlienky, že dilatačné šmykové plochy sa môžu v určitých častiach zosuvného územia vyznačovať drenážnym účinkom. Môžu teda byť miestom, z ktorého voda intenzívne do vrtu vteká, alebo z neho vyteká. Polohy vrstiev priepustnejších zemín možno z tejto úvahy vyľúčiť, pretože tie sa zistia už pri vrtných prácach. Smerodajné sú len miesta porúch v zdanlivo nepriepustných zeminách, prípadne horninách. Takéto miesta sa v graficky spracovaných závislostiach vertikálneho prietoku (q_v) prejavujú na hĺbke vodného stĺpca (h) výraznou zmenou vertikálneho prietoku a platí pre ne:

$$\frac{\Delta q_v}{\Delta h} = \max.$$

Sú teda charakteristické pomerne výrazným maximom vtokovej alebo odtokovej rýchlosti. V praxi sa tieto skúšky s pozitívnym výsledkom vykonali len na lokalite Turany, pretože na ďalších lokalitách (Okoličné, Harvelka) sa pre obmedzené kapacitné možnosti subdodávateľa (Katedra geotechniky SvF ŠVŠT) doteraz ešte nerealizovali.

Pre úplnosť ešte dodávame, že rádionuklidovými skúškami sa dajú zistiť aj základné hodnoty hydrogeologických charakteristík, vrátane koeficientov filtrácie.

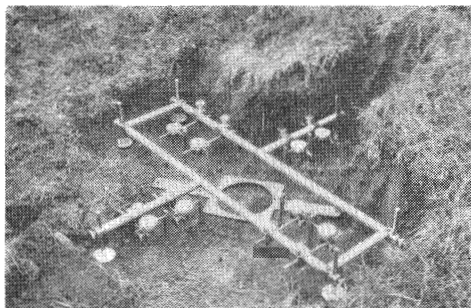
5. Geoakustické merania

Geoakustické merania možno robiť v špeciálne zabudovaných vrtoch plnými vodotesnými pažnicami (novodur, PVC, s priemerom 80–110 mm). Ich spojenie s okolitým prostredím musí byť dokonalé a sprostredkuje ho ílovito-cementová zálievka. Zosuvné materiály majú pri šmykovom namáhaní malé zvukové impulzy, ktoré sa odpočúvajú systémom geofónov v rozličnej hĺbke vrtu naplneného vodou a zosilnené sa zaznamenávajú na magnetofónový pás. Geoakustické merania umožňujú presnejšie vymedziť šmykové zóny (S. Novosad — P. Bláha 1972), resp. plochy. Vhodne sa dajú použiť pri aktívnych a čiastočne aj pri potenciálnych zosuvoch. Dobré výsledky boli na zosuve Turany. Na lokalite Okoličné rušila geoakustické impulzy premávka vlakových súprav po železnici.

6. Meranie horizontálnej reziduálnej napätosti na povrchu

Z hľadiska mechaniky svahových pohybov je známe, že na neporušených svahoch prevláda určitá tlaková napätosť, pričom na porušených svahoch je už napätosť pozmenená. V odlučných oblastiach (odtrhoch) je zemina namáhaná ťahom a v akumulčných a transportačných oblastiach naopak výraznejším tlakom. Ťahová oblasť pri svahoch postihnutých zosuvmi nie je ohraničená len ich odlučnou oblasťou so zjavnými zátrhmi, ale často ešte aj ďalšou uvoľnenou zónou s ťahovým napätím, siahajúcou niekoľko metrov, prípadne aj desiatky metrov vyššie nad porušený svah. Táto uvoľnená zóna je charakteristická pri retrogrésivnom postupe porušenia svahov a predstavuje vždy potenciálne nebezpečenstvo vzniku nových zátrhov a zosuvných pohybov. Obdobne je často problémom presne vymedziť aj akumulčnú oblasť zosuvov s doznievajúcim zvýšeným tlakovým napätím v morfologicky nejasných prípadoch pri mapovacích prácach i pri vrtnom prieskume. Preto práve na pomerne presné ohraničenie spomínaných svahových deformácií na základe ťahových i zvýšených tlakových napätí je vhodná metóda priameho merania horizontálnych reziduálnych napätí na povrchu, ktorá sa zakladá na aplikácii metódy ostráňenia hmoty. Pochádza od G. Sachsa.

Vlastná metóda spočíva v meraní posunov Δr bodov umiestnených symetricky (v smere spádnice i vrstevnice svahu) okolo valcového otvoru s priemerom 15–20 cm a hlbokého 30–40 cm. Potom ak sú známe hodnoty Poissonovho čísla ν a okamžitého modulu pretvárnosti E svahových zemín, možno vypočítať horizontálne napätie podľa známych vzťahov mechaniky zemín a hor-



Obr. 4. Celkový pohľad na inštalovaný prístroj (konštrukcie IGHP Žilina) na meranie horizontálnej napätosti na povrchu terénu pomocou 8 pozorovaných bodov osadených symetricky od stredu vo dvoch vzdialenostiach a smeroch.

Fig. 4. General view of the device installed (construction by IGHP Žilina) for measuring horizontal tension on the surface of the field at 8 observation points situated symmetrically from the centre on two sides and distances.

nín, ktoré uvádza aj V. Mencl (1966, 1969).

Túto metódu u nás prvýkrát v praxi aplikoval V. Mencl na viacerých zosuvných terénach, ako napr. na vodnom diele Liptovská Mara, na záreze vlečky v Bánovciach nad Bebravou, kde okrem charakteristiky zosuvu umožnili skúšky na základe nameraných zvýšených horizontálnych napätí určiť aj veľkosť prekonsolidácie terciérneho ílu. Túto metódu uvádza aj vo svojich známych odborných publikáciách (V. Mencl 1966, Q. Záruba — V. Mencl 1969).

Podľa výsledkov merania povrchovej napätosti (obr. 4) na lokalitách zosuvov Bytča, Turany, Okoličné, Lubietová, Harvelka sme mohli na základe týchto skúšok presne ohraničiť odlučné oblasti a v nich časti, kde možno predpokladať nové zátuchy. Ďalej sme na základe zvýšenej tlakovej napätosti oproti neporušeným svahom mohli v transportačnej a akumuláčnej oblasti určiť najviac namáhané „aktívne“ tlačené oblasti a ich dosah. To značí, že pri mozgnej aktivizácii zosuvu sa dá na základe zistenia predisponovaných miest predpokladať, kde a ktorým smerom bude smerovať vývoj opätovného zosuvného pohybu. Pri týchto skúškach v období pred prípadnou nevyhnutnou sanáciou zosuvného svahu a po nej je zistený pokles hlavných vodorovných napätí aj jedným z viacerých možných kontrolných ukazovateľov účinnosti sanačných opatrení. Z vykonaných skúšok na lokalitách s rozličným charakterom a vývojovým štádiom zosuvných pohybov vychodí, že čerstvé aktívne zosuvy majú po prebehnutí deštruktívneho svahového pohybu vždy menšiu horizontálnu napätosť. Je to spôsobené „vybitím“ potenciálnej aktivity zosuvu (a teda i jeho napätosti) vzniknutým svahovým kinetickým pohybom, ktorý navyše spôsobuje prehrietenosť a kyproseň zosuvných materiálov (a teda aj na povrchu), čo sa prejavuje ich nízkou hodnotou E a často aj menšími nameranými hodnotami posunov Δr .

7. Meranie horizontálnej napätosti v šachticiach

Meranie napätosti v šachticiach na zosuvných územiach umožňuje na základe veľkosti nameraných deformácií v rozličných hĺbkach, ale prevažne v súdržných zeminách, zistiť stupeň aktivity, resp. stability porušeného svahu. Ďalej v závislosti od postupu hĺbenia s časom sa dá tiež z najväčšej zmeny hodnoty pomeru prírastkov deformácie určiť aj hĺbkové dosiahnutie najvýraznejšej šmykovej porušenej zóny. Vlastné deformácie sa merajú kontaktným meradlom s presnosťou odčítania 0,01 mm vo vzájomne proti sebe osadených kotvách s dosahom do rozličnej vzdialenosti od stien šachtice (0,5 m—1,5 až 3,0 m).

Napätia možno vypočítať podľa rovnakých vzťahov ako pri povrchovej napätosti; pritom sa na zjednodušenie pri štvorcovej šachtici uvádza predpoklad, že zhruba zodpovedá šachtici s kruhovým prierezom.

Pre náročnosť osadzovania rozlične dlhých vzájomne pritiľahlých kotiev ako pozorovacích bodov sa použitie týchto skúšok viaže prevažne len na homogénne polohy s minimálnym množstvom úlomkov hornín. Preto sa tieto merania v zosuvných územiach používajú v obmedzenej miere. I keď umožňujú poznať priebeh horizontálnej napätosti v okolí šachtice, ich výsledky podobne ako pri pressiometrických skúškach sa okrem metódy konečných prvkov v stabilných výpočtoch nedajú využiť.

8. Prístroje na indikáciu šmykových plôch a zón

Vrtané sondy možno využiť aj na zabudovanie špeciálnych prístrojov SDT a SPV (vyvinuté ÚGI Brno), ktoré umožňujú zisťovať hĺbku šmykovej plochy, resp. jej zóny v aktívnych a potenciálnych zosuvných územiach (J. Martinec 1970).

Prístroj SDT (systém delených trúbok) indikuje podľa vychýlenia jednej, resp. viacerých trúbok z ich pôvodnej zvislej zostavy hĺbku šmykovej plochy, prípadne zóny. Vlastná zostava delených trúbok s profilom 90 mm z novoduru v ľubovoľnej dĺžke, vzájomne spojených oceľovými lankami, sa inštaluje do jadrových vrtov s priemerom 133 až 156 mm v obsype z triedeného drobného štrku s priemerom 5 mm, pričom je zhodnocovací prístroj s registračným zariadením osadený nad zemou v krycej pažnici. Presnosť indikácie šmykovej plochy závisí od zvoleného rozsahu dĺžky jednotlivých trúbok, asi 0,1–1,0 m. V praxi sa zvyčajne používajú kratšie trúbky v oblasti predpokladaného výskytu šmykovej plochy, asi 0,1–0,5 m, a mimo tejto oblasti dlhšie, asi 1 m. Prístroj SDT, ako aj SPV sa budú toho roku inštalovať v spolupráci IGHP a ÚGI Brno na lokalite aktívneho zosuvu Mostište pri Púchove.

Prístroj SPV (systém páskového vodiča) plní rovnakú funkciu ako SDT. Konštrukčne sa od neho odlišuje tým, že má osadené trúbky PVC s priemerom 21 mm do vrtu s priemerom 67 až 93 mm v cementovej tamponáži. Trúbka PVC s priemerom 21 mm má vo vnútri riedkym cementom zaliate krehké elektrické vodiče (drôty) spojené do okruhu s dosahom do rozličnej hĺbky vrtu. Všetky vodiče sú vyvedené k jednosmernému zdroju prúdu (batérii) v nadzemnej časti vrtu v ochrannej pažnici. Pri zosuvných pohyboch s posunom väčším ako 1–2 cm nastáva prestrihovanie okruhov elektrických obvodov tých vodičov, ktoré sú v hĺbke šmykovej plochy a pod ňou. Hodnotenie výsledkov sa robí z registračného záznamu prístroja.

Na rovnaký účel ako prístroje SDT a SPV slúžia inklinomery, ktorými sa šmyková plocha v zosuvných územiach zisťuje na základe najväčšej krivosti (zohnutia) zabudovanej trúbky PVC s priemerom 50–100 mm vo vrtach s priemerom do 93–254 mm s obsypom z drobného štrku (M. Jakubowski 1971, 1974). Vhodné univerzálne inklinomery treba však zabezpečiť z dovozu, pretože sa v ČSSR nevyrábajú.

Záver

Inžinierskogeologickému a hydrogeologickému prieskumu zosuvných území treba venovať náležitú pozornosť z hľadiska vhodnej metodiky a komplexnosti. Vo viacerých na seba nadväzujúcich etapách treba vykonať inžinierskogeologické mapovanie, geofyzikálne a technické (sondážne) terénne práce. V rámci prvodedových prác je nevyhnutné začať režimné hydrologické a hydrogeologické, ako aj geodetické pozorovania zosuvného územia. Medzi prácami druhého sledu je žiadúce použiť maximum dostupných (i najnovších) metód a skúšok.

Pri riešení úlohy Zosuvy Slovenska sme použili tieto špeciálne skúšky a merania: penetračné testovacie skúšky vrtných jadier a vzoriek, pressiometrické a rádionuklidové skúšky, geoakustické merania, merania horizontálnej napätosti v šachticiach a na povrchu, obhliadka vrtného otvoru optickým perisko-

pom s fotodokumentáciou a prístroje zabudované vo vrtoch na indikáciu recentných šmykových plôch. Z uvedených špeciálnych skúšok sa osvedčili penetračné testovacie skúšky, rádionuklidové skúšky, geoakustické merania a hlavne merania horizontálnej napätosti na povrchu.

Možno konštatovať, že pri prieskume zosuvných území je účelné využiť viaceré metódy a spôsoby. V takom prípade umožňujú komplexne a veľmi kvalitne zhodnotiť charakter zosuvu z hľadiska príčin jeho vzniku, mechaniky a genetiky vývoja, možnej aktivácie alebo stability a prípadne sanácie a jej účinku.

Doručené 12. 2. 1975

Odporučil J. Malgot

LITERATÚRA

- Groma, B. 1969: Pressiometrické skúšky. [Súbor článkov a prekladov.] IGHP, n. p., Žilina.
- Martinec, J. 1970: Vývoj mŕčících a kontrolních metod a přístrojů pro trvalou kontrolu a registraci pohybů půdy. Ústav geologického inženýrství, Brno.
- Menci, V. 1966: Mechanika zemín a skalních hornin. Praha, Academia, s. 189, 245—248.
- Müller, K. 1973: Geofyzikální metody průzkumu sesuvů. In: Zbor. zo seminára o inžinierskogeologickom prieskume, stabilite svahov a metódach jej zabezpečovania. SVTS — Dom techniky Košice, s. 1—6.
- Nemček, A. — Baliač, F. — Mahr, T. — Malgot, J. 1970: Regionálny výskum zosuvných oblastí Slovenska. [Záverečná správa výskumnej úlohy III/3/11, 3.] Bratislava.
- Nemček, A. — Pašek, J. — Rybář, J. 1974: Dělení svahových pohybů. HIG, 11, ÚÚG Praha, s. 77—97.
- Novosad, S. — Bláha, P. 1972: Geoakustické sledování svahových pohybů. Ročenka, n. p., Geotest Brno.
- Peter, P. — Hulla, J. 1970: Zisťovanie parametrov pohybu podzemnej vody pomocou rádionuklidov. Vodohospodársky časopis, 18, 4, Bratislava.
- Sýkora, L. 1961: Fytoindikace sesuvných území v ČSSR. Rozpravy ČSAV, roč. 71, Praha.
- Špůrek, M. 1973: Cykličnosť vývoje sesuvných jevů. In: Zbor. zo seminára o inžinierskogeologickom prieskume, stabilite svahov a metódach jej zabezpečovania. SVTS — Dom techniky Košice, s. 1—18.
- Záruba, Q. — Menci, V. 1969: Sesuvy a zabezpečování svahů. Praha, Academia, s. 117—120, 128—129.
- Jakubowski, M. 1971: Odchylomierz oporowy do badania dynamiki osuwisk i wyznaczania powierzchni poślizgu. Technika poszukiwań 37, s. 48—52.
- Jakubowski, M. 1974: Wynikyzastosowania inklinometru w badaniach dynamiki osuwiska. Technika poszukiwań 3/51, s. 20—25.

APPLIANCE OF SOME SPECIAL METHODS AND TESTS IN PROSPECTION METHODS IN SLUMP REGIONS

EGON FUSSGÄNGER — DANIEL JADROŇ

As regards methods proper and complexity, the engineering-geo-logic and hydrogeologic research of the slumps regions should be paid the respective attention. In two mutually connected stages — steps — it is necessary to carry out engineering geological mapping, geophysical and technical (sounding) field works. The initial work should comprise the regime of hydrogeological, hydrological and geodetic observation of the slump territory. In the second stage of the work it would be suitable to apply maximally available and the latest methods and tests, mostly exploiting the prospection operations. The authors of the article concerning the task „Landslides in Slovakia“, have applied the following special tests and measurements: penetration testing of boring cores and of samples, pressure-metric and radio-nucleid tests, geoacoustic measurements, measurements of horizontal tension in pits and on surface, examination of borehole by optical periscope and photodocumentation, devices constructed in the boreholes to indicate recent thrust planes. Positive results of all these special tests show that most suitable are penetration tests, geoacoustic measurements and particularly measurements of horizontal tension on the surface.

Generally we may conclude that it is very useful to apply more methods and ways of investigation of landslide areas. Proportionally to their quantity (optimally considered with respect to actual conditions), they facilitate complex and reliable evaluation of the nature of a landslide from the view of its origin, mechanism and genetic history, of its possible activation or stability, or protection and its effects.

Preložila E. Jassingerová

Jindřich Štelcl — Jaroslav Malina: „**Základy petroarcheologie**“. — Univerzita J. E. Purkyně v Brně, přírodovědecká fakulta, 285 stran, 124 obrázků, 31 tabulí, 1975.

V poslední době obohacují výsledky petroarcheologického výzkumu velmi výrazně nejen naše poznatky o hospodářském a společenském vývoji pravěké a středověké společnosti v jeho vztahu k přírodnímu prostředí, ale uplatňují se také v současné společenské praxi při vytváření životního prostředí.

Začátkem letošního roku vyšla v Brně monografická práce v českém jazyce o základech petroarcheologie. Tato práce velice upoutala zájem širokého okruhu jak archeologů, tak geologů. Je rozdělena v podstatě do šesti hlavních kapitol, v nichž je logicky probírán plynulý vývoj nového vědního oboru, který je definován jako petroarcheologie.

Monografie — svého druhu u nás ojedinělá — předkládá čtenářům základní poznatky a termíny z interdisciplinárního vědního oboru petroarcheologie.

Na úvod navazují autoři přehledem petrografie velmi účelně upraveným pro odborníky historických věd. V petrografickém systému je zejména kladen velký důraz na příklady používání jednotlivých horninových typů v pravěku, středověku, novověku i současnosti. Tímto způsobem předkládají autoři velmi vhodnou petrografickou klasifikaci.

Po této kapitole následuje vcelku stručný přehled archeologických pramenů, z nichž vyplývá zvláště význam a místo archeologických kamenných artefaktů.

V další části je chronologicky shrnut vývoj použití petrografie v archeologii a jiných historických oborech včetně stadia, v němž se další perspektivy tohoto výzkumu rýsují v integrovaném spojení obou disciplín — archeologie a petrografie. V těchto místech publikace výrazně vyniká komplexní zpracování petrografického, resp. mineralogického výzkumu v archeologii s ohledem na

poznatky získané ze světové literatury. Tuto kapitolu uzavírá definice nového směru — petroarcheologie.

Ve stati o metodice petroarcheologického výzkumu kamenných artefaktů jsou uvedeny dosavadní archeologické a petrografické diskripční techniky a postupy. Je zde celá řada konkrétních údajů, jejichž některé závislosti autoři formulují matematicky.

Poslední část práce je věnována aplikacím petrografických metod v archeologii: na příkladech studia paleolitické a neolitické kamenné industrie, jež je charakterisována z hlediska morfologického, archeologického, funkčního, látkového složení a stavebních znaků. Velká pozornost je zde věnována řešení vztahů mezi použitými surovinami a artefakty. I z hlediska recenzenta je to velmi významná stať, zvláště svojí dokonalou analýzou provenience jednotlivých kamenných artefaktů.

Tyto výsledky doplněné o poznatky z etnografického modelu, technologických i funkčních experimentů budou jistě podkladem té části dějin, kterou lze osvětlit právě komplexním výzkumem kamenných artefaktů.

Velmi stručný závěr obsahuje shrnutí nejdůležitějších poznatků, spolu s význačením celkového vývojového trendu výzkumu kamenných artefaktů.

Publikace je uzavřena rozsáhlejšími seznamem významnější literatury, která je zde oprávněně uváděna, poněvadž dříve byla roztržena do řady časopisů archeologických a geologických věd. Přiložený soubor obrázků a tabulí instruktivně velmi dobře dokresluje toto dílo.

Kníha bude jistě vítaným pomocníkem zejména badatelům a studentům z oblastí historických i geologických věd a v každém případě poslouží k dalšímu rozvoji nového výzkumného interdisciplinárního směru — petroarcheologie. Poněvadž se opírá nejen o bohatou literaturu, ale také o badatelskou zkušenost obou autorů, je téměř jisté, že mnoho let nebude v ČSSR překonána.

Jaroslav Weiss

HYDROGEOLOGICKÉ POMERY JUŽNEJ ČASTI TURČIANSKEJ KOTLINY

(1 obr. v texte)

PAVOL BUJALKA*

Conditions hydrogéologiques de la partie sud du bassin Turčianska kotlina

L'auteur évalue les conditions hydrogéologiques de la partie sud du bassin Turčianska kotlina, d'une des dépressions intramontagneuses les plus importantes des Carpates Centrales Occidentales. Il présente son édification géologique et étudie les conditions hydrogéologiques même des montagnes marginales qui peuvent influencer les eaux souterraines du bassin. Outre cela, il évalue aussi les eaux minérales qui sont très abondantes par conséquence de la tectonique des failles.

V rámci regionálneho hydrogeologického prieskumu Slovenska sa v etape vyhadávacieho prieskumu postupne zhodnocujú jednotlivé hydrogeologické rajóny, príp. štruktúry.

Jednou z hodnotených oblastí je aj hydrogeologický rajón XXVII R 103 bd — Turčianska kotlina. Výsledky prieskumných prác vykonaných v r. 1968—1972 priniesli rad nových poznatkov, ktoré sú užitočné nielen z hľadiska praktického využitia vo vodnom hospodárstve, ale aj pre základné hodnotenie hydrogeologickej stavby.

Pri výskume vlastnej kotliny nebolo možno obísť ani hydrogeologické pomery priľahlých častí okrajových pohorí. To umožnilo aspoň orientačne zhodnotiť prestup podzemnej vody do kotliny a zároveň študovať hydrofyzikálne vlastnosti ponorených hornín metódami povrchového prieskumu.

Príspevok hodnotí hydrogeologické pomery len južnej časti kotliny, ktorá sa, aj keď voči strednej časti nevystupuje izolovane, vyznačuje prevahou samostatných hydrogeologických charakteristík. Pre mimoriadnu pestrosť a zložitosť hydrogeologických pomerov jednotlivých častí by hodnotenie celej kotliny v rozsahu nášho príspevku nebolo možné.

Pod južnou časťou kotliny rozumieme územie zhruba južne od spojnice Budiš — Rakša a do jej opisu zahrňame aj priľahlé svahy Veľkej Fatry, Žiaru a Kremnických vrchov.

* Ing. Pavol B u j a l k a, Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, n. p., Rajecká cesta, 010 51 Žilina.

Prehľadná geomorfologická a geologická charakteristika

Turčianska kotlina je v systéme vnútorných kotlín Západných Karpát najvýraznejšia. Pretože svojou časťou presahuje nadmorskú výšku 500 m (a pre celkovo osobitnú pozíciu), začleňuje sa medzi tzv. vysokopoložené kotliny (M. Lukniš — P. Plesník 1961). Dno kotliny výrazne upadá od J na S a má výškový rozdiel 200—250 m.

Najjužnejšie výbežky kotliny dosahujú nadmorskú výšku 600—700 m a v pomerne zarovnanom reliéfe relatívne výšky nepresahujú 100 m.

Na základe štúdia erózných systémov sa geomorfologický vývoj územia člení do niekoľkých fáz. Ako najstarší sa tu zachoval stredohorský systém, a to vrcholové rázsochy Veľkej Fatry vo výške okolo 1000 m n. m., a zarovnaný reliéf v okolí Kremnických Baní — Kunešova vo výške 800—900 m n. m. (E. Mazúr 1964).

Ekvivalentom tohto zarovnania sú v pohorí Žiar vrcholové plošiny vo výške okolo 800 m n. m. (J. Činčura 1969).

V rámci vlastnej kotliny je práve v jej južnej časti dobre vyvinutá ďalšia forma — poriečna roveň. Ide o zvyšky mierne uklonených erózných svahov (do 5—8°), čiastočne deštruovaných v priebehu pleistocénu činnosťou svahových tokov. V oblasti Rakša — Háj a najmä medzi Dolnou a Hornou Štubňou je tento sediment zachovaný pomerne dobre.

V južnej časti Turčianskej kotliny sa vyvinuli aj kvartérne eróžno-akumulačné formy. J. Činčura (1969) tu rozoznáva vysokú terasu (relatívna výška povrchu asi 27 m), I. strednú terasu (17—19 m), II. strednú terasu (7—10 m), nízku terasu (4 m) a poriečnu nivu. Menej výrazné sú ďalšie formy svahovej modelácie, najmä v periglaciálnych podmienkach.

Geologická stavba južnej časti Turčianskej kotliny a jej bezprostredného okolia je odrazom jej príslušnosti k základnému štruktúrnemu celku — k centrálnym Západným Karpatom. Zúčastňujú sa na nej horniny kryštalinika, mezozoika, miocénu, pliocénu a kvartéru. Sedimenty paleogénu sa v južnej časti kotliny doteraz nezistili.

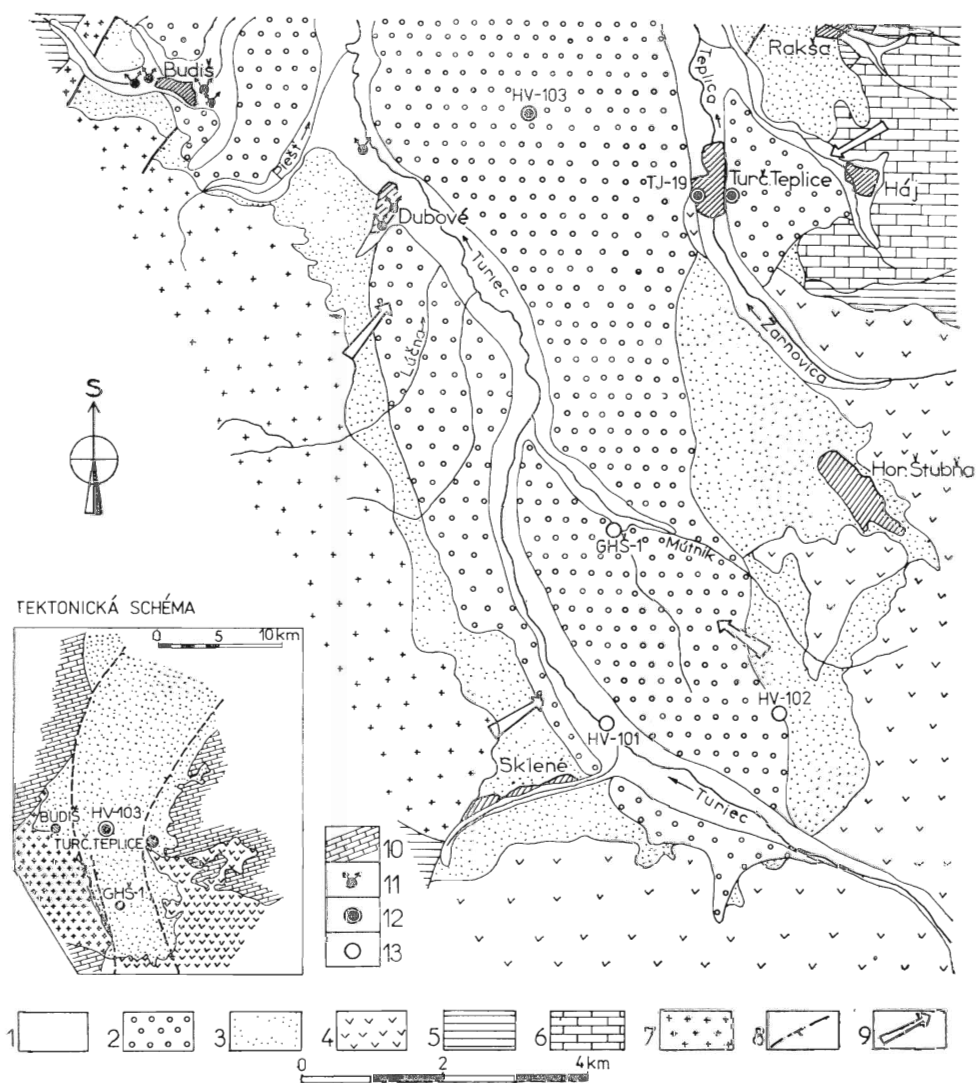
Najstaršie horniny vystupujú v masíve Žiaru iba v malom výbežku jeho juhovýchodnej časti. Sú to kryštalické bridlice — biotitické pararuly s prechodom do kvarcitických pararúl. Prevažnú časť masívu však budujú granitoidné horniny, ktoré sa viažu na herečynsky orogén. Prevláda porfyrický dvojšľudový granit až granodiorit a autometamorfný granit prašivského typu.

Horniny mezozoika lemujú pohorie Žiaru v jeho juhozápadnej a južnej časti. Ďalej vystupujú v príľahlej časti Veľkej Fatry.

V oblasti Žiaru prilieha k študovanému územiu v severnej časti obalová

Fig. 1. A schematic geologic map including hydrogeological data on the southern part of the Turčianska kotlina (depression). Compiled on the basis of the geomorphological map by J. Činčura (1969) and the tectonic scheme by J. Gašparík (1973).

1 — Quaternary of the river Turice flood plain and of its tributaries, 2 — higher terraces, 3 — Neogene filling of the depression, 4 — volcanites, 5 — Mesozoic less permeable sediments, 6 — Mesozoic — well permeable limestones and dolomites, 7 — crystalline rocks, 8 — main fault lines, 9 — directions of predominant flows of underground waters and their penetration from mountain ranges, 10 — the entire Mesozoic, 11 — issues of cold carbon dioxide waters, 12 — issues and boreholes with thermal water, 13 — more significant research and prospection boreholes.



Obr. 1. Schematická geologická mapa s hydrogeologickými údajmi južnej časti Turčianskej kotliny. Zostavená s použitím geomorfologickej mapy J. Činčuru (1969) a tektonickej schémy J. Gašparíka (1973).

1 — kvartér poriečnej nivy Turca a jeho prítokov, 2 — vyššie terasy, 3 — neogénna výplň kotliny, 4 — vulkanity, 5 — mezozoikum — málo zvodnené sedimenty, 6 — mezozoikum — dobre zvodnené vápence a dolomity, 7 — kryštalinikum, 8 — hlavné zlomové línie, 9 — smery prevládajúceho prúdenia podzemnej vody a jej prestupov v pohorí, 10 — mezozoikum vcelku, 11 — vývery studených kyseliek, 12 — vývery a vrty s termálnou vodou, 13 — významnejšie výskumné a prieskumné vrty.

žiarska séria s prevahou spodnotriasových kremencov, strednotriasových vápencov a dolomitov a faciálne pestrej jury.

V južnej časti Žiaru sa obalová raztočianska séria vyvinula len v úzkom pruhu, v ktorom tvoria súvislejšiu polohu vápence neokómu. Južnejšie sa stýka so stredno- až vrchnotriasovými vápencami a dolomitmi chočského príkrovu.

V priľahlej časti Veľkej Fatry vystupuje križňanský príkrov v doline Žarnovica s vývojom stredno- a vrchnotriasových vápencov a dolomitov, slieňovcov, bridlíc a škvrnitých vápencov jury. Najväčšiu rozlohu majú vápence a slieňovce neokómu. Menší výskyt neokómu je aj pri Rakši.

Rozsiahly komplex stredno- a vrchnotriasových dolomitov a vápencov chočského príkrovu, ktoré v prevažnej miere budujú juhozápadnú časť Veľkej Fatry, sa stýka s opisovaným územím v oblasti Hája, východne od Turčianskych Teplíc.

Okraj Kremnických vrchov na styku s kotlinou budujú prevažne pyroxenické andezity s akcesorickým amfibolom a biotitom a ich pyroklastiká, prevažne v tufovom vývoji. Ďalej, najmä v oblasti Krahúľ, nachádzame amfibolicko-biotitické andezity a ich pyroklastiká. Menšie výskyty ryolitov a ryodacitov, ktoré sú produktom kyslého vulkanizmu, sú severne a východne od Turčeka.

Skladba výplne kotliny a jej podložie nie sú v tejto časti doteraz úplne overené. Podľa výsledkov vrtu GHŠ-1, situovaného v južnej časti územia, je v podloží výplne mezozoické podložie v hĺbke 1380 m (J. Gašparík 1973). Sú to tmavosivé bridlice a vápence triasu.

Na východnom okraji sa v priestore Turčianskych Teplíc zastihli triasové dolomity v hĺbke 154 m (vrt TJ-19) v najzápadnejšej zo systému okrajových rýh v rámci zlomových poklesov do stredu kotliny (P. Tkáčik — M. Klačo 1967). Možno teda predpokladať, že podloží výplne južnej časti Turčianskej kotliny je mezozoikum.

Ako dokumentujú doterajšie vrtné práce, samotná výplň je neogénna. J. Gašparík (1973) ju bez výrazných paleontologických dokladov začlenil do sarmatu, vyššie členy do pliocénu.

Na jej báze je vo vrte GHŠ-1 v hĺbke 1377,40—1380 m vyvinutý piesčitý íl s valúnmi dolomitov a vápencov. Vo východnej časti sú na báze karbonátov pieskovce, nad nimi zlepenca a brekcie s vložkami ílovcov, tufitických ílovcov a dolomitického piesku. Ich mocnosť vo vrte TJ-19 je 77 m.

Ďalší prierez uloženia v jednotlivých častiach kotliny dokumentujú výsledky vrtných prác (lokalizácia podľa priloženého náčrtku):

Vrt GHŠ-1 (J. Gašparík 1973). Do 908,70 m je komplex klastických sedimentov s rytmickým opakovaním jemnozrnných, strednozrnných a hrubozrnných hornín. Tvoria ich ílovce, valúny kremeňa a žuly. V ílovitom súvrství sú polohy pieskovca s výskytom sladkovodnej makrofauny. Vo vyšších polohách popri žulovom materiáli, ktorý tvorí v pieskovcových polohách hlavnú zložku, sa pridávajú zvyšky vulkanitov v podobe andezitových valúnov, prípadne tufitického materiálu, čím sa vytvárajú tufitické pieskovce (od 550 m vyššie). Na báze celého komplexu sú polohy piesčitých zlepenčov s valúnmi hruboporfyrickej žuly (do 50 cm). V rozmedzí 908,70—1377,40 m sú andezitové brekcie s polohami piesčitých a aglomeratických tufov.

Vrt TJ-19. Do 58 m je tufitické súvrstvie s vložkami tufitického ílu. Do 14 m obsahujú valúny andezitov, do 30 m úlomky andezitov (do 5 cm). Od 58,0—76,80 m sú piesčité ílovce s vložkami tufitov. Od 73,80 m sa v ílovcach

objavujú úlomky dolomitov.

Vrt HV-103 (P. Bujalka et al. 1973). Do 19,0 m je íloovitá hlina v dolnej časti zahlinený hrubý andezitový štrk. Od 19,0—190,0 sú vápnité ílovce, s rastom podielu tufitov v spodnej časti. Od 190—251,0 m sú tufitické ílovce, od 251—254,60 andezitový drobný štrk, od 254,60—268,70 m tufitické ílovce, čiastočne piesčité a od 268,70—314,0 m sa striedajú andezitové brekcie s polohami tufitov a tufitických pieskovcov. V hĺbke 282,0 m je polymiktná brekcia s úlomkami vulkanitov, kremencov a dolomitov a v rozmedzí 314,0—320,0 m je piesčitý tufitický íl.

Vrt HV 102. Do hĺbky 120 m zastihol iba striedanie aglomerátov, andezítov, tufitov a tufov. V hĺbke 82—84,0 m je poloha tufitických ílovcov so zuhoľnatou flórou.

Vrt HV-101. Do hĺbky 8,0 m je fluviálny štrk, do 16,0 m tufity s valúnkami andezitov, potom do 47,0 m aglomeráty andezitov s polohami tufitov. V spodnejších častiach sú polohy s obsahom úlomkov hornín kryštalinika. Ďalej do 76,0 m je pelitické súvrstvie s polohami tufitov, do 89,0 m štrk a piesok z hornín kryštalinika a do 95,0 m sú tufitické ílovce.

Profily vrtov dokumentujú rôznorodosť skladby horninovej výplne južnej časti Turčianskej kotliny. Odráža sa v nej blízkosť okrajových znosových oblastí a vulkanických centier a nerovnomernosť poklesov sedimentačného prostredia. Kým bazálne brekcie, tvorené podstatnou mierou karbonátmi, majú v severovýchodnej časti väčšiu mocnosť, v južnej časti je báza málo výrazná.

Nadložné andezitové brekcie a aglomeratické tufy s vložkami pelitov vystupujú v juhovýchodnej časti územia až na povrch (oblasť Hornej Štubne), smerom na S a na Z sa ponárajú pod mladšiu výplň. Tá je v západnej časti pozdĺž Žiaru prevažne klastická, prevažujú v nej zrná a valúny kremeňa a žuly. Vyskytujú sa však aj polohy ílovcov mocné desiatky metrov. V severnej, strednej a východnej časti je výrazná prevaha pelitov s polohami vápnitých ílovcov v najvyššej časti.

V strede územia vo vrte HV-103 tvorí najmladšiu pokrývku súvrstvie, ktoré má na báze polohy zahlineného, čiastočne zvetraného andezitového štrku, nad ním je íloovitá hlina s piesčitými polohami hrdzavohnedej farby. Vo vrte GHS-1 sú na báze žulové balvany v polohe hnedožltého ílu, nad nimi je prachový sivý íl a v najvyššej časti íloovitá hlina žltohnedej farby.

Uvedený opis, s výnimkou menšej mocnosti (19,0 a 26,0 m), zodpovedá charakteristike diviackych vrstiev J. Březinu (1957). J. Činčura (1969) ich však začleňuje do tzv. vysokej terasy s maximálnou hrúbkou do 20—23 m a výškou bázy 3—4 m nad hladinou Turca. Báza pokryvných sedimentov vo vrte HV-103 tejto výške zodpovedá.

Zaujímavé je konštatovanie J. Činčuru (1969), podľa ktorého terasa v najjužnejšej časti kotliny splyva s poriečnou rovňou. Na základe toho predpokladá pokračovanie vývoja poriečnej rovne až do staršieho kvartéru (mindel ?). Toto osobitné postavenie opísaných vrstiev si zaslúži podrobnejšie štúdium, ktoré by spresnilo najmladší vývoj kotliny.

Ďalší vývoj kvartéru v južnej časti kotliny charakterizujú dve stredné terasy s relatívnou výškou povrchu 17—19 m, resp. 7—10 m. Z nich je výraznejší a plošne rozsiahlejší vyšší stupeň. Podrobnejšie ich zatiaľ vrty neoverili.

Fluviálne sedimenty poriečnej nivy sa pozdĺž tokov Turca, Žarnovice a Teplice vyznačujú rovnomerným a pravidelným vývojom, v rámci ktorého možno

v smere toku konštatovať postupné rozširovanie poriečnej nivy, zväčšovanie mocnosti sedimentov, lepšiu opracovanosť a vytriedenosť valúnov a znižovanie podielu hlinitej frakcie.

Poriečna niva Turca dosahuje v južnej časti pri Sklenom šírku do 500 m, hrúbka náplavov kolíše do 4,5 m, z čoho je asi 3,0–3,5 m zahlinený štrk s pieskom, často balvanitý, do veľkosti až 1,0 m. Materiál je z vulkanitov. Ide prevažne o andezity, často zvetrané a rozpadavé.

V smere toku sa v petrografii valúnov pomerne rýchlo presadzuje podiel kremeňa a granitov a pod Dubovým aj karbonátov. V priestore Dubového dosahujú valúny žuly a andezitov veľkosť 30–50 cm. Podiel piesku v štrku je malý, tvoria ho prevažne zrnká kremeňa. Hrúbka náplavov kolíše medzi 3,0–6,0 m s pokrývkou nivnej hliny do 1,0 m.

Niva Žarnovice — Teplice má pod vyústením do kotliny šírku okolo 200 m a postupne sa rozširuje až na 1000 m. Mocnosť náplavov v oblasti Dolnej Štubne je asi do 5,0 m, pod Diviakmi do 6,0 m. Na báze náplavov je v prevažnej časti hrubozrnný piesčitý štrk s valúnmi do 30 cm. V oblasti Dolnej Štubne je štrk ešte silno zahlinený, v smere toku však hlinitej prímеси ubúda. V štrku prevládajú valúny vápencov, dolomitov, v menšej miere aj pieskovcov. Vulkanity sú zastúpené v nepatrnom pomere najmä v hornej časti toku. Hrúbka štrku kolíše od 2,0 do 5,50 m. Jeho pokrývku tvoria sedimenty nivnej fácie, a to prevažne piesčitá humusovitá hlina s lokálnymi výskytmi rašeliny (mocnými 0,5–1,5 m).

Tektonické pomery južnej časti Turčianskej kotliny sa v starších prácach nehodnotili. Najnovšie J. Gašparík (1973) v rámci analýzy tektonického vývoja priľahlých kotlín stanovil pre južnú časť Turčianskej kotliny okrajové tektonické línie, ktoré obmedzujú južným smerom aj Žiarsku kotlinu.

Na západnom okraji je pozdĺž pohoria Žiar žiarska tektonická línia, na východe pozdĺž Veľkej Fatry je veľkofatranská tektonická línia. Pozdĺž žiarskej línie sa predpokladá výrazný pokles až 1500 m (J. Gašparík 1973). Poklesy pozdĺž Veľkej Fatry sú miernejšie (P. Tkáčik — M. Klagó 1967). Stavba výplne kotliny je teda asymetrická, s najväčšou mocnosťou sedimentov v západnej a južnej časti, bližšie k pohoriu Žiar. Potvrďuje to litologická skladba sedimentov, ako ju dokumentujú citované vrty, s výraznou prevahou klastických sedimentov v najmobilnejšej zóne. Geofyzikálne merania v priestore vrtu HV-103 uvádzajú v tejto strednej časti mezozoické podložie len v hĺbke asi 600 m (J. Majovský 1970).

Hydrogeologické pomery

Ako vychodí z litologického opisu, stredná časť hodnoteného územia buduje málopriepustný až nepriepustný komplex s výnimkou 3,60 m mocnej polohy drobného štrku v hĺbke 251 m (vrt HV-103). Preto sa problematika riešenia hydrogeologických pomerov sústreďuje do priaznivejších okrajových častí, ktoré bezprostredne nadväzujú na okrajové pohoria. Táto územná príslušnosť je totožná aj s obsahom hydrogeologických problémov, preto možno samostatne hodnotiť západnú časť územia so svahmi pohoria Žiar, juhovýchodnú časť územia s priľahlými Kremnickými vrchmi, severovýchodnú časť s priľahlými svahmi Veľkej Fatry. Osobitnú pozornosť treba venovať minerálnej vode tejto časti kotliny.

1. V prvej oblasti je určujúcim hydrogeologickým faktorom infiltrácia zrážkovej vody na svahoch Žiaru, ich prestup k eróznej báze, v ktorej sa prejavuje ako druhý faktor drenážny účinok povrchného toku a poriečnej nivy Turca v úseku Sklené — Dubové.

Granitoidné horniny Žiaru na okraji pohoria intenzívne do značnej hĺbky porušila zlomová tektonika. Bohatá sieť rozličných plôch diskontinuity zároveň umožníva intenzívne zvetrávanie hornín.

Preto je v priľahlej časti pohoria Žiar málo puklinových prameňov, čo je typické pre susedné masívy kryštalinika. Napríklad v kryštaliniku priľahlom ku kotline vo veľkolúčkej skupine Malej Fatry bolo zdokumentovaných 136 prameňov, v krížňanskej skupine 78, v pohorí Žiar iba 23. Príčinu vidíme v tom, že sa podzemná voda v intenzívne porušenom a zvetranom prostredí pohybuje ako v podmienkach všesmernej priepustnosti, a teda prevažná jej časť sa odvodňuje na úrovni miestnej eróznej bázy do potokov alebo prestupom do priepustných sedimentov kotliny. Aj jestvujúce pramene sú málo výdatné, v prevahe do 0,5 l/s. Vyššiu výdatnosť majú len 4 pramene.

Väčšia časť infiltrovanej vody na svahoch pohoria a sčasti aj v predhorí nastupuje plytký obeh v pokryvných sedimentoch kotliny, ale voda môže zostupovať aj hlbšie, do priepustných polôh neogénnej výplne. Túto možnosť zatiaľ overil vrt HV-101 pri Sklenom (P. Bujalka et al. 1973).

Z polohy štrku v hĺbke 76—89,0 m sa čerpalo 0,72 l/s vody pri znížení 6,0 m. Výtlak vody nad terénom bol 1,40 m. Môžeme očakávať, že aj v iných častiach tejto oblasti možno zachytiť hlbšie horizonty podzemnej vody. Litologické predpoklady na to overil aj vrt GHŠ-1.

Plytké polohy klastík charakteru žulových delúvií sú spravidla málo vytriedené. Obsahujú rozpadavé živce, ktoré značne znižujú ich priepustnosť. Avšak pri väčšej mocnosti súvrstvia (napríklad vo vrte BH-10 pri Budiši nebolo ani do hĺbky 42 m prevrtané) možno očakávať nezanedbateľnú výdatnosť (J. Malý 1964). Z vrtov BH-10 a BH-11 sa čerpalo 3,70 a 2,30 l/s vody.

Z uvedených svahových sedimentov sa podzemná voda prevažne odvádza do povrchovej vody a o dobrej dotácii svedčí pomerne hustá sieť drenážnych potokov. Ďalšia časť podzemnej vody prestupuje do Turca cez jeho náplavy.

Sedimenty poriečnej nivy Turca sú v danej oblasti pre malú mocnosť a slabú priepustnosť hydrogeologicky málo významné. Aj v priaznivých prípadoch je priepustnosť vyjadrená koeficientom filtrácie v ráde 10^{-5} m/s a výdatnosť vrtov v zlomkoch l/s. Hladina je plytko pod povrchom, odráža prevažne drenujúci účinok Turca a len pri občasných záplavách dotuje Turiec svoje najmladšie sedimenty.

Štrk vyšších terás nemá pre svoju veľmi malú priepustnosť, pozíciu nad eróznou bázou a prekrytie značnou mocnosťou ílovitej hliny, praktický hydrogeologický význam.

Chemizmus podzemnej vody tejto, ako aj ďalších oblastí zhodnotil Z. Potyš (in P. Bujalka et al. 1973).

Voda kryštalinika Žiaru má vcelku nízku mineralizáciu (0,05—0,010 g/l), sporadicky až 0,15 g/l. Sú to vody síranohydrouhličitanové, vápenaté, s vyšším obsahom sodíka a stredným obsahom H_4SiO_4 (do 0,05 g/l). Kolísavý obsah síranových iónov v priebehu roka vedie k úvahe o ich čiastočnom atmosferickom pôvode, pravdepodobne z exhalátov blízkej Handlovej.

Prestupom podzemnej vody do proluviálnych a terasových uloženín sa mení

aj jej zloženie. Stáva sa čisto hydrouhličitanovou vápenatou a má vyšší obsah sodíka.

Chemizmus podzemnej vody v náplavoch Turca odráža jednak dotačný účinok priľahlých území, ako aj skutočnosť, že v zložení sedimentov poriečnej nivy prevláda vulkanický materiál. Voda je preto vcelku slabô mineralizovaná (0,15–0,30 g/l), hydrouhličitanová vápenatá, s vyšším obsahom H_4SiO_4 (do 0,10 g/l).

2. Juhoovýchodnú časť územia s priľahlými Kremnickými vrchmi charakterizuje prevažne výskyt vulkanických hornín s podstatným podielom pyroklastík. Hydrogeologické vlastnosti týchto hornín sa overovali metódami povrchového a hlbinného prieskumu (P. Bujalka et al. 1973).

Celkový charakter vulkanických hornín študovanej oblasti je na infiltráciu a akumuláciu podzemnej vody nepriaznivý. V pyroklastickom komplexe sa často striedajú klastické a pelitické polohy, smerom do kotliny pribúda limnických sedimentov. Pokiaľ v takomto type hornín v povrchových zónach aj predpokladáme vytvorenie systému puklín, spravidla ho utesňujú produkty vetrania. Zachovanie eróznej úrovne stredohorského systému v severnej časti Kremnických vrchov a poriečnej rovne v kotline svedčia o dlhodobom procese zvetrávania. V jeho produktoch prevažuje íl zložený hlavne z montmorilonitu a ilitu. Preto môže byť puklinový obeh podzemnej vody v pyroklastikách severného okraja Kremnických vrchov účinný len v miestach, kde boli pukliny tektonicky zvýraznené, hlavne v pokračovaní žiarskej a veľkofatranskej línie.

Priaznivejšie podmienky možno očakávať v súvislejších polohách andezitov a ryolitov s otvoreným systémom puklín, a to v závislosti od ich pozície a možného tektonického porušenia. Preto môžu drénovať aj priľahlé pyroklastiká. Svedčí o tom rad výdatnejších prameňov, hlavne v oblasti Turčeka a Flochovej.

Časť svahových depresí a dolín je založená tektonicky, preto sa doliny stávajú drénom podzemnej vody zlomového systému. V takýchto prípadoch menia pramene svoju pozíciu podľa vodnosti obdobia. Častý je prípad hlbokého zasutia, ktoré zakrýva, príp. odsúva pôvodný puklinový výver.

Mapovacími prácami sa v hodnotenej oblasti (asi 95 km²) výskytu neovulkanitov zdokumentovalo 51 prameňov s výdatnosťou nad 0,05 l/s, z čoho bolo 24 $\geq$ 1,0 l/s. Najväčšie sú pramene v priestore Na troch kopcoch, pri kóte Kopec, nad obcou Turček, pod Suchou Horou, pod prameniskom Turčeka a západne od Kunešova, ktoré majú výdatnosť od 3,0–10,0 l/s. Tieto vývery sú pomerne stále, viazané na väčšie rozlohy andezitov, v jednom prípade ryolitov. V pyroklastikách sú pramene podstatne menej výdatné a viac rozkolísané.

Meranie povrchového odtoku potoka Sklené počas 3 rokov svedčí o malej priepustnosti a nízkej retenčnej schopnosti pyroklastík (rozkyv prietoku tu bol 11,0–1750 l/s). Minimálny špecifický podzemný odtok odvodený z týchto meraní dosahuje iba 0,8 l/s/km², čo je hodnota mimoriadne nízka.

Filtračné vlastnosti pyroklastík v kotline skúmal pri železničnej stanici Horná Stubňa vrt HV-102.

Z vrtu do hĺbky 116,0 m sa pri znížení 6,0 m čerpalo 3,7 l/s. V porovnaní s dĺžkou filtra vrtu (90,0 m) je táto výdatnosť síce nízka, ale napriek tomu sa vymyká z radu predchádzajúcich, prevažne negatívnych vrtov severnejšej časti. Predpokladáme, že uvedená výdatnosť súvisí so situovaním vrtu v zóne

veľkofatranskej tektonickej línie, a to v najjužnejšej časti kotliny, kde ešte prevládajú hrubšie pyroklastiká.

V severozápadnom pokračovaní kotliny v komplexe pyroklastík prevládajú postupne pelity a ich nepatrnú priepustnosť už overili staršie vrtné práce. Zároveň v ich nadloží mocnie súvrstvie vápnitého ílu, ktoré je prakticky nepriepustné. Preto v tejto časti územia nepredpokladáme výraznejšiu cirkuláciu podzemnej vody ani polohy, z ktorých by sa dala vo väčšom množstve efektívne využívať. Menšiu polohu klastík, ktorú zachytil vrt HV-103, zhodnotíme v súvislosti s minerálnou vodou.

Chemické zloženie podzemnej vody v horninovom prostredí neovulkanitov sa formuje hydrolytickým rozkladom silikátov, pri kyslých silikátoch aj uvoľňovaním SiO_2 . Z. Potyš (in P. Bujalka et al. 1973) však predpokladá, že sa tu rozpúšťajú aj amorfné formy SiO_2 vzniknuté hydrolytickým štiepením silikátov pri sedimentácii pyroklastík vo vodnom prostredí. Preto sa podzemná voda priľahlej časti vulkanitov vyznačuje vysokým obsahom monoméru H_4SiO_4 , ktorý tvorí priemerne 30–50 % ich celkovej mineralizácie. Mineralizácia je pomerne nízka, dosahuje maximálne 0,15 g/l.

Aj v priľahlých oblastiach kotliny, ako aj tam, kde mladšiu výplň tvoria resedimentované produkty vetrania vulkanitov, stretávame rovnaký typ podzemnej vody. Priamo v Kremnických vrchoch, južne od Turca, sú to hydrouhlíčitánové vody s vyšším obsahom síranov, hydrouhlíčitánové vápenaté s vyšším obsahom horčíka (západná časť) alebo hydrouhlíčitánové vody s vyšším obsahom alkálií (východná časť).

Severne od Turca a v priestore Hornej Štubne sú vody čisto hydrouhlíčitánové, vápenaté a s vyšším obsahom sodíka.

Vo vrte HV-102 sa kvalita vody sledovala postupne až do hĺbky 99,5 m. Zistilo sa, že so stúpajúcou hĺbkou klesá obsah iónu Na^+ a zvyšuje sa obsah iónu Mg^{2+} , pričom sa aniónový typ ani mineralizácia vody výrazne nemenia.

3. Severovýchodná časť územia s priľahlými svahmi Veľkej Fatry predstavuje hydrogeologicky významnú oblasť hlavne pre výskyt mezozoických karbonátových hornín v okrajovom pohorí.

Rozsiahle a mocné polohy dolomitov a vápencov v pohorí vytvárajú mimoriadne priaznivé podmienky pre obeh a akumulácie podzemnej vody. Pretože sú úložné a tektonické pomery priaznivé, smeruje veľká časť k okraju kotliny, kde vystupuje na povrch alebo dotuje klastické sedimenty neogénnej a kvarternej výplne.

Podľa výsledkov prác E. Kulmana (1973) možno z komplexu karbonátov v priestore Necpaly — Čremošné — Kráľova studňa (okrem synklinály harmackého tunela) očakávať prestup podzemnej vody do Turčianskej kotliny v množstve 300–350 l/s. Podstatná časť tohto množstva neprestupuje hlboko do kotliny, ale vystupuje v okrajovej zóne v niekoľkých výverových lokalitách pri Blatnici, Mošovciach a Hájí.

Základnou podmienkou výstupu podzemnej vody je okrajová zlomová tektonika, ktorá dáva do styku mezozoický komplex s menej priepustnou bazálnou časťou martinských vrstiev a vyššieho vápnitého ílu. Toto súvrstvie môže mať z hľadiska prúdenia väčšieho množstva podzemnej vody účinnú priepustnosť iba na veľkých prietochných plochách. V prípade prítoku z mezozoika však ide o užšie, spravidla tektonicky predisponované prítokové zóny, preto voda v prevažnej časti vystupuje na kontakte na povrch.

V hodnotenom území je výverová lokalita Háj. Podzemná voda nevystupuje sústredene, ale v rozptýlených výveroch na ploche niekoľkých hektárov pod obcou, z ktorých sa sústreďuje do zberného kanála Somolan. Trojročné režimné sledovanie odtoku ukázalo, že na lokalite vystupuje v priemere 88,0 l/s podzemnej vody, ktorú možno využívať na zásobovanie.

Hydrogeologické vlastnosti neogénnych sedimentov ďalej od okraja kotliny sa doteraz hlbšie neoverili. Plytšie vrty dokumentujú prevahu vápniteho a tufitického ílu nad polohami karbonatického štrku. Priepustnosť polôh klastického materiálu je v dôsledku slabého vystriedania sedimentov a pelitickej prímesi stredná až nízka. Sú zvodnené s negatívnou výtláčnou výškou hladiny podzemnej vody. Podľa geologickej stavby predpokladáme, že ani v hlbších polohách nemožno očakávať podstatnú zmenu hydrogeologických pomerov. Nemožno však vylúčiť výskyt minerálnej vody.

Kvartérne sedimenty východného okraja kotliny, staršie ako výplň poriečnej nivy Žarnovice — Teplice, sa doteraz hydrogeologicky bližšie neoverili. Väčšina z nich sa pre vysunutú pozíciu a malú rozlohu prejavuje ako málo priaznivá. Čiastočný význam možno pripísať strednej terase medzi Turčianskymi Teplicami a Hájom, a to pre väčšiu plošnú rozlohu a možnosť dotácie nielen zo zrážok, ale aj z podložných zlepcov pri okraji kotliny.

Sedimenty poriečnej nivy Žarnovice — Teplice v hornej časti toku, po vstupe do kotliny, nie sú pre intenzívnejší obeh podzemnej vody priaznivé. Zvodnený hlinitý štrk je málo vytriedený, prevažujú v ňom valúny rozpadavých vulkanitov. Ich filtračné parametre pre nepatrný prítok vody do prieskumných vrtov neboli overené (pri Dolnej Štubni).

V Turčianskych Tepliciach sa priepustnosť náplavov čiastočne zlepšuje, v optimálnom prípade koeficient filtrácie dosiahol $5,5 \cdot 10^{-4}$ m/s. Niektoré polohy sú však prakticky bezvodné.

Od Turčianskych Teplic dolu po toku sa overila výrazná zmena vo filtračných vlastnostiach zvodného štrku. Spôsobuje ju najmä úbytok valúnov vulkanitov a prevaha dobre opracovaného a vytriedeného karbonátového materiálu. Pri mocnosti zvodneného štrku okolo 5,00 m môže výdatnosť jednotlivých vrtov dosiahnuť výdatnosť až 12,0 l/s. Koeficient filtrácie priemerne dosahuje $1,5 \cdot 10^{-3}$ m/s.

V tejto nižšej časti náplavy Žarnovice — Teplice prevažne dotujú povrchový tok. Napájajú sa prevažne prestupom podzemnej vody z vyšších terás a z podložného neogénu. Svojimi prírodnými hydrogeologickými podmienkami, najmä pod Diviakmi, predstavujú územie veľmi nádejné na sústredený odber podzemnej vody.

Podzemná voda hodnotenej oblasti podľa svojho chemického zloženia patrí k čisto hydrouhličitanovému, vápenatému typu so zvýšeným obsahom horčíka, ktorý je v Turčianskej kotline najrozšírenejší. Rozdiely sú iba v stupni celkovej mineralizácie, ktorá sa pohybuje nad 0,30 g/l. V jej priestorovom členení sa prejavuje dosť pravidelné zvyšovanie mineralizácie od okrajového pohoria (0,30—0,45 g/l) k ústrednej drenáži oblasti — toku Žarnovice — Teplice. Keďže podzemná voda, ktorá prestupuje až do náplavov potoka, je v najdlhšom kontakte s horninovým prostredím, dosahuje jej mineralizácia až 0,7 g/l.

Výnimku z uvedeného jednotného typu vody oblasti tvorí malé územie juhovýchodne od Turčianskych Teplic, kde bol zistený zvýšený obsah síranov. Ide tu pravdepodobne o lokálne a dočasné ovplyvnenie agrochemikáliami.

Minerálne vody

Územie Turčianskej kotliny je pomerne bohaté na minerálnu vodu rozličného typu. Odráža sa v nej rozmanitosť genézy v zložitých litologických a tektonických podmienkach.

Aj v južnej časti kotliny je niekoľko lokalít s vývermi minerálnej vody. Možno ich zaradiť do dvoch základných skupín: Turčianske Teplice a oblasť Budiš — Dubové. Okrem nich nedávno zachytil minerálnu vodu aj vrt HV-103. Táto voda má osobitné postavenie nielen podľa lokalizácie, ale aj podľa genézy. Preto ju opíšeme podrobnejšie. Ostatné lokality detailnejšie spracoval J. Malý (1964), P. Tkáčik (1965) a P. Tkáčik — M. Kľago (1967), preto preberáme len údaje rámcovo dopĺňajúce hydrogeologické hodnotenie.

Obidve hlavné oblasti výverov minerálnej vody sa viažu na základné zlomové systémy kotliny — veľkofatranskú tektonickú líniu a žiarsku tektonickú líniu.

Termálne vody v Turčianskych Tepliciach vystupujúce na veľkofatranskej línii dosahujú teplotu až 46,0 °C (v nových zdrojoch), sú síranovo-hydrouhličitanové, vápenato-horečnaté alebo hydrouhličitanovo-síranové, vápenato-horečnaté. Ich využiteľná výdatnosť sa odhaduje až na 25,0 l/s (P. Tkáčik — M. Kľago 1967).

Novšie práce potvrdzujú názor M. Maheľa (1952), podľa ktorého je pôvod týchto vôd v mezozoiku Veľkej Fatry, pravdepodobne v triasových karbonátoch križňanskej jednotky. Okrajová veľkofatranská zlomová línia vytvára bariéru vode zostupujúcej do hĺbky okolo 1200 m a zároveň podmieňuje jej výstup na povrch. Chemické zloženie minerálnej vody zodpovedá tejto schéme.

V oblasti Budiš — Dubové je niekoľko prírodných výverov minerálnej vody v doline Turca a Jasenice. Nedávno vrty zachytili nové zdroje (J. Malý 1964). Ide o studenú uhličitú vodu hydrouhličitanovo-síranového, sodnovápenatého alebo hydrouhličitanového sodno-vápenatého typu. Teplota dosahuje maximálne 13 °C, mineralizácia 1,60—3,25 g/l, voľný CO₂ 1,5—2,40 g/l.

Tieto vody sa viažu na žiarsku tektonickú líniu a severné obmedzenie Žiaru.

Rozdiely v teplote vody jednotlivých prameňov (8—13 °C — teda až 6 °C nad priemernú ročnú teplotu územia) svedčia o tom, že sa minerálna voda môže čiastočne tvoriť aj vo väčšej hĺbke. Keďže vrchná časť vrstvomého komplexu je v tejto zóne prevažne klastická (analogicky s vrtom GHŠ-1), vody sa pri výstupe na povrch miešajú, a to až s vodami plytkého obehu. Podľa podielu vody z jednotlivých polôh rozličného petrografického zloženia (žulové prolúviá, kremenný piesok, tufitický pieskovec až andezitový zlepenec, tufitický piesčitý íl, vápnitý íl) tektonicky zaklesnutých do rozličnej hĺbky sa mení aj výsledný chemizmus a teplota minerálnej vody.

Vo vrte GHŠ-1 sa overil výskyt minerálnej vody v triasových dolomitoch a dolomitických vápencoch intervalu 1377—1546 m. Výdatnosť bola 0,41 l/s, teplota 63,8 °C, obsah voľného CO₂ 0,61—0,96 g/l, celková mineralizácia 2,533—2,936 g/l. Voda je hydrouhličitanová, sodno-vápenatá, termálna.

Vrt HV-103 zachytil minerálnu vodu v polohe klastík v hĺbke 251,0—254,60 m. Po navrtaní vystúpila 7,5 m nad terén, výdatnosť na prelive vo výške 0,60 m nad terénom bola spočiatku 0,45 l/s a ustálila sa na 0,2 l/s. Teplota vody je 25,0—26,0 °C, mineralizácia 1,8 g/l, obsah voľného CO₂ sa pohybuje okolo 0,75 g/l. Voda je hydrouhličitanového sodno-vápenatého typu.

Teplota vody svedčí o tom, že uvedená poloha je iba druhotnou akumuláciou vody hlbšieho obehu. Z. Potyš (in P. Bujalka et al. 1973) na základe porovnania typov vody konštatuje, že minerálna voda z vrtu HV-103 nesúvisí s termami Turčianskych Teplíc. Súhlasne s uzávermi vyplývajúcimi z hodnotenia teploty vody predpokladá, že sa mineralizuje v podmienkach hlbšieho obehu vo vulkanických horninách. Pri zvýšenej teplote a tlaku nastáva charakteristická zmena v pomere zastúpenia iónov Ca^{2+} a Na^+ smerom k postupnej prevahe iónov Na^+ v kontaktných vodách. Ión Ca^{2+} uvoľňovaný z roztoku sa zachytáva v mriežkach vznikajúcich sekundárnych minerálov. Tento predpoklad overilo aj mikroskopické hodnotenie hornín. V polohe tufitov vo vzorke z hĺbky 313,0 m sa zistili novotvary karbonatických minerálov romboédrového obmedzenia (M. Frnčo in P. Bujalka 1973).

Minerálna voda pravdepodobne vystupuje po zlomoch žiarskej tektonickej línie. Možno ju teda zaradiť k systému Dubové — Budiš. Vzhľadom na celkovú geologickú stavbu južnej časti kotliny sa dá očakávať, že mocnosť klastík, v ktorých sa voda akumuluje, sa zväčšuje západným smerom, kým smerom na východ rýchlo vyklinuje.

Vychádzajúc z doteraz získaných poznatkov o geologických a hydrogeologických pomeroch južnej časti Turčianskej kotliny, predpokladáme v hlbších polohách bohatý výskyt minerálnej, najmä termálnej vody. Na túto možnosť poukázal už O. Franko (1972). Jej pozíciu bude treba overiť najmä preto, aby sa definitívne doriešila ochrana žriedlovej bázy Turčianskych Teplíc. Podľa toho by bolo možno rozšíriť ich balneoterapeutické využitie aj o rekreačné účely.

Doručené 3. 3. 1975

Odporučil A. Porubský

LITERATÚRA

- Březina, J. 1957: Zpráva o petrografii neogénnych sedimentů Turčianské kotliny. Zpr. geol. výzk. v roce 1956 (Ústř. úst. geol.).
- Bujalka, P. 1973: Turčianska kotlina, záverečná správa vyhladávacieho hydrogeologického prieskumu. Manuskript — archív IGHP, Žilina, 222 s.
- Činčura, J. 1969: Morfogenéza južnej časti Turčianskej kotliny a severnej časti Kremnických vrchov. Náuka o Zemi, Geogr., 2, 72 s.
- Franko, O. 1972: Možnosti využitia zemského tepla v Slovenskej socialistickej republike prostredníctvom získania nových zdrojov hypertermálnych vôd. Mineralia slov., 15, s. 205.
- Gašparík, J. 1973: Príspevok k tektonike a litologickej výplni kotlín stredného Slovenska. Geol. práce, Spr. 60 (Bratislava), s. 259—266.
- Kullman, E. 1973: Základný hydrogeologický výskum záp. svahov V. Fatry a JV svahov M. Fatry. [Záverečná správa.] Manuskript — archív GÚDŠ, Bratislava, 153 s.
- Lukniš, M. — Plesník, P. 1961: Nížiny, kotliny a pohoria Slovenska. 1. vyd. Bratislava, Osveta. 135 s.
- Mahel, M. 1952: Minerálne pramene Slovenska so zreteľom na geologickú stavbu. Geol. práce, Zoš. 27 (Bratislava).
- Majovský, J. 1970: Správa o geoelektrickom prieskume v Turčianskej kotline. Manuskript — archív IGHP, Žilina, 15 s.
- Malý, J. 194: Hydrogeologický prieskum pitnej a úžitkovej vody pre plniaren v Budiši. [Záverečná správa.] Manuskript — archív IGHP, Žilina, 4 s.

- Mazúr, E. 1964: K zásadám geomorfologickej rajonizácie Západných Karpát Geogr. čas. Slov. akad. vied, 16, 3.
- Tkáčik, P. — Kľago, M. 1967: Vyhodnotenie hydrogeologického prieskumu termálneho žriedla v Turčianskych Tepliciach. Manuskript — archív IGHP, Žilina, 84 s.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS IN THE SOUTHERN PART OF THE TURČIANSKA KOTLINA (DEPRESSION)

PAVOL BUJALKA

Turčianska kotlina (depression) is most conspicuous among the intramontane depressions of the Central West Carpathians. The structure of its southern part is asymmetric. On the west, the depression is confined by the Žiar tectonic line, on the east — by the Veľká Fatra tectonic line. They extend far southward to form the western and eastern confinements of the Žiarska kotlina (depression) (J. Gašparík 1973). The depression filling is Neogene, with its maximum thickness 1500 m along the river Turiec. Owing to uneven subsidence of the individual parts of the depression, lithological composition is varied and different in the respective zones.

In the markedly subsiding western part, clastic sediments predominate in the upper part. In the borehole GHŠ-1, clastic sediments were encountered as deep as to 908,70 m. They are underlain by a complex of andesite conglomerates, breccias and tuffs down to a depth of 1377,40 m. Below is an unextensive layer of sandy clays with pebbles of limestones and dolomites.

At a depth of 1380 m, the basement of the filling is the Mesozoic (J. Gašparík 1973).

Northeastwards, the amount of clastic sediments rapidly decreases, and in the approximate centre of the area, in the lower part of the complex are already pyroclastics, above them — tuffitic clays, and in the top part — calcareous clays.

Quaternary sediments are mostly represented by alluvia of the rivers Turiec and Zarnovica — Teplica.

Hydrogeological evaluation of the region resulted in distinguishing three areas including — owing to their relationship — also the adjacent parts of the marginal mountain ranges:

1. the western part of the Žiar mountains,
2. the southeastern part including the adjacent part of the Kremnické vrchy mountains,
3. the northeastern area including the adjacent part of the Veľká Fatra mountains.

The central part of the region proved unfavourable as regards occurrences of common underground water.

1. The decisive factor in the western part are underground waters of extremely disturbed and weathered granite massif of Žiar and their penetration through proluvia into the sediments of the Turiec river flood plain, or submerging deeper in the Neogene clastics.

2. In the southeastern area the predominant complex of pyroclastics is less permeable, the springs examined have the yield up to 0,5 l/s. The minimum

specific underground discharge is only up to 0,8 l/s/km². More favourable are conditions in more continuous layers of andesites and rhyolites, where springs with a yield to 3,0–10,0 l/s occur.

3. The northeastern area is mostly affected by the contact of the depression with an extensive dolomite and limestone complex of the Veľká Fatra mountains. On this contact, considerable amounts of underground waters issue, penetrating from the Mesozoic. In the area of Háj is a spring with an exploitable yield of 88,0 l/s of water. In the Neogene beds only smaller amounts of water may be expected in the layers of carbonatic clastics, in deeper parts also mineral waters may be presumed.

Among the alluvia, the sediments of Turiec are less thick, less permeable from their entry in the depression to Dubové, as well as alluvia of the rivers Žarnovica — Teplica. Below Turčianske Teplice the yield of boreholes in alluvia is up to 12 l/s.

Important is the place of mineral waters in the evaluation of hydrogeological conditions of the southern part of the Turčianska kotlina (depression). They are comparatively rich there. They may be ranged in two basal spring systems: thermal waters of Turčianske Teplice restricted to the Veľká Fatra fault line and cold carbon dioxide waters of the area Dubové — Budiš restricted to the Žiar tectonic line. Genetically, they may include mineral waters in the borehole HV-103.

It may be expected that new resources of mineral, and mostly thermal waters may be encountered by deeper boreholes situated in the region under study.

Preložila E. Jassingerová

RECENZIA

E. Raguin: Pétrographie des roches plutoniques dans leur cadre géologique. Masson et Cie, Paris, 239 p., 1970

Autorem recenzované knihy je známý profesor pařížské École nationale supérieure des mines a jeden z mála žijících klasiků „plutonické“ geologie a petrografie. Dlouholeté výzkumné práce ve Francii a jejich bývalých koloniích i v jiných zemích Evropy (pobýval několikrát i v ČSSR), Afriky a obou Amerik, byly mu zdrojem rozsáhlých zkušeností, které shrnul již před několika lety v proslulém díle „Géologie du granite“, a které nyní předkládá v rozšířené formě ve své Petrografii plutonických hornin.

Jak je zřejmo z názvu i obsahu knihy, jsou jejím tématem především geologická pozice plutonitů, morfologie jejich těles a jejich vztahy k okolím geologickým sériím a jejich geologickému vývoji. V této souvislosti autor obrazně zdůrazňuje (p. 220), že plutonické horniny jsou situovány na křižovatce nejrůznějších geologických jevů. Velký důraz je kladen

také na genetickou interpretaci plutonitů, kdežto údaje chemického a petrologického rázu i širší aplikaci výsledků experimentálního petrologického studia systémů analogických svým složením plutonitům, bychom v knize marně hledali.

Při rozčlenění své knihy do osmi základních kapitol vyšel autor z rozdělení plutonických hornin do osmi skupin podle jejich petrografického charakteru. V každé kapitole postupuje podle předem určeného schématu, a to od celkové mineralogické charakteristiky dané skupiny hornin a definic termínů (zvláště užitečné pro některé vzácnější odrůdy plutonitů) přes popis petrografických struktur a megastruktur až k precizování geologické pozice a vývoje vybraných těles plutonitů. Přehlednosti prospívá to, že v rámci každé skupiny jsou probírány zvláště horniny sdružené s plutonity jiných skupin (podskupina S), horniny sdružené s migmatity (M), horniny tvořící autonomní tělesa (A) a hor-

Pokračovanie na str. 65

PODZEMNÁ VODA KVARTÉRU BODVIANSKEJ ROVINY

(4 obr. a 1 tab. v texte)

PAVEL TKÁČIK* — LUDOVÍT CIBULKA** — FRANTIŠEK MIČÁK**

Les eaux souterraines du Quaternaire de la plaine de Bodva (Slovaquie de l'Est)

La plaine de Bodva présente un bassin peu profond d'eaux souterraines lesquelles s'accumulent dans les graviers alluvionnaires. L'article éclaireit les conditions hydrogéologiques des sédiments quaternaires, évalue les réserves en eau, étudie les problèmes de leur protection et le caractère hydrogéochimique.

Bodvianska rovina je významným územím z hľadiska zásobovania Košíc pitnou vodou. V súčasnosti sa z tohto územia a jeho okrajových krasových oblastí trvale exploatuje 520 l/s podzemnej vody, čo sú asi $\frac{3}{4}$ súčasných potrieb pitnej vody na zásobovanie mesta (Š. L o m n i c k ý 1974).

Systematický hydrogeologický prieskum kvartérnych sedimentov Bodvianskej roviny sa započal r. 1963. Prvé hydrogeologické prieskumné práce mali ráz vyhľadávacieho prieskumu. Boli zamerané na získanie základných poznatkov o rozšírení zvodnených sedimentov, ich hydraulických parametroch, o režime, spôsobe dopĺňania a o kvalite podzemnej vody (P. T k á č i k — Ľ. C i b u l k a 1964). Na základe získaných poznatkov sa potom pristúpilo k predbežnému hydrogeologickému prieskumu. V rámci neho sa územie Bodvianskej roviny rozdelilo na dve samostatné hydrogeologické štruktúry a ocenilo sa využiteľné množstvo podzemnej vody kvartérnych sedimentov v kategórii C₁ (F. M i č á k — P. B u j a l k a 1969). Ďalšie hydrogeologické prieskumné práce boli zamerané na hydrogeologicky najpriaznivejšie lokality. Na lokalitách Péder a Turnianska Nová Ves sa dlhodobými čerpacími skúškami sledovala kvalita podzemnej vody a dopĺňanie jej prírodných zdrojov (Ľ. C i b u l k a 1968a). Potom sa overilo rozšírenie hydrogeologicky priaznivých pomerov smerom na V (Ľ. C i b u l k a 1968b), kde sa v ďalšom vykonal podrobný hydrogeologický prieskum s ocenením využiteľného množstva v kategórii B (J. M e d v e d' — V. B a n s k ý 1973). Podrobný hydrogeologický prieskum na lokalite Hostovec riešil otázky pôvodu podzemnej vody a dopĺňania prírodných zdrojov, otázky využiteľného množstva podzemnej vody a jej obohacovania umelou infiltráciou, otázky kvality podzemnej vody a jej ochrany (F. M i č á k — S. G a z d a 1974).

* RNDr. Pavel Tkáčik, Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, n. p., 010 51 Žilina.

** RNDr. Ludovít Cibulka, Ing. František Mičák, Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, n. p., 040 01 Košice.

Podľa výsledkov predbežného hydrogeologického prieskumu Bodvianskej roviny sa výpočtami zdokumentovalo 580 l/s využiteľného množstva podzemnej vody, ktorá bola zatriedená do kategórie C₁. Podrobný hydrogeologický prieskum (prevádzkové a poloprevádzkové čerpacie skúšky a 5-ročné režimné pozorovania) zdokumentoval 195 l/s využiteľného množstva podzemnej vody a zatriedil ju do kategórie B. V súčasnosti sa z týchto zásob trvale odoberá na zásobovanie Košíc len 33 l/s (z lokalít Turnianska Nová Ves a Hostovce 1). S exploatáciou ostatnej zásoby z kategórie B sa má započať v roku 1975, a to z lokalít Hostovce 2 a 3 (140 l/s) a Péder (22 l/s).

Na ochranu tohto veľmi nádejného vodárenského územia pred prípadným únikom ropy z potrubia ropovodu Družba bol vypracovaný návrh opatrení na sledovanie kvalitatívneho režimu podzemnej a povrchovej vody (F. Mičák — M. Mlynarčík 1974).

Všeobecná charakteristika územia

Bodvianska rovina v zmysle orografického členenia východného Slovenska (J. Karniš — J. Kvitkovič 1970) tvorí juhozápadnú časť Košickej kotliny. Ide o mladú priekopovú prepadlinu, ktorá poklesáva i v súčasnosti, vyplnenú terciérnymi a kvartérnymi sedimentmi. Morfológicky je to územie s plochým rovinným reliéfom, na okrajoch s nevýraznými, plošne však dosť rozsiahlymi náplavovými kužeľmi tokov pritekajúcich najmä zo Slovenského rudohoria a Slovenského krasu (Ida, Čecanka, Bodva, Drienovský a Hájsky potok, Blatnica, Turňa a Stará Bodva).

Bodvianska rovina nie je z východnej strany morfológicky ohraničená a pozvoľna prechádza do vyšších terás Hornádu. Za hranicu možno pokladať rozvodnicu medzi Bodvou a Hornádom. Južné ohraničenie roviny tvorí Bodvianska pahorkatina, severné ohraničenie Slovenské rudohorie a morfológicky vý-

Obr. 1. Schématické hydrogeologická mapa Bodvianskej roviny. Zostavil F. Mičák a M. Mlynarčík 1974 (podľa hydrogeologických podkladov P. Tkáčika a L. Cibulku a geologickej mapy 1 : 50 000, list Moldava nad Bodvou a Turňa nad Bodvou).

1 — mladšie paleozoikum, 2 — spodný trias, 3 — stredný trias, 4 — stredný trias rudabánskeho vývinu, 5 — krieda, 6 — pliocén, 7 — kvartér (proluviálne štrkové sedimenty), 8 — kvartér (aluviálne štrkové sedimenty), 9 — hydrogeologické vrty — prieskumné studne, 10 — hydrogeologické vrty — prieskumné studne, na ktorých sa uskutočnila dlhodobá spoločná čerpacia skúška (tiež odborné objekty), 11 — fiktívne odberné studní, 12 — pramene zachytené a exploatované, 13 — línie hydrogeologických rezov, 14 — priebeh hydroizohýps (október 1968) a smery prúdenia podzemnej vody.

Fig. 1. Schematic hydrogeological map of the Bodva plain. Compiled by F. Mičák and M. Mlynarčík 1974 (according to hydrogeological data by P. Tkáčik and L. Cibulka, and on the basis of the geological map 1 : 50 000, sheets Moldava on Bodva r. and Turňa on Bodva r.).

1 — Late Paleozoic, 2 — Lower Triassic, 3 — Middle Triassic, 4 — Middle Triassic of the Rudabanya facies, 5 — Cretaceous, 6 — Pliocene, 7 — Quaternary (proluvial gravel sediments), 8 — Quaternary (alluvial gravel sediments), 9 — hydrogeological boreholes — prospecting wells, 10 — hydrogeological boreholes — prospecting wells on which a long-lasting pumping test was carried out (sampling device), 11 — fictitious rows of sampling wells, 12 — caught and exploited springs, 13 — lines of hydrogeological sections, 14 — course of hydroisohypses (October 1968) and flow directions of underground water.

razné svahy planín Slovenského krasu. Na západe zasahuje Bodvianska rovina do Slovenského krasu širokou a morfológicky výrazne obmedzenou dolinou Turne.

Hydrograficky patrí Bodvianska rovina do povodia Bodvy, ktorá vteká do roviny zo S pri Moldave nad Bodvou, stáča sa na JZ a opúšťa naše územie na štátnych hraniciach s Maďarskom pri Hostovciach. Najväčším ľavostranným prítokom Bodvy je Ida, ktorá so svojimi prítokmi odvodňuje celú východnú časť roviny. Pravostranným prítokom je Drienovský potok a Turňa s prítokmi Blatnica a Hájsky potok.

Najnižšie časti územia boli pôvodne rozsiahlymi zamokrenými lúkami, močiarmi a rašeliniskami. Vodohospodárske úpravy po roku 1960 pôvodnú hydrografickú sieť značne zmenili a zamokrené časti územia sa vysušili. Najväčšie zásahy boli v západnej časti roviny, kde sa rieka Bodva a Turňa premiestnili do nových korýt. Vo východnej časti roviny sa prehĺbili a vyrovnali toky a vyhlúbili drenážne kanály.

Klimaticky patrí Bodvianska rovina do oblasti teplej, do okrsku teplého, mierne vlhkého, s chladnou zimou (Atlas podnebia ČSR 1958). Priemerná ročná teplota sa pohybuje v rozmedzí 8–9 °C, priemerný ročný úhrn zrážok je 600–650 mm.

Geologická stavba územia

Pri formovaní geologickej stavby územia Bodvianskej roviny sa významne uplatnila mladá germanotypná tektonika. Priekopová prepadlina klesala najmä po pozdĺžnych zlomoch smeru V–Z; na čiare Perín – Žarnov s úklonom na S a na čiare Veľká Ida – Moldava nad Bodvou – Turňa nad Bodvou s úklonom na J. Podľa týchto zlomov je územie ohraničené aj morfológicky (obr. 1). Pričné zlomy majú zväčša smer S–J, na čiare Čečejevce – Buzica a v južnom predĺžení údolia Bodvy s úklonom na V, východne od Veľkej Idy a Perína s úklonom na Z. V západnej časti územia v oblasti Turnianskej Novej Vsi a Hostoviec údolie Bodvy obojstranne ohraničujú tektonické línie smeru SV–JZ s úklonom na SZ a JV. Niektoré anomálie v úrovni podložia pliocénu môžu tiež signalizovať priebeh menej významných tektonických porúch.

Na geologickej stavbe Bodvianskej roviny a okrajových orografických celkov – Slovenského krasu a Bodvianskej a Rudohorskej pahorkatiny, sa zúčastňujú horniny paleozoika až kvartéru (obr. 1 a 2).

Paleozoikum vystupuje na povrch v západnej časti územia v predpolí kra-
sovej planiny Horný vrch západne od Turne nad Bodvou. Sú to karbónske

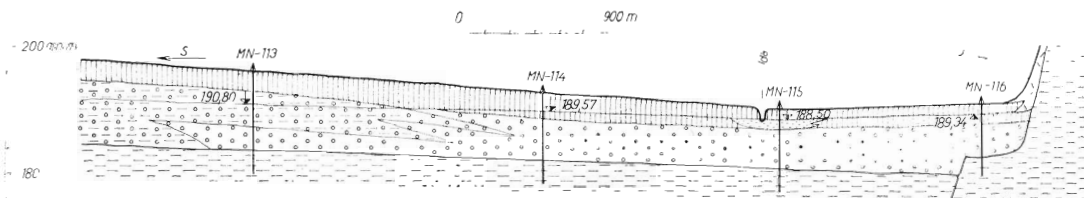
Obr. 2. Schematické hydrogeologické rezy. Zostavil F. Mičák 1974 (podľa hydrogeologických podkladov P. Tkáčika a L. Cibulku).

1 – stredný trias, 2 – stredný trias rudabánskeho vývinu, 3 – pliocén, 4 – kvartér, 4a – aluviálne štrkové sedimenty, 4b – proluviálne štrkové sedimenty, 4c – piesky, 4d – náplavové hliny, 4e – svahové hliny, 4f – sute, 5 – hladina podzemnej vody (október 1963).

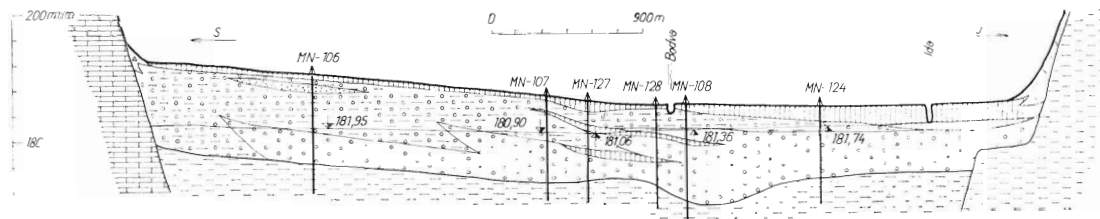
Fig. 2. Schematic hydrogeological sections. Compiled by F. Mičák 1974 (according to hydrogeological data by P. Tkáčik and L. Cibulka).

1 – Middle Triassic, 2 – Middle Triassic of the Rudabanya facies, 3 – Pliocene, 4 – Quaternary, 4a – alluvial gravel sediments, 4b – proluvial gravel sediments, 4c – sands, 4d – alluvial loams, 4e – slope loams, 4f – debris, 5 – underground water table (October 1963).

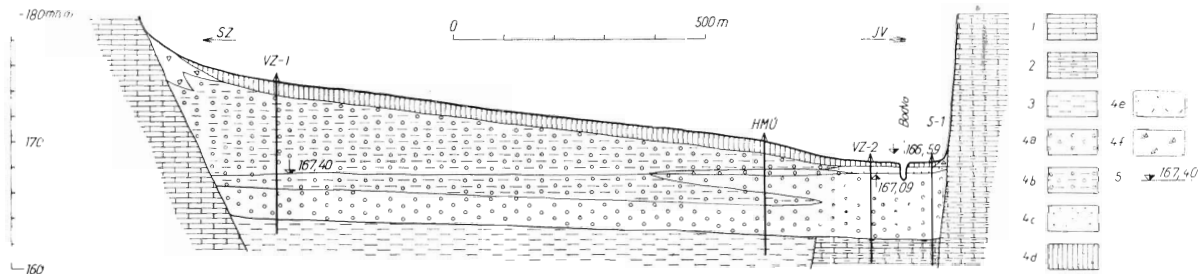
REZ A-A'



REZ B-B'



REZ C-C'



kryštallické vápence a dolomity, sivé, zelené a čierne fylity. Tieto paleozoické horniny boli navrátené aj v podloží terciérnych a kvartérnych sedimentov jednak, v blízkosti ich výskytu na povrchu, jednak v severovýchodnej časti územia (rakovecká séria).

Mezozoikum tvorí okraj západnej časti Bodvianskej roviny a buduje výrazné krasové planiny Dolný a Horný vrch. Smerom na V a JV sa mezozoikum ponára pod terciérne sedimenty a tvorí ich podložie. Na povrch vystupuje opäť na juhovýchodnom okraji roviny pri Žarnove a Hostovciach a ojedinele pri severnom okraji roviny v Rudohorskej pahorkatine.

Spodný trias zastupujú pestré pieskovce, ílovce, slienité bridlice a lavicovité vápence. Vystupuje na povrch územia v pomerne úzkom páse medzi Dvorníkmi a Turňou nad Bodvou a tiahne sa úpäťm svahu Horného vrchu.

Stredný trias zväčša zastupuje masa karbonatických hornín (vápence — dolomity); medzi Žarnovom a Hostovcami majú prevahu rohovcové vápence a slienité bridlice, čím sa toto súvrstvie približuje k rudabánskemu vývoju ladínu v Maďarsku.

Najvyššiu časť mezozoického komplexu predstavujú karbonatické zlepené vrchnokriedového (?) veku vystupujúce na severnom okraji roviny pri Drienovci.

Terciér zastupujú sedimenty miocénu a pliocénu. Terciérne sedimenty ležia priamo na paleozoickom, resp. mezozoickom podklade. Ich mocnosť je premenlivá; pri východnom okraji Bodvianskej roviny presahuje 500 m, smerom na Z postupne poklesáva, až vyклиňuje.

Miocénne sedimenty sa vyskytujú len vo východnej časti územia až po Žarnov. Vrchný brakický sarmat a spodný brakický baden boli zachytené len štruktúrnymi vrtnami, vyšší, sladkovodný sarmat vystupuje až na povrch. Zväčša ide o dosť jednotvárne ílovito-pelittické súvrstvie s zložkami hrubšieho detritického a tufitického materiálu.

Pliocénne sedimenty zastupuje štrkovito-ílovité súvrstvie tzv. košickej formácie. Je to pestrý íl s polohami štrku. Smerom na J sa polohy štrku stenčujú a vyклиňujú. Je to drobnozrnný štrk, dobre opracovaný, zvyčajne dosť zaílovaný. Piesok tvorí len málo mocné polohy vo vrchnejších častiach súvrstvia. Ako vložky v pliocénnych sedimentoch západne od Drienovca vystupujú sladkovodné vápence.

Kvartérne sedimenty vyplňajú vo forme fluviálnych náplavov poklesávajúcu panvu Bodvianskej roviny. Fluviálne náplavy možno rozčleniť na aluviálne riečne sedimenty a proluviálne uloženiny náplavových kužeľov. Povrchové toky popri sedimentácii aluviálnych náplavov vnútri panvy ukladali pri vstupe do poklesávajúceho územia rozsiahle ploché náplavové kužele, ktoré sčasti prikrývajú aluviálne sedimenty, čiastočne sa do nich prstovite vkladajú. V dôsledku náhlejšej zmeny spádu tokov sa uloženiny náplavových kužeľov vyznačujú menším vytriedením materiálu ako aluviálne sedimenty (väčšie zahlinenie štrku).

Najvrchnejšiu polohu fluviálnych náplavov tvorí povodňová hlina. Dosahuje mocnosť až 4,0 m, zväčša okolo 1—2 m. Je to piesčitá a prachovitá, v južnej časti až ílovitá hlina, často so značnou organickou prímесou. Smerom nadol povodňová hlina často prechádza do hlinitého piesku. Piesok je v spodnejších častiach menej zahlinený. Jeho mocnosť zvyčajne nepresahuje 2,0 m.

Štrkové sedimenty tvoria spodnú, najmocnejšiu polohu fluviálnych náplavov. Sú uložené priamo na terciérnom, v oblasti Hostoviec a Žarnova aj na mezo-

zoikom podloží. Ich mocnosť vrátane hlinitých a piesčitých vrstvičiek sa pohybuje od 4,0 m do 15,0 m. Štrk je zvyčajne silne piesčitý, stredno- až hrubozrnný, dobre opracovaný.

Podľa intenzity zahlinenia možno rozlíšiť štrk proluviálnych sedimentov náplavových kužeľov a štrk údolných náplavov.

Štrk náplavových kužeľov je zvyčajne silne zahlinený a menej vytriedený a prstovite zasahuje do náplavov.

Štrk údolných náplavov je lepšie vytriedený a podstatne menej zahlinený. Jeho odlíšenie od štrku náplavových kužeľov uľahčujú miestami sa vyskytujúce medzivrstvy prachovitej a ílovitej hliny (obr. 2).

Deluviálne sedimenty sa vyskytujú na obvode roviny. Vo východnej časti je to svahová hlina lemujúca terciérny okraj roviny, v západnej časti na úpätí strmých svahov aj kamenito-hlinitá, sute, zväčša karbonatických hornín.

Hydrogeologické pomery územia

Hydrogeologické pomery Bodvianskej roviny sú odrazom zložitých geomorfologických, klimatických, hydrologických a štruktúrnogeologických pomerov nielen Bodvianskej roviny, lež aj jej okrajových orografických celkov — Slovenského krasu a Bodvianskej a Rudohorskej pahorkatiny.

Kolektorom podzemnej vody Bodvianskej roviny je komplex aluviálnych a proluviálnych štrkových sedimentov ležiacich na terciérnom podklade a sčasti aj mezozoiku. Z hľadiska intenzity zvodnenia a vodárenského významu sú cenné len štrkové sedimenty južnej časti panvy (obr. 1 a 2). Štrkové sedimenty severnej časti panvy sú vzhľadom na výskyt značne zahlineného štrku náplavových kužeľov hydrogeologicky menej priaznivé, resp. vodárensky málo významné. Hodnota koeficienta filtrácie štrkových sedimentov a špecifickej výdatnosti na jednu studňu sa pohybuje v južnej časti panvy v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-3}$ do $3 \cdot 10^{-3}$ m/s a od 4 do 16 l/s a v severnej časti panvy od $7 \cdot 10^{-5}$ do $1 \cdot 10^{-4}$ m/s a od 0,5 do 3 l/s. Extrémne hydraulické parametre štrkových sedimentov boli zistené pri Hostovciach, kde je maximálna hodnota koeficientu filtrácie 5 až $7 \cdot 10^{-3}$ m/s a špecifická výdatnosť na jednu studňu 25 až 30 l/s.

Podzemná voda štrkových sedimentov Bodvianskej roviny má rozličný pôvod: infiltruje z povrchových recipientov, prestupuje zo susedných krasových území a infiltruje vo forme zrážok.

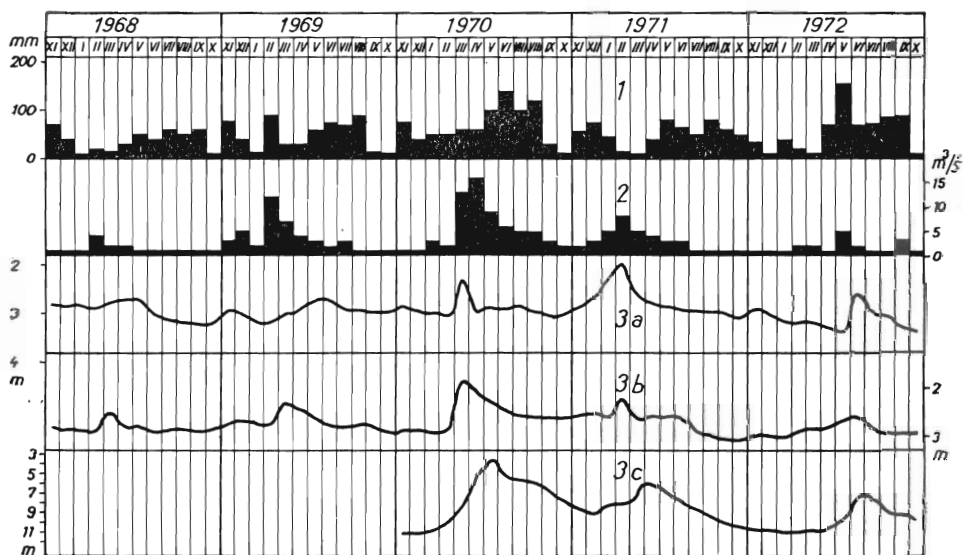
Po vstupe povrchových recipientov z okrajových orografických celkov do Bodvianskej roviny dochádza k infiltrácii ich vody do štrkových sedimentov v miestach, kde povrchové toky tečú na náplavových kužeľoch. Vnútri roviny, kde sa vodohospodárskymi úpravami založili dná recipientov korýt až v štrkových sedimentoch, prevláda drenáž podzemnej vody povrchovými tokmi, najmä v obdobiach nízkeho a priemerného vodného stavu. Pri vysokom vodnom stave dochádza v recipientoch na celom území Bodvianskej roviny iba k infiltrácii povrchovej vody do štrkových sedimentov. Čas trvania vysokého vodného stavu je však pomerne krátky (niekoľko dní, resp. týždňov — obr. 3), pretože prívalové vody rýchlo otekajú upravenými korytami tokov. Preto vnútri roviny v priebehu roka silne prevláda drenáž podzemnej vody povrchovými recipientmi nad infiltráciou povrchovej vody do štrkových sedimentov.

Mezozoické horniny Slovenského krasu a Bodvianskej roviny (obr. 1) majú

veľký hydrogeologický význam. Ich rozsiahly skrasovatený vápencovo-dolomitický komplex umožňuje rozsiahlu infiltráciu, cirkuláciu a akumuláciu značného množstva vody. Tá potom v miestach s vhodnými štruktúrnogeologickými pomermi znovu vystupuje na povrch vo forme prameňov veľkej výdatnosti (Drienovec $Q_{\min} = 170$ l/s, Turňa nad Bodvou $Q_{\min} = 60$ l/s a Dvorníky $Q_{\min} = 30$ l/s), alebo vo forme skrytých výverov napája kvartérne sedimenty. Tak je to aj v západnej časti Bodvianskej roviny medzi Hostovcami a Žarnovom, kde skryté vývery krasovej vody predstavujú z kvantitatívneho hľadiska druhú zložku dotácie štrkových sedimentov (F. Mičák 1974).

Zrážky infiltrujú do štrkových sedimentov cez kryciu vrstvu hliny a hlinito-kamenitých sutí (obr. 2). Podľa dlhodobého režimu zrážok a výparu (obr. 4) sa v ročnom chode na vytváraní podzemnej vody štrkových sedimentov výraznejšie zúčastňujú len zrážky zimného polroku. Zrážky letného polroku sa okrem extrémnych prípadov na tvorbe podzemnej vody štrkových sedimentov nezúčastňujú, pretože ich prevažnú časť spotrebuje výpar.

Štrkopiesčité sedimenty bývajú zvodnené v mocnosti 5–8 m, v miestach korytovitých priehlbni terciérneho podložia až 12 m (obr. 2). Rozkvy hladiny podzemnej vody v priebehu roka je rozličný v priestore i čase. V pririečnej zóne Bodvy a Idy a v blízkosti krasových území je rozkvy hladiny podzemnej



Obr. 3. Časový priebeh zrážok, prietokov a hladín podzemných vôd. Zostavil F. Mičák 1974 (podľa údajov HMÚ).

1 — mesačné úhrny zrážok z klimateckej stanice Moldava nad Bodvou, 2 — priemerné mesačné prietoky Bodvy v Turnianskej Novej Vsi, 3a — hladina podzemnej vody vo vonkajšej zóne Bodvy, 3b — hladina podzemnej vody v pririečnej zóne Bodvy, 3c — hladina podzemnej vody v blízkosti krasových území.

Fig. 3. Time curve of precipitation, discharge and underground water tables. Compiled by M. Mičák 1974 (according to data by Hydrometeorological Institute).

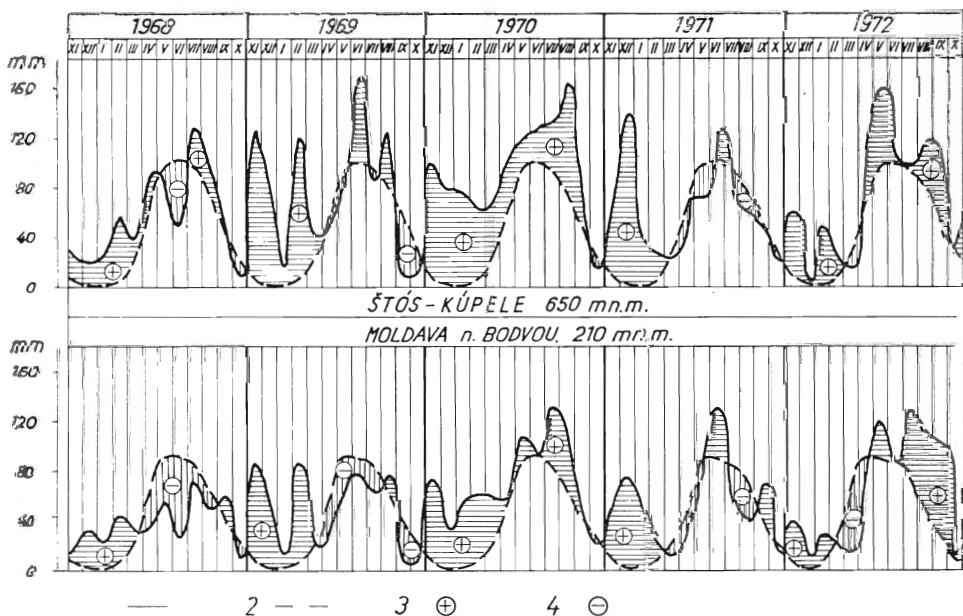
1 — total monthly precipitation at the climatic station Moldava on Bodva r., 2 — average monthly discharge of the Bodva r. in Turnianská Nová Ves, 3a — underground water table in the outer zone of the Bodva r., 3b — underground water table in the near-river zone of the Bodva r., 3c — underground water table near karst regions.

vody až 2 m, v severnejších častiach roviny len do 1 m (obr. 3). Maximá úrovně výskytu hladín podzemnej vody pripadajú na marec—apríl, minimá na september—október. Medzi týmito extrémnymi stavmi možno pozorovať od začiatku mája do konca februára klesanie hladín (s podružným maximom v novembri) a od začiatku marca do konca apríla stúpanie hladín podzemnej vody.

Smer prúdenia podzemnej vody je v hrubých črtách zhodný so smerom povrchových recipientov. Vo východnej časti roviny medzi Žarnovom a Veľkou Idou má prúd podzemnej vody juhozápadný smer, ktorý sa pri južnom okraji mení na západný (obr. 1). Túto zmenu smeru prúdenia spôsobuje okrem celkového spádu podložia kvartéru aj nepriepustný plicový okraj Bodvianskej pahorkatiny, na ktorý prúd podzemnej vody naráža a stáča sa na Z. V západnej časti roviny zachováva prúd podzemnej vody prevažne juhozápadný smer.

Spád hladiny podzemnej vody je v severných častiach roviny dosť strmý, na niektorých miestach až 3—5 ‰. Smerom na J sa spád znižuje a na južnom a juhozápadnom okraji je len 0,8—1 ‰.

Teplota podzemnej vody nie je rovnaká. V letnom polroku sa pohybuje od 11 do 13 °C, v zimnom od 8 do 10 °C. Tento pomerne veľký rozdiel teploty vody (5 °C) spôsobuje intenzívne pôsobenie teploty ovzdušia na hladinu podzemnej vody v priebehu hydrologického roku, najmä v južnej časti panvy.



Obr. 4. Skutočný podiel zrážok pri tvorení povrchového a podzemného odtoku. Zostavil F. Mičák 1974 (podľa údajov HMÚ — zrážky a Tomlaina — výpar).

1 — mesačné úhrny zrážok (mm), 2 — mesačné úhrny výparu (mm), 3 — zrážky prevyšujú výpar, 4 — výpar prevyšuje zrážky.

Fig. 4. Actual precipitation at formation of surface and underground discharges. Compiled by F. Mičák 1974 (according to data by Hydrometeorological Institute — precipitation, and by Tomlain — evaporation).

1 — total monthly precipitation (mm), 2 — total monthly evaporation (mm), 3 — precipitation surpassing evaporation, 4 — evaporations surpassing precipitation.

Ocenenie využiteľného množstva podzemnej vody

V rámci oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody bolo územie Bodvianskej roviny na základe rozličnej geologickej stavby, ako aj odlišných hydrogeologických pomerov rozdelené na dve samostatné hydrogeologické štruktúry — východnú a západnú, ktorých vnútornou spoločnou hranicou je rieka Bodva (obr. 1).

Vo východnej štruktúre podložie a okraj kvartérnych sedimentov tvorí nepriepustný terciér. Ohraničenie štruktúry je zo S Rudohorskou pahorkatinou, resp. čiarou Moldava nad Bodvou — Veľká Ida, z J Bodvianskou pahorkatinou, resp. čiarou Janík — Perín a z V rozvodnicou Bodvy a Hornádu.

V západnej štruktúre tvorí okraj kvartérnych sedimentov priepustné mezo-zoikum a podložie nepriepustný terciér, medzi Žarnovom a Hostovcami aj priepustné mezozoikum. Štruktúru ohraničuje zo S a Z Slovenský kras, resp. čiara Moldava nad Bodvou — Turňa nad Bodvou, z J Bodvianska pahorkatina, resp. čiara Žarnov — Turnianska Nová Ves — Hostovec.

Pre zvodnený systém Bodvianskej roviny boli dynamické zdroje vypočítané hydraulickou metódou, ktorá vychádza z Darcyho rovnice pre podzemný prietok profilom, a má formu

$$Q = k \cdot F \cdot I,$$

kde Q = podzemný prietok, k = koeficient filtrácie, F = prierez prietochného profilu, I = hydraulický gradient.

Chemické zloženie podzemnej vody Bodvianskej roviny

Tab. 1

O b j e k t		VZ-2	MN-105	MN-124	MN-106	MN-111	MN-116	MN-113
Teplota vody °C		8,0	8,0	10,5	10,0	11,0	10,3	10,0
Mineralizácia mg/l		515,85	511,12	155,92	205,43	124,48	326,32	195,42
Celková tvrdosť °N		18,01	19,23	3,76	6,56	3,42	9,76	4,83
Oxidovateľ. mgO ₂ /l		1,84	0,56	1,52	0,96	0,40	1,84	0,88
Volný CO ₂ mg/l		44,00	22,00	16,28	11,44	38,28	54,56	27,28
Katióny mg/l	Na ⁺	6,0	—	—	—	—	—	—
	K ⁺	3,0	—	—	—	—	—	—
	Ca ²⁺	111,42	117,43	26,85	38,08	13,23	48,10	22,85
	Mg ²⁺	10,46	12,16	5,84	5,35	6,81	13,13	7,05
	Fe ³⁺	0,02	0,16	0,08	0,11	0,05	0,17	0,07
	Mn ²⁺	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	st.	0,00
	NH ₄ ⁺	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,07	0,60
Anióny mg/l	Cl ⁻	22,50	9,30	5,00	10,50	5,50	26,40	11,00
	SO ₄ ²⁻	49,38	153,90	20,96	20,16	11,52	13,99	23,04
	NO ₂ ⁻	st.	0,00	st.	st.	0,00	0,10	st.
	NO ₃ ⁻	40,0	st.	5,00	18,0	22,00	35,0	22,0
	PO ₄ ³⁻	0,03	0,03	st.	0,00	0,09	0,00	0,05
	HCO ₃	268,5	213,6	85,4	97,6	54,9	154,7	85,4

Vstupné hodnoty (k , F , I) boli určené na základe hydrogeologických sond, čerpacích skúšok a pozorovacích sond, resp. hydroizohýps (obr. 1). Dovedna bolo vymedzených 8 prietočných profilov v dĺžke 23 km, z čoho sú 4 profily vo východnej a 4 v západnej hydrogeologickej štruktúre. Jednotlivé profily boli situované kolmo na smer prúdenia podzemnej vody, spravidla medzi dva povrchové recipienty. V konečnom súhrne vyjadruje podzemný prietok celkové dynamické zdroje, ktoré sú vo východnej hydrogeologickej štruktúre 150 l/s a v západnej 130 l/s.

Statické zásoby sa nepočítali, pretože zo vstupných hodnôt chýbali údaje efektívnej dynamickej pórovitosti štrkových sedimentov. Avšak na základe výsledkov poloprevádzkových čerpacích skúšok, resp. značného poklesnutia hladiny podzemnej vody v oblasti Hostoviec a v oblasti Pedera, sa dá predpokladať, že v južnej časti panvy tvoria statické zásoby minimálne 40 % prírodných zdrojov podzemnej vody. Takéto kvantitatívne rozloženie zložiek prírodných zdrojov poskytuje veľké možnosti na obohacovanie zásob podzemnej vody umelou infiltráciou (V. Z a j í č e k 1969). Potvrdzujú to aj výsledky pokusnej umelej infiltrácie na lokalite Hostovce (F. M i č á k — S. G a z d a 1974b).

Využiteľné množstvo podzemnej vody sa určovalo pre miesta s priaznivými hydrogeologickými podmienkami, kde sa sústreďuje podzemná voda, je dobrá priepustnosť a možnosť brehovej infiltrácie. Využiteľné množstvo bolo vypočítané podľa Muscat-Leibenzovho vzťahu platného pre nekonečný rad studní v polohoraničenej zvodnenej vrstve

$$Q = \frac{\pi \cdot k (2H - S) \cdot s}{\ln \frac{\lambda}{2\pi \cdot r} + \frac{2\pi \cdot l}{\lambda}}$$

kde Q = výdatnosť jednej studne, k = koeficient filtrácie, H = výška zvodneného prostredia, s = zníženie hladiny, λ = vzdialenosť medzi studňami odberného radu, r = polomer studne, l = vzdialenosť odberného radu studní od povrchového recipienta.

Východiskové vstupné hodnoty, (k , H , s , r) boli určené na základe hydrogeologických sond, čerpacích skúšok a režimných meraní. Volilo sa $l = 150$ m a $\lambda = 150-300$ m v závislosti od veľkosti depresných polomerov. Spolu boli vymedzené 4 odberné rady (obr. 1), z toho 2 vo východnej a 2 v západnej hydrogeologickej štruktúre. V konečnom súhrne je využiteľné množstvo 351 l/s podzemnej vody (východná štruktúra) a 226 l/s (západná štruktúra).

Príčinou dosť veľkého rozdielu medzi vypočítanými prírodnými zdrojmi a vypočítaným využitelným množstvom (170 l/s) sú v zmysle poznatkov J. J e t e l a — P. B u j a l k u (1974) indukované zdroje vyvolané a podmienené činnosťou exploatačných zariadení. Potvrdzujú to aj výsledky poloprevádzkovej čerpacej skúšky na lokalite Hostovce. Troma odbernými radmi studní sa čerpalo 160–250 l/s podzemnej vody, čo zhruba zodpovedá vypočítanému využitelnému množstvu západnej hydrogeologickej štruktúry (226 l/s). Indukované zdroje na lokalite Hostovce zahrňujú: zvýšenie infiltrácie následkom značného

zaklesnutia hladiny podzemnej vody, prestup krasovej vody z vápencovo-dolomitických komplexov a prítoky z povrchových recipientov.

Hydrochemická charakteristika podzemnej vody

Na základe genetickej klasifikácie S. G a z d u (1972) možno podzemnú vodu opisovaného územia zaradiť k fluviogénnym vodám.

Formovanie chemizmu podzemnej vody Bodvianskej roviny má svoje špecifiká. Je to najmä skutočnosť, že hlavným zdrojom je infiltrujúca voda povrchových tokov, ktorá je v úzkej hydraulikej spätosti s podzemnou vodou náplavov. V rámci dotácie zásob sa uplatňuje aj zrážková voda najmä v zimnom polroku a za dlhodobých extrémnych jarných a letných dažďov. Formovanie chemizmu v nemalej miere ovplyvňuje aj krasová voda, pritekajúca z okrajových pohorí a v oblasti Hostoviec aj z podložia náplavov, ktoré tvoria priepustné horniny mezozoika.

Pri väčšine podzemných vôd prevažuje nevýrazný kalcium-magnézium-bikarbonátový chemizmus s pomerne nízkou mineralizáciou (0,1–0,35 mg/l). Najnižšia mineralizácia je v náplavových kužeľoch a v severnej časti roviny, kde sa celkový chemizmus posúva smerom k zmiešanému typu. Smerom na JZ (prevažujúci smer prúdenia podzemnej vody) mineralizácia vody vzrastá a prehĺbuje sa kalcium-magnézium-bikarbonátový typ. Podzemná voda v oblasti Turnianskej Novej Vsi dosahuje mineralizáciu 0,46–0,67 g/l.

Špecifickým faktorom uplatňujúcim sa pri formovaní vody náplavov Bodvy v oblasti Hostoviec je rozptyl krasovej vody hlbšieho obehu. V bezprostrednom podloží náplavov v centre výstupu krasovej vody sa mineralizácia pohybuje okolo 0,9 g/l, na okrajoch 0,5–0,6 g/l. Charakteristické je výrazné zastúpenie kalcium-sulfátovej zložky (F. M i č á k — S. G a z d a 1974). Osobitný charakter má aj voda z vrtu MN-125 pri obci Péder. Výrazné je zastúpenie natrium-chloridovej zložky s vysokou mineralizáciou.

Ako pitná a úžitková voda je podzemná voda v prevažnej časti územia bez úpravy menej vhodná. Príčinou je najmä nízka tvrdosť a prítomnosť agresívneho kyslíčnika uhličitého. V juhovýchodnej časti územia má voda zvýšený obsah železa a mangánu. Vo vode bol zistený aj nízky obsah amoniaku, dusitanov a fosforečnanov.

V súvislosti s využívaním vody na pitie treba mať na zreteli možnosť jej sekundárneho ovplyvnenia, ktoré úzko súvisí s činnosťou človeka (priemyselné závody, koncentrácie poľnohospodárskej výroby, rozšírené používanie minerálnych hnojív, pesticidov ap.). To môže vyvolať podstatné zmeny chemizmu najmä vzrastom chloridov, síranov, dusičnanov ap.

Problematika ochrany podzemnej a povrchovej vody

Voda povrchových recipientov — Bodvy, Idy, Čečanky, Drienovského a Hájskeho potoka, Blatnice, Turne a Starej Bodvy sa v súčasnosti znečisťuje roz-

ličným spôsobom. Idu, Čečanku, Drienovský a Hájsky potok, Blatnicu a Starú Bodvu znečisťuje len odpadová voda z obcí v ich povodí. Čistota vody týchto tokov je preto dobrá (I. až II. trieda čistoty v zmysle kritérií ČSN 83 0602). Bodvu a Turňu znečisťuje okrem odpadovej vody z obcí a miest v ich povodí aj priemyselná voda závodov v Štóse, Medzeve, Moldave nad Bodvou, Turnianskom Podhradí a Včelároch. Čistota vody týchto tokov je preto horšia a počas roka prevažuje III. trieda čistoty. V budúcnosti, resp. už v najbližších rokoch, hrozí nebezpečenstvo nadmerného znečistenia Starej Bodvy — odpad z veľkokapacitného kravína v Turnianskej Novej Vsi, a Ide — priemyselná voda z Východoslovenských zeležiární.

Podzemná voda štrkových sedimentov Bodvianskej roviny je znečisťovaná organickými a anorganickými látkami dodané do pôdy formou hnojív, ktoré ktoré sú vyluhované presakujúcimi zrážkami. (F. Stein 1973). Potenciálnym zdrojom znečistenia podzemnej vody môže byť aj ropovod Družba, ktorý prechádza južnou časťou Bodvianskej roviny, ako aj exhaláty cementárne v Turnianskom Podhradí.

Aby sa mohli prírodné zdroje podzemnej vody trvale využívať a obohacovať umelou infiltráciou, je nevyhnutné chrániť terajšiu kvalitu podzemnej vody a čistotu vody povrchových tokov.

Ak by sa kvalita podzemnej vody pre nadmerné prihnojovanie pôdy infiltrčných oblastí organickými a najmä anorganickými hnojivami zhoršila, bude treba riešiť otázky záujmov poľnohospodárskych organizácií a vynútiť iný druh pestovaných poľnohospodárskych kultúr, menej náročných na intenzitu hnojenia pôdy.

Vzhľadom na čistotu vody povrchových tokov bude treba sledovať kvalitu podzemnej vody získanej brehovou infiltráciou, prípadne umelou infiltráciou. Ak infiltrovaná voda pri limitujúcich vzdialenostiach medzi vsakovacími a exploatačnými objektmi nebude spĺňať požiadavky na pitnú vodu, bude treba urobiť opatrenia, aby sa odpadová a priemyselná voda čistila.

V rámci ochrany podzemnej a povrchovej vody pred prípadným únikom ropy z ropovodu Družba pôjde o kvalitatívne sledovanie ropných uhlíkovodíkov vo vodách na princípe „áno — nie“. Vzorky vody sa budú doberať zo 14 sond rozmiestnených pozdĺž trasy ropovodu v hydrogeologicky najexponovanejších miestach a zo 6 povrchových tokov s drenážnym účinkom. Vzorky vody sa budú odoberať dvakrát do roka (marec—apríl a september—október) a budú sa periodicky hodnotiť. Podľa kritérií V. Pelikána (1974) to bude len pasívna ochrana. Aktívna ochrana vyplynie až z pozitívnych výsledkov kvalitatívneho režimu a bude náplňou druhej etapy ochrany.

Doručené 3. 2. 1975

Odporučil P. Bujalka

LITERATÚRA

- Cibuľka, L. 1968a: Moldavská nížina — čerpacie skúšky. Manuskript — archív IGHP, Košice, 19 s.
Cibuľka, L. 1968b: Peder — orientačný hydrogeologický prieskum. Manuskript — archív VZ, Prešov, 8 s.
Jetel, J. — Bujalka, P. 1974: Súčasný problémy a perspektívy oceňovania využiteľného množstva podzemnej vody. Mineralia slov., 6, s. 187—196.

- Karniš, J. — Kvitkovič, J. 1970: Geografické práce. Bratislava, Slov. pedagog. nakl., 220 s.
- Lomnický, Š., 1974: Krasové vody prameňa Drienovec a Turňa ako hlavný a rozhodujúci zdroj pre zásobovanie Košíc pitnou vodou. Seminár: Využitie a ochrana krasových vôd. B. Bystrica.
- Medved', J. — Banský, V. 1973: Peder — hydrogeologický prieskum. Manuskript — archív VZ, Prešov, 41 s.
- Mičák, F. 1974: Výrony krasových vôd do kvartérnych sedimentov strednej časti Hornádsko-bodvianskej roviny. Seminár. Využitie a ochrana krasových vôd. B. Bystrica, Krajská rada slov. ved.-tech. spol., 10 s.
- Mičák, F. — Bujalka, P. 1969: Moldavská nížina — ocenenie zásob podzemných vôd. Manuskript — archív IGHP, Košice, 47 s.
- Mičák, F. — Gazda, S. 1974a: Hostovce — hydrogeologický prieskum. Manuskript — archív IGHP, Košice, 158 s.
- Mičák, F. — Gazda, S. 1974b: Možnosti obohacovania zásob podzemných vôd strednej časti Hornádsko-bodvianskej roviny umelou infiltráciou. Materiály k VI. celoštátnej hydrogeologickej konferencie v Košiciach. IGHP, Žilina s. 121—131.
- Mičák, F. — Mlynarčík, M. 1974: Ochrana podzemných vôd v trase ropovodu. Úsek: Košická kotlina, km 63/42—102,5/81,5. Manuskript — archív IGHP, Košice, 30 s.
- Pelikán, V. 1974: Pohyb ropných produktov v horninovom prostredí. Zbor. prednášok celoštátnej konferencie Hydrogeologické problémy ochrany podzemných vôd. Čes. ved.-tech. spol., s. 276—285.
- Štein, F. 1973: Výskum technických parametrov vodárenského využívania krasových vôd, resp. výskum zmien akosti podzemnej krasovej vody vo východnej časti Slovenského krasu. Manuskript — archív VÚVH, Bratislava, 71 s.
- Tkáčik, P. — Cibulka, L. 1964: Hydrogeologický prieskum Moldavskej nížiny. Manuskript — archív IGHP, Košice, 51 s.
- Zajíček, V. 1969: Zhodnotenie možnosti použitia umelého dopĺňovania podzemných vôd v Československu z hľadiska východných podmienok. Zbor. prednášok celoštátnej konferencie: Umelá infiltrácia — rozmnožovanie zásob podzemných vôd v ČSSR. Praha, Čes. ved.-tech. vodohosp. spol., s. 53—81.

GROUNDWATERS FROM THE BODVA PLAIN QUATERNARY (EASTERN SLOVAKIA)

PAVEL TKÁČIK — LUDOVÍT CIBULKA — FRANTIŠEK MIČÁK

In the area of the Bodva plain which forms the SW part of the Košická kotlina basin a whole series of exploratory hydrogeological works has been carried out in the last years. These works were aimed at obtaining information for the possibilities of gaining groundwaters for supplying the town of Košice with potable water.

The exploratory works were aimed at Quaternary sediments filling up the plain in the form of fluvial alluvia. These were divided into alluvial river sediments and proluvial deposits of alluvial cones. The thickness of permeable Quaternary sediments varies from 4 to 15,0 m. The gravels of valley alluvia are better sorted and more permeable than those from alluvial cones. The filtration coefficient value is different in the area under study. In the southern part of the plain it is from $1 \cdot 10^{-3}$ to $3 \cdot 10^{-3}$ m/sec., in the northern part from $7 \cdot 10^{-5}$ to $1 \cdot 10^{-4}$ m/sec. Near Hostovce in the SW part of the area it is 5 to $7 \cdot 10^{-3}$ m/sec. The groundwaters come mainly from infiltration of surficial streams, precipitation and neighbouring karst areas.

With estimation of groundwater reserves the area was valuated, divided into two independent hydrogeological structures, eastern and western. In these, utilizable quantities of groundwaters (according to Muscat-Leibenzon) 577 l/s were calculated. A great difference between utilizable and natural reserves has been found, caused by induced (evoked) sources, supply of karst waters from the underlier and a suitable activity of exploitation equipment (at the locality Hostovce 160–250 l/s of water were pumped by three outlet series of wells).

For preservation of groundwater quality it is necessary mainly to preserve purity of surface waters, which is suitable in present time (I–III rd purity class). A potential danger is also the possibility of oil escape and therefore a passive protection has been recommended.

On the basis of the genetic classification of S. Gazda (1971) the groundwaters were attributed to fluviogenic waters. In the majority of waters an indistinct calcium-magnesium bicarbonate type of chemical composition with a relatively low mineralization 0,1–0,35 mg/l predominates. In the prevailing flow direction of groundwaters mineralization increases and in the western part of the plain attains 0,46–0,67 gr/l. In places of karst water supply into the Bodva river alluvia mineralization of water attains up to 0,9 gr/l.

For supplying with potable and service waters the waters are mostly less suitable (low hardness, presence of aggressive carbon dioxide). In the SE part of the plain the waters contain a higher Fe and Mn content.

For utilization of the waters it is necessary to take into regard the possibility of secondary influence of human activity.

Preložil J. Pevný

RECENZIA

Pokračovanie zo str. 50

niny subvulkanické, zejména v prstencovitých komplexech (SV).

První kapitola se zabývá granity. Autor v ní geologicky, strukturně a mineralogicky charakterizuje nejen granity, ale i pegmatity, aplity a lamprofyry. Rozeznává, ve shodě se svými staršími pracemi, granity ostře ohraničené (circons-crits) a granity difúzní, tvořící batolity nebo stratoidní masívy. Uvádí příklady obou typů a diskutuje i úlohu metasomatózy, chemických front a diferenciace při jejich vzniku. Cenná je geologická část této kapitoly, v níž jsou granity rozčleněny podle časového vztahu k tektonickému vývoji okolních komplexů. Autor zde uvádí příklady synkinematických, pozdně kinematických a kratonických granitů z různých částí světa, přičemž zvláštní pozornost věnuje geologické pozici a genezi plutonitů v prstencovitých komplexech s diferencovanou vnitřní stavbou.

Předmětem druhé kapitoly jsou plutonity skupiny křemenného dioritu. Charakter jednotlivých podskupin (S, M, A, SV), včetně žilných hornin, je osvětlen příklady, zejména z francouzského území a z oblastí Alp (Adamello), Skandinávie a Severní Ameriky.

Alkalické syenity a některé vzácnější horniny této skupiny (nordmarkity, šonkinity, bostonity aj.) jsou probrány ve třetí kapitole. Z hlediska našich geologů je tu zvlášť zajímavá metasomatza s přínosem železa a alkalií a odnosem SiO_2 — tzv. fenitizace, neboť existence takových procesů byla v nedávné době prokázána i v Českém masívu (Kopecký). Je zajímavé, že fenitizace nemusí být vázána pouze na alkalické masívy, ale může k ní docházet i v okolí některých karbonatitových, bazických a dokonce i ultrabazických těles. Rovněž bostonitické subvulkanické ekvivalenty této skupiny jsou pro naše geology zajímavé vzhledem k výskytu analogických sye-

Pokračovanie na str. 66

nitických a bostonitických hornin v Českém středohoří (na př. u Roztok n/L). Ty ovšem — co do rozlohy — nejsou srovnatelné s popisovaným analogy, které vytvářejí např. žilné roje v Colorado, klasické prstencovité masívy na Madagaskaru a velká tělesa na záp. pobřeží USA a v příkopové propadlině u Osla v Norsku.

Horninám skupiny alkalicko-vápenatých syenitů a monzonitů je věnována pátá kapitola. Autor v ní mj. diskutuje názory starších badatelů na genezi odpovídajících magmat a podává užitečnou charakteristikou různých horninových variet této skupiny. Ilustruje — na příkladech hornin z Vogéz — i vlastnosti durbachitů. Je škoda, že v tomto kontextu se nezmiňuje o některých analogických horninách ze Středočeského plutonu, které studoval v roce 1964 u nás. Podrobnou pozornost zaměřil Raguin na autonomní tělesa, mezi nimiž figurují i známé rumunské banatity a laramické syenitové masívy v Bulharsku. Uvádí rovněž známý míšeňský syenit a monzonity v Utahu a neobvyklé výskyty subvulkanických syenitů v prstencovitých komplexech Portugalska.

V páté kapitole píše Raguin o horninách s feldspatoidy. Správně ukazuje na nomenklatorické nesnáše s jejich označováním a dokumentuje jejich pozici na příkladech z Evropy, Grónska a severní Afriky. Známy komplex nefelinických hornin u Ditrău v Rumunsku považuje za migmatitický a vzniklý přínosem určitých a vztahem jiných látek. Tím se přibližuje k názoru rumunských autorů, kteří tyto horniny považují za hyperalkalické migmatity, a liší se od pojetí Streckeisena s důrazem kladeným na diferenciaci. Důležité horniny této skupiny nalézáme v prstencovitých komplexech s vyzařující fenitizací a často i s karbonatitovým jádrem. Mezi příklady uvádí klasický masív Fen a zvláště světově známý masív chibinský. Bohužel se ani stručně nezmiňuje o unikátní a ekonomicky významné mineralizaci (apatit, nefelin, minerály vzácných zemin), které tento masív provázají.

Šestá kapitola obsahuje údaje o gabbroidních horninách. Autor v ní správně reaguje na výsledky nových výzkumů a podtrhuje možnost dvojího původu gabbro: rekrystalizací a mobilizací z vulka-

nitů, a intruzí z hlubších zón. Diskutuje vztah gabbro k iniciálnímu vulkanismu a uvádí posici různých typů gabbroidních těles v Evropě, Africe, včetně dnes již klasických intruzí Skaergaard v Grónsku a Sudbury v Kanadě.

Předmětem sedmé kapitoly jsou peridotity. Do této skupiny řadí Raguin i geneticky dosud nevysvětlené dvojpyroxenové horniny s pyropem a spinelem — tzv. ariégity z Pyrenejí. Jako příklady peridotitů různých asociací uvádí Raguin peridotity z evropských a maloasijských ofiolitových sérií, ultrabazika orogenních zón záp. pobřeží USA, pyrenejské lherzolity, i peridotity v jádrech některých prstencovitých komplexů (Aldan, Brazílie).

Osmá kapitola se zabývá problematikou charnockitů. Dosavadní nejednotné názory na jejich genezi vedou Raguina k tomu, aby genezi, paragenezi a vývoji těchto hornin i jejich tolik diskutované příslušnosti ke granulitové facií věnoval ve své knize hodně místa; místy zde dokonce (např. diskusí obecné problematiky granulitů) vybočuje z tematického rámce své knihy. Z desítek světových výskytů charnockitů uvádí Raguin indické a zahrazuje překvapivě do této skupiny i granulity saské a dokonce i jihočeské, i když je mu známo (p. 139), že tyto horniny jsou našimi autory interpretovány jako metavulkanity.

Velkou pozornost věnuje autor anortozitům (hlavně norským) a jejich diferenciaci, přičemž se opírá především o výzkumy belgického badatele Michota.

V závěrečné deváté kapitole se autor zamýšlí nad některými obecnějšími problémy geneze plutonitů. Najdeme v ní zajímavé úvahy o dualismu transformismu a magmatismu, o vztazích mezi vulkanismem a plutonismem i o litologických sériích plutonitů. Podle Raguina je vznik plutonických hornin důkazem konvergence, vedoucí — různými cestami — k dosažení (málokdy však úplného), rovnovážného stavu.

Raguinova kniha je celkově velmi vydařeným, a pro svůj originální přístup se zdůrazněním geologických aspektů, cenným dílem. Její hodnotu snižují ani některé menší nedostatky jako např. zařazení saských a českých granulitů do knihy o plutonitech, a některé mezey v citacích moderní literatury. V tomto smyslu postrádáme v knize zmínky např. o významných sovětských pracích věno-

Pokračovanie na str. 76

HYDROGEOLOGICKÉ POMERY RIEČNYCH NÁPLAVOV VÁHU MEDZI BECKOVOM A LEOPOLDVOM

(2 obr. a 3 tab. v texte)

DUŠAN JALČ*

Les conditions hydrogéologiques des dépôts des sédiments du Wag dans la région entre Beckov et Leopoldov

La contribution évalue les conditions hydrogéologiques de la plaine alluviale du Wag dans la partie septentrionale de la plaine de Podunajská nížina. On évalue non seulement les sédiments quaternaires, mais aussi les gîtes de graviers sousjacentes pliocènes et la percolation des eaux souterraines provenant du Mésozoïque de la montagne de Čachtické pohorie et Považský Inovec. L'auteur étudie les influences des ouvrages hydrauliques du Wag sur la quantité et qualité des eaux souterraines et en dresse l'évaluation totale. Il met en évidence l'influence des facteurs négatifs de civilisation sur la qualité de l'eau souterraine.

Zásah človeka do prírodných pomerov územia v značnej miere ovplyvňuje aj prírodný režim podzemnej vody z kvantitatívnej i kvalitatívnej stránky. Táto skutočnosť je osobitne výrazná v oblastiach údolí riek a ich náplavov, kde sú sústredené rozsiahle obytné centrá, poľnohospodárska a priemyselná výroba. S obdobnými pomermi sme sa stretli pri regionálnom hydrogeologickom prieskume riečnych náplavov Váhu medzi Beckovom a Leopoldvom.

Geomorfologické pomery podmieňuje príslušnosť územia do geografického celku Podunajskej nížiny. Rovinný reliéf územia poriečnej nivy Váhu ohraňujú na SSZ východné svahy Čachtického pohoria, na V západné svahy Považského Inovca a na Z vytvára ohraňovanie terénny stupeň Trnavskej pahorkatiny.

Charakteristické pre opisovaný úsek údolia Váhu je, že medzi zvyškami pliocénneho štrku pri Novom Meste n/V. a poriečnou nivou chýbajú vyššie pleistocénne terasy, ktoré sú vyvinuté v hornom a strednom úseku tohto toku. Podľa súčasných morfologických znakov možno usudzovať, že údolie existovalo už na konci neogénu. Na začiatku stredného pleistocénu došlo k úplnému odstráneniu starších pleistocénnych sedimentov. Údolie sa vyplnilo sprašou a štrkom, ktoré Váh v priestore súčasnej poriečnej nivy odplavil. Z týchto akumulácií sa zachovali zvyšky vo forme sprašovej pseudoterasy, lemujucej údolie od Nového Mesta n/V. až do okolia Piešťan. Poriečna niva sa vytvorila v mladšom pleistocéne, najvrchnejšia časť v holocéne (V. Ložek — J. Tyráček 1960, M. Lukniš 1946).

* RNDr. Dušan Jalč, IGHP, n. p., 812 23 Bratislava — Prievoz.

Na geologickej stavbe širšieho okolia poriečnej nivy Váhu sa zúčastňuje mladopaleozoický obal kryštallického jadra Považského Inovca, rozšírený v jeho severnej časti medzi Hôrkou a Kálnicou. Mezozoické členy sú vyvinuté v oblasti Čachtického pohoria a Považského Inovca v niekoľkých sériách. V strednej a južnej časti Považského Inovca je inovecká, zliechovská a čiernovážska séria. Nedzovská séria buduje podstatnú časť Čachtického pohoria (M. Maheľ 1964). V podloží poriečnej nivy je eerciérne súvrstvie v zastúpení dáku. Z kvartérnych sedimentov sú to sedimenty poriečnej nivy. Jej podstatnú časť tvorí fácia riečneho dna vo vývoji piesčitého štrku (mocnosť do 15 m). Valúny štrku sú zo žuly, kremeňa, kremenca, pieskovca, zlepenca, menej z karbonatických a metamorfovaných hornín. Valúnový materiál poriečnej nivy tvorí 70–80 % objemu horniny. Nad fáciou riečneho dna je vyvinutá fácia príbrežných plytčín (mocnosť do 4 m) v litologickom zastúpení ílovitého a jemno- až strednozrnného piesku. Vrchná časť poriečnej nivy je vo fácií údolnej nivy.

Hydrologické pomery hodnoteného územia ovplyvnil umelý zásah do prírodného režimu Váhu a Dudváhu. Komplexný plán využitia Váhu na energetické účely si vyžiadal výstavbu Dolnovážskej kaskády medzi Trenčnom a Hlohovcom, pozostávajúcu z vyrovnávacích zdrží pri Trenčianskych Biskupiciach a Piešťanoch a derivačných kanálov so stupňami v Kostolnej, Novom Meste n/V., Hornej Strede a Maduniciach. Vážska voda sa vpúšťa zo zdrží do derivačných kanálov na jednotlivé stupne v ich trase. Do koryta Váhu sa v priebehu roka vpúšťa len 5–9 m³/s vážskej vody na udržanie a regeneráciu biologického života v ňom.

Rieka Dudváh sa pôvodne tvorila pri Čachticiach z vody Jablonky. Regulačným zásahom sa v súčasnosti táto voda vpúšťa do Čachtického kanála a Dubovej a koryto Dudváhu je od Čachtíc až po Ostrov suché.

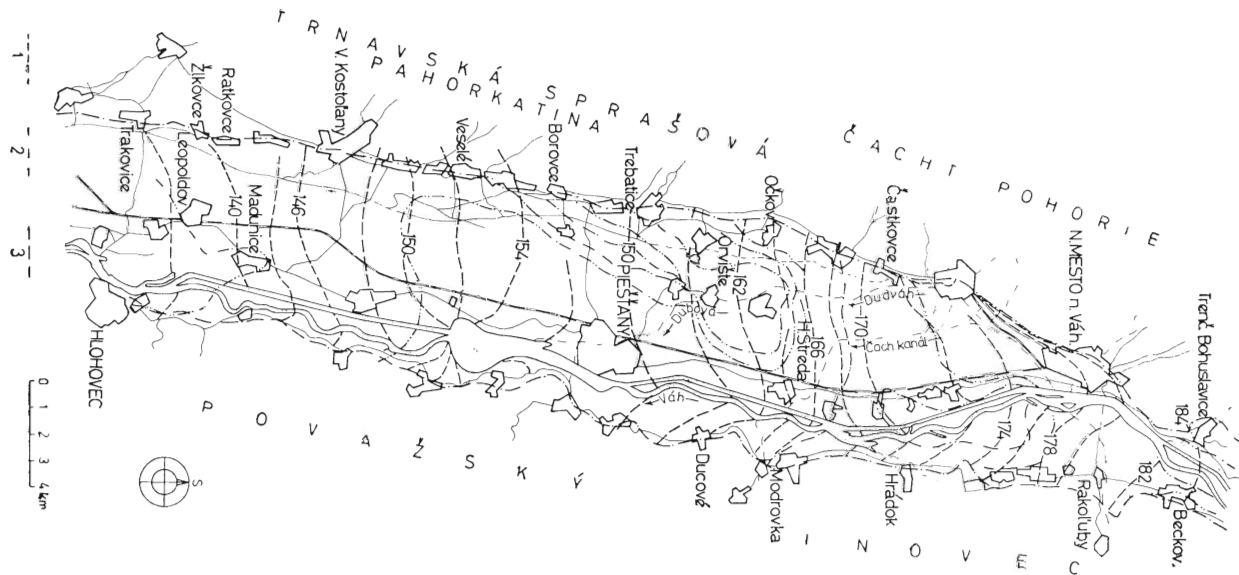
Náčrt hydrogeologických pomerov

V sedimentoch poriečnej nivy prúdi podzemná voda s voľnou hladinou. Plošné ohraničenie zvodnenej vrstvy vytvárajú prilahlé územia Považského Inovca, Čachtického pohoria a Trnavskej pahorkatiny.

Sedimenty dáku, ktoré sa v prevažnej časti územia vyskytujú v podloží náplavov Váhu, sú vo vývoji ílovitých hornín. Ílovitý vývoj dáku tvorí nepriepustné podložie súvislého zvodneného komplexu riečnych sedimentov Váhu.

Mocnosť zvodnenej vrstvy poriečnej nivy sa pohybuje od 3 do 15 m. Lokálne väčšia mocnosť zvodnenej vrstvy je daná obdobným vývojom podložných sedimentov dáku. V týchto prípadoch vytvárajú súvislú kvartérno-dáku zvodnenú vrstvu. Takéto polohy sa vyskytujú v styčnom území s Trnavskou pahorkatinou v úseku Veselé – Borovce a majú mocnosť zvodnenej vrstvy do 30 m. Ich pokračovaním je oblasť severozápadne od Piešťan, kde mocnosť zvodnenej vrstvy dosahuje až 40 m. Od spojnice Očkov – Horná Streda badať výrazné splytčenie na 15–20 m. V tomto rozsahu pokračujú úzkym pruhom v priestore koryta Váhu do okolia Beckovskej Viesky. Ďalšou oblasťou ich výskytu je územie v beckovskej priereve, kde pri prechode do Trenčianskej kotliny dosahuje mocnosť zvodnenej vrstvy 20 až 25 m.

Morfológia podložia a vplyv okrajových podmienok lokálne menia smer a spád prúdenia podzemnej vody v poriečnej nive v rámci generálneho prúdenia zo S



Obr. 1. Schematická mapa hydrogeologických pomerov poriečnej nivy Váhu. Zostavil D. Jalč 1973.

1 — hydroizohypsy podľa stavu 1. XI. 1971, 2 — izohypsy nepriepustného podložia zvodnenej vrstvy poriečnej nivy, 3 — ohraňenie poriečnej nivy.

Fig. 1. Schematic map of hydrogeological conditions of the Váh flood-plain. Compiled by D. Jalč 1973.

1 — Hydroisohypsес according to the situation on November 1st, 1971, 2 — isohypsес of the impermeable substratum of the flood-plain aquifer, 3 — delimitation of flood-plain.

na J. Sklon voľnej hladiny podzemnej vody sa pohybuje od 0,5 do 1,5 ‰. Vplyv členitosti podložia na prúdenie podzemnej vody je najvýraznejší medzi Očkovom a Hornou Stredou. V úsekoch, v ktorých je prítok a odtok podzemnej vody, sa pohybuje spád hladín od 1–3 ‰. Hladina podzemnej vody sa pohybuje od 1,5 do 4,0 m pod povrchom terénu (obr. 1).

Zvodnené prostredie sedimentov poriečnej nivy sa vyznačuje veľkou rôznorodosťou. Odraz tohto prostredia a vplyv okrajových podmienok sa prejavujú v hydrogeologických pomeroch.

Zvodnené prostredie poriečnej nivy sme charakterizovali koeficientom prietochnosti (T). Najvyššia prietochnosť je v zóne asi 1500 m širokej, ktorá sa tiahne pozdĺž koryta Váhu od beckovskej prievry do okolia Maduníc ($T > 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$). V smere od koryta Váhu na ohraničenie údolia sa v daných podmienkach prietochnosť znižuje ($T < 1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$).

Osobitnou zvláštnosťou sa vyznačujú okrajové časti poriečnej nivy v úsekoch, v ktorých dochádza k prestupu podzemnej vody zo susedných geografických celkov.

Prvým významným úsekom je styk poriečnej nivy s Čachtickým pohorím. Riečne sedimenty majú charakter terasového stupňa. Ich filtračné vlastnosti podmieňujú prestupové množstvo puklinovo-krasovej podzemnej vody z karbonatického masívu Čachtického pohoria do poriečnej nivy medzi Čachticami a Trenčianskymi Bohuslavcami.

V styčnom území s Považským Inovcom je prítok puklinovej a puklinovo-krasovej vody do poriečnej nivy z beckovskej série medzi Beckovom a Kálnicou, čiernovážskej série medzi Hrádkom a Modrovou a zliechovskej série pozdĺž celého styčného úseku až po Hlohovec. Na styku s Trnavskou pahorkatinou sa zistili prestupy podzemnej vody do poriečnej nivy medzi Veselým a Borovcami a pri juhozápadnom ohrazení územia v úseku Žlkovce — Trakovice.

Okrajové časti poriečnej nivy uvedené vyššie charakterizuje koeficient prietochnosti v rozsahu $1\text{--}2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Na režime podzemnej vody poriečnej nivy, ktorý je odrazom pôsobenia kvantitatívnych a kvalitatívnych zmien prírodných a umelých činiteľov v čase a priestore, sa zúčastňujú:

- a) Podzemná voda prestupujúca do poriečnej nivy vstupným profilom z Trenčianskej kotliny a podzemná voda vo výstupnom profile Trakovice — Hlohovec, kde sa uskutočňuje odtok.
- b) Prestupujúca podzemná voda z karbonatických komplexov Čachtického pohoria a Považského Inovca, ako i prestupové množstvo z oblasti Trnavskej pahorkatiny.
- c) Vplyv Dudváhu a regulovaného prietochného množstva vo Váhu a Dubovej.
- d) Atmosferické zrážky a úhrnný výpar.
- e) Vplyv závlahových sústav a umelého postreku vo vegetačnom období.
- f) Čerpanie podzemnej vody vodárenskými zariadeniami.

Hydrochemická charakteristika a samočistiace schopnosti Váhu

Na formovaní chemizmu podzemnej vody poriečnej nivy sa zúčastňuje povrchová a podzemná voda prestupujúca zo susedných geografických celkov, zrážková voda, voda povrchových tokov, litologické prostredie poriečnej nivy

a voda súvisiaca s činnosťou človeka.

Celková mineralizácia podzemnej vody poriečnej nivy sa pohybuje od 0,5 do 0,8 g/l. Zo S na J je zreteľné mierne zvyšovanie mineralizácie. Túto skutočnosť spôsobuje postupné pribúdanie a miešanie rozličných typov vody, ako aj styk podzemnej vody s horninovým prostredím poriečnej nivy.

Dominujúcou v chemickom zložení podzemnej vody je zložka $\text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$, HCO_3^- . V rozsahu poriečnej nivy kolíše jej obsah od 50 do 95 mval ‰ . Naj-

vyššia koncentrácia tejto základnej zložky je v podzemnej vode okrajovej časti poriečnej nivy v styčných úsekoch rozšírenia karbonatických hornín Čachtického pohoria a Považského Inovca. Vysoký obsah bikarbonátovej zložky v týchto častiach určuje prestupujúca povrchová a podzemná voda z oblasti výskytu karbonatických hornín, v ktorých práve táto základná zložka je charakteristická pre prostredie, v ktorom sa voda tvorila. Túto skutočnosť potvrdzuje aj zastúpenie zložiek Ca^{2+} a Mg^{2+} . Zo S na J výrazné pribúda zložka Mg^{2+} oproti Ca^{2+} ako dôsledok vyššieho podielu dolomitických hornín v geografických celkoch styčných území oproti severnejším územiám, kde sú prevládajúcim typom vápence.

V centrálnej časti poriečnej nivy sa v chemickom zložení prejavuje vplyv rozličných typov vody. V dôsledku miešania výrazne klesá bikarbonátová zložka na 50–60 mval ‰ a zvyšuje sa obsah druhej významnej zložky v podzemnej vode – síranov. Obsah síranov vyjadrený koeficientom $\text{SO}_4^{2-}/\text{M}$ sa pohybuje

od 0,08 do 0,18, pričom sa zvyšuje koncentrácia od okrajov poriečnej nivy do jej stredu. Zvýšený podiel síranov sa pozoroval najmä v miestach väčšej mocičnosti zvodnenej vrstvy kvartérno-dáčkových sedimentov.

Dalej sú vo vode chloridy a dusičnany. Ich koncentrácie sa pohybujú do 10 mval ‰ . Nízky podiel týchto zložiek podmieňuje horninové zloženie poriečnej nivy, ktoré je skoro deficitné na alkalické kovy, takže tieto zložky sú v podzemnej vode v nízkych koncentráciách.

Využívanie vázskej vody na energetické účely sa odrazilo v zmenách jej kvality. Základné zloženie vázskej vody je rovnaké ako pri podzemnej vode (kalcium-magnézium-bikarbonátové so zvýšeným obsahom síranov), ale obsah tejto základnej zložky vo vode v závislosti od času značne kolíše. Podľa hydrochemických rozborov vázskej vody odobraných pri Hlohovci za hydrologický rok 1972 sa medzné hodnoty základnej zložky pohybovali v intervaloch uvedených v tab. 1.

Veľké rozdiely v chemickom zložení vázskej vody spôsobuje prevažne prevádzka vodných diel. V jej dôsledku sa znížili aj samočistiace procesy povrchového toku. Vážska voda, ktorá sa akumuluje v zdržiach a kanáloch, nie je dostatočne prevzdušnená, a preto sa účinne neodstraňujú látky organického znečistenia. Samočistiaca schopnosť vázskej vody je v kanáloch a zdržiach 4–6-násobne nižšia ako v povrchovom toku (A. L a d e c k ý 1972).

Zníženú samočistiacu schopnosť Váhu možno dokumentovať podľa obsahu kyslíka ako najdôležitejšieho činiteľa v samočistiacich procesoch. Jeho obsah vo vázskej vode (za hydrologický rok 1972) kolísal od 1,7 do 10,2 mg/l a nasýtenosť vody kyslíkom od 15 do 96 ‰ , pričom sa deficit kyslíka prejavil najmä v zimných mesiacoch. Nízky obsah kyslíka vo Váhu spôsobuje, že samočistiace procesy, ktoré zlepšujú akosť vody, prebiehajú len v malej miere. Nedostatok kyslíka zapríčiňuje, že sa aeróbne procesy nahrádzajú anaeróbnymi procesmi,

Tab. 1. Hodnoty maximálneho rozptylu základnej zložky v chemizme vázskej vody za rok 1972

Tab. 1

Zložka	HCO_3^{2-}	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Mineralizácia
Medzné hodnoty	213—317 mg/l	24—81,6 mg/l	20—124 mg/l	14,6—50 mg/l	0,39—0,79 g/l

ktoré síce tiež odstraňujú látky organického znečistenia, ale podstatne pomalšie a v menšej miere.

Vysoký stupeň znečistenia Váhu sa prejavuje v takých ukazovateľoch, ako je vysoké číslo oxidovateľnosti (max. 56 mg O_2 /l), obsah amoniaku (max. 4,6 mg/l), prítomnosť detergentov, olejov a vysoký obsah baktérií E-coli. Je to spôsobené tým, že je do Váhu zaústená skoro všetko odpadová voda v jeho povodí. Váh patrí v súčasnosti k najznečistenejším tokom na Slovensku.

Vázska voda používaná na závlahové účely ovplyvňuje kvalitu podzemnej vody poriečnej nivy. K tomu pristupuje aj zrážková voda infiltrujúca na intenzívne hnojenej ploche a splašková voda z odbytových centier v území. Tá kvalitatívne nepriaznivo ovplyvňuje využívanie podzemnej vody na vodárenské ciele.

Hodnotenie prírodného množstva podzemnej vody

V sedimentoch poriečnej nivy Váhu prúdi podzemná voda s voľnou hladinou. Prírodné dynamické množstvo (zdroje) podzemnej vody sa určilo ako dlhoročný priemerný prietok prúdu podzemnej vody vo zvodnenej vrstve.

Údaje o kolísaní hladiny podzemnej vody umožnili stanoviť dynamické množstvo podzemnej vody v dvoch skupinách:

1. Dynamické množstvo pod úrovňou minimálnej hladiny podzemnej vody. Jeho vyčíslenie spočíva v stanovení okrajových podmienok a bilancii prítoku a odtoku podzemnej vody vo zvodnenej vrstve pre tento stav.
2. Dynamické množstvo nad minimálnou hladinou podzemnej vody, zahŕňujúce zónu jej kolísania. Toto množstvo sa určilo ako priemer z dlhoročného kolísania hladiny podzemnej vody.

Celkové dynamické množstvo podzemnej vody je súčtom dynamického množstva stanoveného v rámci jednotlivých skupín.

Dynamické množstvo podzemnej vody pod minimálnou hladinou sa určilo pre stav hladiny podzemnej vody zodpovedajúci relatívnym minimám (1. 11. 1971). Pri súmarnej bilancii prírodných a umelých činiteľov uvedených v kapitole o hydrogeologických pomeroch v odseku a — f bolo možno pri hodnotenom období zanedbávať činitele v odseku d a e, a to vzhľadom na približne rovnaké hodnoty výparu, zrážok, ako i vylúčenie umelých činiteľov viažúcich sa na vegetačné obdobie. Vplyv povrchových tokov sa určil z podielu prietochného množstva podľa stavu k 4. 11. 1971. Údaje o spotrebe podzemnej vody sa zostavili na základe súpisu odberu vody (134 l/s).

Výpočet merného prietoku pre jednotlivé okrajové podmienky sa urobil podľa vzorca

$$q = k_o \cdot i \cdot h_o \quad (1)$$

Tab. 2. Bilančné hodnotenie prírodného množstva podzemnej vody poriečnej nivy Váhu

Tab. 2

Okrajová podmienka	l/s
Vstupný profil z Trenč. kotliny	+164,0
Beckovská séria	+ 53,0
Nedzovská séria	+139,0
Čiernovážska séria	+119,0
Zliechovská séria	+150,0
Váh	−385,0
Dubová	+ 12,7
Dudváh (z toho asi 80 l/s z prestupu z Trnavskej spraš. pahorkatiny)	−163,0
Vodárenský odber	−134,0
Výstupný profil Trakovice — Hlohovec	− 81,4
	+637,7
	−763,4

Bilanciou v tab. 2 sa určuje dynamické množstvo podzemnej vody pod minimálnou hladinou (637,7 l/s).

Dynamické množstvo zahrňujúce zónu kolísania hladiny podzemnej vody predstavuje kvantitatívne zmeny pôsobnosti prírodných a umelých činiteľov v čase priestore.

Na ich stanovenie sa zvolilo obdobie režimných pozorovaní za hydrologické roky 1966—1971 a v režime podzemnej vody sú zahrnuté aj umelé vplyvy (vodné diela, závlahy). Celé územie poriečnej nivy sme hodnotili tak, že sme ho rozčlenili na čiastkové bloky, z ktorých každý bol charakterizovaný plochou, v ktorej maximálna amplitúda rozkvyv hladiny podzemnej vody za zvolený čas bola približne rovnaká.

Výpočet priemerného objemu zásob podzemnej vody statického charakteru z amplitúdy jej kolísania sa určil podľa

$$V_{pr} = m' \cdot h_{obl} \cdot F \quad (2)$$

Koeficient akumulácie m' pre jednotlivé bloky sa stanovil z korelačnej závislosti medzi stúpnutím hladiny podzemnej vody a úhrnom zrážok v zimnom polroku hydrologických rokov 1966—1971. Hodnotu h_{obl} sme určili ako aritmetický stred priemerných rozkvyvov z pozorovacích údajov za roky 1966—1971.

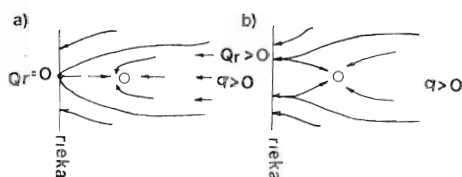
Priemerný objem zásob statického charakteru v zóne kolísania hladiny podzemnej vody je 7 949 141 m³. Podielom týchto zásob a času pozorovania ($t = 1$ rok) sú dynamické množstvá v zóne kolísania hladiny podzemnej vody 280,3 l/s.

V zmysle oceňovania prírodného dynamického množstva podzemnej vody sčítaním oboch skupín sme dostali celkové prírodné dynamické množstvo podzemnej vody poriečnej nivy Váhu 918 l/s.

Využitelné množstvo podzemnej vody

Využitelné množstvo podzemnej vody hodnoteného územia v značnej miere ovplyvňujú umelé zásahy, ktoré sme podrobnejšie rozviedli v predošlých čas-

tiach. Vysoký stupeň znečistenia Váhu vylučuje odber podzemnej vody na vodárenské zámery v jeho pririeknych územiach vyvolaním infiltrácie povrchovej vody do zvodnenej vrstvy. Túto skutočnosť sme v našich riešeniach brali do ohľadu. Na oceňovanie využiteľného množstva sme zvolili územia, ktoré podľa poznatkov z uskutočneného hydrogeologického prieskumu boli charakteristické priaznivými kvantitatívnymi a kvalitatívnymi ukazovateľmi. Išlo o územie pri Ducovom, Hrádku, Rakoľuboch a medzi Čachticami a Novým Mestom n/V. V týchto územiach bol zistený prietok prúdu podzemnej vody v poriečnej nive od styčných území smerom na Váh. Pri známej kvalite vody Váhu zvolil sa breh rieky za okrajovú podmienku, z ktorej aj počas čerpania v jeho pririeknom území musí byť brehový prietok nulový, čiže nedochádza k infiltrácii riečnej vody do územia. Druhá časť sa nahradila konštantným prietokom ($q = \text{konšt}$) a jeho hranica sa teoreticky posunula do nekonečna (obr. 2a). Čerpané množstvo odberným lineárnym systémom (galériou) sme za daných podmienok určili podľa vzorca F. M. Bečevera (1968)



$$s = \frac{Q}{4 \pi T} R_r - \frac{Q}{4 \pi T} R_p \quad (3)$$

Obr. 2. Schematický náčrt okrajových podmienok pri výpočtoch využiteľného množstva podzemnej vody poriečnej nivy Váhu.

Fig. 2. Schematic outline of marginal conditions in calculations of utilizable groundwater amounts of the Váh floodplain.

Tab. 3. Prehľadná tabuľka využiteľného množstva podzemnej vody poriečnej nivy Váhu

Tab. 3

Lokalita	l/s
Ducové	25,6
Hrádok	23,3
Rakoľuby	65,5
Čachtice — Nové Mesto n/V.	42,5
Ratkovce	56,8
Veľké Kostoľany	61,5
Veselé	50,4
Piešťany — Orvište	142,9
Spolu	467,0

Počet reálnych studní v lineárnom systéme sme určili za podmienky, že exploatačné zníženie hladiny podzemnej vody v centrálnej „najviac namáhanej“ studni pri stanovenom čerpanom množstve nebol väčší ako 0,39 mocnosti zvodnenej vrstvy.

Využiteľné množstvo pre vyššie uvedené lokality je v tabuľke 3.

Územia, ktoré sú po pravej strane Dudváhu medzi Trebaticami a Trakovcami, na rozdiel od území pri Váhu, sa vyznačujú priaznivejšími kvalitatívnymi charakteristikami. V týchto územiach sa využiteľné množstvo stanovilo za podmienky infiltrácie vody z Dudváhu odbernými lineárnymi systémami situovanými kolmo na rieku (obr. 2b).

Využiteľné množstvo podzemnej vody sa oceňovalo na lokalitách Radkovce, Veľké Kostoľany a Veselé. Jeho hodnoty sú uvedené v tab. 3.

Záver

Poznatky z vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu riečnych náplavov Váhu medzi Beckovom a Leopoldovom dokazujú, že zásahy človeka môžu nepriaznivo ovplyvniť využívanie podzemnej vody na vodárenské ciele. Znečistený tok Váhu vylučuje možnosť využívať infiltrovanú vodu z Váhu, hoci napr. na lokalitách pri Beckove a Považanoch z radu studní dlhom 600—700 m by bolo možno získať až 484 l/s podzemnej vody. Bilančné využiteľné zásoby 467,6 l/s predstavujú len 51 ‰ prírodného dynamického množstva podzemnej vody. Tieto porovnania varujú pred ustavičným zhoršovaním prírodného prostredia v podmienkach poriečnej nivy nielen v hodnotenom území, lež aj v ďalších oblastiach Slovenska. Je preto nevyhnutné venovať zvýšenú pozornosť oceňovaniu a ochrane podzemnej vody týchto území, ako aj lokalizácii zdrojov jej znečisťovania.

Doručené 3. 2. 1975

Odporučil V. Hanzel

Použité symboly

- q — merný prietok v m^3/s
- k_o — koeficient filtrácie (vážený priemer) v m/s
- i — sklon podložia ($i > 0$; $i < 0$)
- h_o — náhradná hrúbka zvodnenej vrstvy v m
- F — plocha v m^2
- s — zníženie v m
- Q — čerpané množstvo v m^3/s
- T — koeficient prietocnosti v m^2/s
- $R_r; R_p$ — bezrozmerné hydraulické odpory

LITERATÚRA

- Bočever, F. M. 1968: Principi regionalnoj ocenki jestestvennyh resursov podzemnyh vod. Moskva, Izd. Moskovskogo universiteta, 344 s.
- Jalč, D. et al. 1973: Dolný Váh, rajón XXVIII Q 104b v úseku Beckov — Leopoldov. Manuskript — IGHP, Bratislava, 150 s.
- Ladecký, A. 1972: Čistota vôd v povodí Váhu — závažný faktor životného prostredia. In: Zbor. prednášok XVI Žilina, Vysoké Tatry, s. 41—61.
- Ložek, V. — Tyráček, J. 1960: Příspěvek k poznání vývoje údolí Váhu mezi Trenčínem a Piešťany. Sbor. Čs. společ. zeměp., 65, č. 1, s. 51—64.
- Lukniš, M. 1946: Poznámky ku geomorfologii Beckovskej brány a priľahlých území. Práce Stát. geol. úst., 15 (Bratislava), 46 s.
- Mahel, M. 1964: Štruktúra mezozoika Západných Karpát, vzťahy k západoalpským jednotkám. UÚG, Bulletin, 5, 260 s.

HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF VÁH RIVER ALLUVIA BETWEEN BECKOV AND LEOPOLDOV (WESTERN SLOVAKIA)

DUŠAN JALČ

The influence of man on the natural conditions of the area has affected the regimen of surficial streams of Váh, Dudváh and groundwater of the flood-plain. The considerably contaminated Váh stream has eliminated the possibility of utilizing the groundwater in near-river areas, the outlets being secured by the evoked infiltration of water from the Váh river into the aquifer. The utilizable amounts of groundwater at these places under the condition of zero bank discharge of the Váh river during exploitation were appreciated at localities near Ducové, Rakoľuby, Hrádok and between Čachtice and Nové Mesto n/V. More favourable conditions are in right-sided areas of the Dudváh river between Trebatice and Trakovice, where guidance of infiltration from the Dudváh can be taken into consideration.

Permanent deterioration of the natural environment of the Váh flood-plain has reduced the possibility of utilizing groundwater for water-economic purposes. The utilizable amount of 467,6 l s represents only 51 % of flood-plain groundwater when compared with natural dynamic possibilities.

Preložil J. Pevný

RECENZIA

Pokračovanie zo str. 66

vaných antarktickým charnockitům (Ravič) a o důležité americké monografii o charnockitech vydané v roce 1969 Isachsenem. Náš čtenář by v knize očekával alespoň stručnou zmínku o Středoevropském plutonu nebo karpatských granitoidech a to tím spíše, že jejich problematika je autorovi dobře známa z několika exkursí po ČSSR. Na druhé straně je však třeba ocenit, že autor se nevyhýbá příkladům plutonitů z území socialistických zemí, ač i zde by našel více

a vhodnějších příkladů (např. bazika a ultrabazika Uralu). V tomto směru je zajímavé, že autor je dobře obeznámen s pracemi D. S. Koržinského, jehož práce jsou v poslední době vysoce hodnoceny a hojně aplikovány moderní francouzskou petrologickou školou (Fonteilles, Guitard).

Po Raguinově knize sáhnou jistě se zájmem i naši geologové, zejména ti, kteří spíše než petrochemií a petrologií se zabývají terénní prací v oblastech plutonitů a studují jejich tělesa v kontextu s jejich geologickým rámcem. Pro velké množství příkladů z různých oblastí světa a pro výstižné definice a petrografické charakteristiky i četné instruktivní mapky je kniha užitečným doplňkem i pro vysokoškolské studenty geologických věd.

MINERÁLNE VODY NA SEVEROZÁPADNÝCH SVAHOCH PRAŠIVEJ (NÍZKE TATRY)

(4 obr. a 2 tab.)

KAZIMÍR MALATINSKÝ*

Les eaux minérales des versants nord-ouest de la montagne Prašivá (Basse Tatra)

Sur la région étudiée qui comprend les localités Železnô, Liptovská Lúžna et Korytnica, se trouvent 14 sources minérales. L'auteur étudie l'origine de ces sources et leurs régions d'infiltration. Les roches aquifères sont divisées en trois groupes: roches très riches en eau, roches assez riches et celles qui sont pauvres en eau.

Na severozápadnom úpätí Prašivej, ktorá je západnou časťou Nízkyh Tatier, sú lokality Železnô, Liptovská Lužná a Korytnica, ktoré majú dovedna 14 minerálnych prameňov. Spoločným znakom väčšiny týchto prameňov je ich geologická pozícia. Vyskytujú sa v dumbierskej obalovej jednotke, len tri pramene sú v kryštaliniku.

V príspevku sa opisuje vzťah obyčajných a minerálnych vôd. Ďalej sa podľa analýzy geologickotektonickej stavby v okolí minerálnych prameňov, chemizmu a veku minerálnych vôd skúmajú otázky ich vzniku. Tieto otázky sa riešia v úzkej spätosti s určením infiltračných oblastí pre minerálne pramene, čo je dôležité z hľadiska ich ochrany.

Preskúmanosť územia

Práce geológov v minulom storočí (Beudant, Zejszner, Štúr, Wolf, Majlath) majú okrem určenia niektorých prevažujúcich skamenelín len historickú hodnotu. Z tohto obdobia sú významnejšie chemické analýzy minerálnej vody. Prvé analýzy vody z prameňov Jozef a Ilka v Korytnici urobil Hauer 1860 (in J. Hensel 1951). Zo Železného je analýza od M. Balka z roku 1877 (J. Volko-Starohorský 1935). Novšie chemické rozborý sú v práci J. Hensla (1951), P. Tkáčika (1963) a O. Franka (1970).

Pri výskume geologickotektonickej stavby západnej časti študovaného územia sme sa opierali o prácu A. Matějku (1931). Poznatky o východnej časti sú z práce A. Bujnovského (1971), ktorý na základe geologického mapovania mezozoických hornín vyvrátil náhľady J. Koutka (1930) na tektonickú stav-

* RNDR Kazimír Malatinský, IGHP, n. p., závod Žilina, Rajecká cesta, 010 51 Žilina.

bu d'umbierskeho antiklinória. Podľa neho sa severná časť tohto antiklinória skladá z niekoľkých paraautochtónnych subhorizontálnych šúpín, z ktorých je výraznejšia vrása Tlstej, menšia je železnianska vrása a vrása Prievalca. Podľa A. Bujnovského ležia mezozoické horniny v normálnej superpozícii na granite. Dôkazy o autochtónnom zakorenení uvedených vrás z kryštalinika uvádza D. Kubíny (1962).

Počet prác, ktoré sa zaoberajú hydrogeologickými pomermi v skúmanom území, je pomerne skromný. Registrácia prameňov obyčajnej vody je v práci J. Dujička (1972). Prvé zmienky o hydrogeologických pomeroch minerálnych vôd sú od L. Csecha (1892). O geologickej pozícii minerálneho prameňa v Železnom písal J. Volko-Starohorský (1935) a J. Koutek (1936). Vznikom minerálnych vôd v Korytnici sa doteraz najhlbšie zaoberal M. Maheľ (1951).

M. Maheľ na základe Matějkovej geologickej mapy opísal geologicko-tektonickú stavbu výverovej oblasti. Za infiltračnú oblasť korytnických minerálnych vôd pokladá blízke ostrovy stredotriasových dolomitov. V týchto horninách, kde sa našli malé žilky sadrovca, sa podľa tohto autora formuje chemizmus minerálnych vôd.

Dočasné ochranné pásma zdrojov minerálnej vody v kúpeľoch Korytnica sa vytýčili podľa posudku O. Franka (1959), ktorý sa opieral o náhľady M. Maheľa.

Orografické a klimatické pomery

Skúmané územie sa rozprestiera v severozápadnej časti Nízkyh Tatier. Patria doň severné a severozápadné svahy Prašivej a masív Tlstej. Na J chráničuje skúmanú oblasť hlavný hrebeň Prašivej, od Hiadelského sedla až po sedlo medzi Latiborskou a Zamostkou hoľou, na V horná časť Luptianskej doliny. Severnú hranicu tvorí rozvodnica vedená po vrcholoch Klin (1005), Salatín (1630), Červená Magura (1295), Homôlka (1050) a Žiar (1007). Priebek západnej hranice sa zhoduje s Korytnickou dolinou. Tretinu územia tvoria granitoidné, ostatnú časť mezozoické horniny. Hrebeň Prašivej je z granitoidných hornín a patrí medzi vysoké vysočiny (nad 1500 m n. m.). Najvyššie vrcholy Prašivej sú Veľká Chochuľa (1753) a Latiborská hoľa (1645). Prevažná časť územia patrí medzi stredovysočiny (800—1500 m n. m., M. Lukniš et al. 1972). Nižšie položené sú len úzke doliny s prilahlými časťami svahov a erózna Lužnianska kotlina. Tá má približne elipsovité tvar s osami 4,0 km a 1,5 km. Najnižšie položené miesto skúmaného územia je v Liptovskej Osade na kóte 600 m n. m. Terénne vyvýšeniny budované werfénskymi bridlicami a neokómskym súvrstvím majú obľejšie tvary a miernejšie svahy. Reliéf, ktorý budujú tvrdšie horniny, má strmé svahy a ostrejšie terénne tvary.

Väčšina územia klimaticky patrí do mierne chladnej, len vyššie polohy Prašivej do chladnej horskej oblasti (Atlas podnebia ČSR 1958).

Približne okolo 40 % zrážok spadne v chladnom polroku a sú zväčša vo forme snehu (vo vyšších polohách aj zrážky v prvých mesiacoch teplého polroka). Priemerná výška snehovej pokrývky sa v skúmanom území pohybuje od 40—160 cm (Atlas podnebia ČSR 1958). V tomto území je podzemná voda v prevažnej miere dotovaná infiltrovanou vodou z rozpustenej snehovej pokrývky.

Údaje o nej dobre charakterizujú veľkosť infiltrácie, ktorá je okrem povrchového odtoku závislá od výparu. Výpar tvorí v nižších polohách okolo 700 m n. m. polovicu a vo vyšších polohách okolo 1300 m n. m. asi tretinu z množstva atmosferických zrážok.

Prehľad geologickotektonických pomerov

V opisovanom území sa vyskytuje kryštalinikum, dumbierska obalová jednotka, križňanský a chočský príkrov.

Kryštalinikum. Masív Prašivej, jadro vrásky Tlstěj a Prievalca (v zmysle J. Koutka 1930) tvorí hlavne žula prašivského typu, v ktorej sú menšie polohy bázickejších dioritov.

V uvedených horninách sú v masíve Prašivá malé rudné ložiská v Magurke, v doline Banské a v okolí Korytnice. Sú to kremenné žily s antimónom, ktoré sú zlato-nosné. Patria k antimonitovému typu zrudnenia s kremeňom (I. Kravjanský 1962). Juhozápadne od Železného sú kremenné žily s hematitom.

Granit prašivského typu značne porušila zlomová tektonika. Tá vytvorila v granitoch mylonitové zóny, ktoré sa tiahnu na veľkú vzdialenosť. Majú smer SV—JZ a S—J. Mylonitové zóny tvoria horniny, ktoré boli pôvodne granitmi, ale podľahli zmenám dvojakej intenzity. V prvom štádiu bola hornina drvená len mechanicky, v druhom bola intenzita premeny väčšia, hornina dostávala paralelnú textúru a strácala charakter pôvodnej horniny. Podľa sekundárnych minerálov sú to sericiticko-chloritické bridlice (J. Koutek 1930). Rozsiahlejšie mylonitové zóny sú v doline Banské v jej okolí a južne od Železného.

Dumbierska obalová jednotka je tu vo vývoji Červenej Magury. Zastupuje ju hlavne kremencové súvrstvie, werfénske vrstvy, v menšej miere dolomity, vápence a rauvaky. Werfénske vrstvy sú lokálne mylonitizované a sú v nich sadrovce a anhydrity.

Križňanský príkrov v skúmanom území zastupujú prevažne slienité vápence a slieňovce spodnej kriedy. Podradne sú zastúpené strednotriasové dolomity a vápence.

Chočský príkrov sa vyskytuje len v západnej časti územia, ktoré budujú strednotriasové dolomity, tmavé a sivé vápence, rohovcové vápence (reiflingský typ), lunszké vrstvy a vrchnotriasové dolomity.

Tektonickou dominantou územia je dumbierske antiklinórium. Jeho os sa v okolí Korytnice ponára a prechádza do revúckej depresie. V nízkotatranskom jadre sú autochtónne zakorenené vrásky. Tlstěj, Prievalca a Železného. Dnešné morfológické výrazné vyklenutie vrásky Tlstěj je už výsledkom postpaleogénneho vrásnenia v dôsledku diferencných pohybov pozdĺž reaktivovaných línií smeru V—Z medzi centrálnym jadrom a Tlstou (A. Bujnovský 1971).

Spodnotriasové členy obalovej jednotky vyplňajú synklinálne depresie Liptovskej Lúžnej, Železného a v okolí Korytnice najvýchodnejšiu časť revúckej depresie. Tvoria bezprostredný autochtónny obal kryštallického jadra. Presúvaním masy tohto príkrovu boli deformačne postihnuté aj horniny obalovej jednotky.

Križňanský príkrov vystupuje na povrch v južnej časti revúckej depresie. Zastupuje ho zliechovská séria s istými príznakmi zmiešaného typu. Jeho styk s obalovou jednotkou je výrazne tektonický (M. Mahel 1967).

Severnejšie od križňanského je chočský príkrov v bielovážskej sérii. Jeho vápencovo-dolomitické komplexy sú mierne zvrásnené a ich styk s mladšími členmi križňanského príkrovu je zjavne tektonický.

Horniny chočského a križňanského príkrovu sú v revúckej depresii porušené zlomami severojužného smeru, ktoré patria do zázrivsko-budapeštianskeho zlomového systému. Podľa D. Kubinyho (1969) je jeho založenie variske (saalska etapa). Reaktivovanie tohto systému bolo pravdepodobne periodické a siaha až do najmladších geologických ér.

Hydrogeologické pomery obýčajnej vody

Súhrn klimatických činiteľov určuje, aká časť atmosferických zrážok je

potenciálnym zdrojom infiltrácie. Charakter a intenzita rozpukanosti hornín (pórovitosť je prakticky zanedbateľná) udáva, aké množstvo sa z možných atmosferických zrážok zúčastňuje na tvorbe zásob podzemnej vody.

Osem hlavných litologicko-petrografických celkov, ktoré sa v skúšanom území vyskytujú, sme na základe zvodnenia rozdelili do troch skupín: relatívne veľmi zvodnené, relatívne stredne zvodnené a málo zvodnené. Výslovné nepriepustné horniny tu nie sú. Stupeň zvodnenia jednotlivých celkov sme určili hlavne podľa celkového stredného odtoku zo všetkých prameňov na jednotku plochy. Ako pomocné ukazovatele sme zvolili priemernú a maximálnu výdatnosť prameňov.

Pri zatriedovaní hornín podľa stupňa zvodnenia sme sa nepridržiali Smerníc pre zostavovanie základných hydrogeologických máp ČSSR 1 : 200 000, aby nenastali nejasnosti pri označovaní stupňa zvodnenia, používame termín relatívne veľmi zvodnené a relatívne stredne zvodnené.

Medzi relatívne veľmi zvodnené horniny zatriedujeme žulu prašivského typu a dolomiticko-vápencové komplexy triasu.

Najväčšie plošné rozšírenie majú horniny kryštalinika (33 %). V prevažnej miere ich zastupuje žula prašivského typu. Výskyt migmatitov je v porovnaní s plošným rozšírením žuly malý.

Žulu prestupuje sieť primárnych a sekundárnych puklín a trhlín. Stupeň puklinovej priepustnosti udávajú čisté otvorené pukliny a trhliny, resp. ich výplň. Najhustejšia sieť puklín je v pásme podpovrchového rozpojenia hornín, ktoré je prostredím pre plytký obeh podzemnej vody. Toto pásmo sa prejavuje väčším množstvom menej výdatných prameňov. Z celkového počtu prameňov v žule je 50 % s malou výdatnosťou (0,05–0,2 l/s). Pukliny a trhliny sa smerom do hĺbky uzatvárajú. Výnimku tvoria priečne trhliny a zlomy. Na priečných tektonických liniách vo východnej časti územia sú pramene s výdatnosťou 1,5–5,0 l/s.

V žule sú prevažne puklinové pramene. Väčšie z nich sa vyskytujú na styku zuly s kremencovým súvrstvom, ktoré je do nej zavrásnené. Najväčší puklinový prameň je v juhozápadnej časti územia. V hornej časti doliny Barborina sa jeho výdatnosť pohybuje od 10–15 l/s. Na južných svahoch Tlstej sú na styku žuly s werfénskymi vrstvami vrstvové pramene s výdatnosťou 0,4–1,0 l/s.

Okrem žuly patrí medzi relatívne veľmi zvodnené horniny dolomiticko-vápencový komplex, ktorý zaberá 18 % plochy územia. Dolomity majú podstatnú plošnú prevahu a udávajú charakter priepustnosti karbonatických hornín. Tento komplex hornín má prevažne puklinovú priepustnosť, len v obalovej jednotke a v križňanskom príkrove sú v strednotriasových dolomitoch polohy dolomitických rauvakov (pravdepodobne tektonických), ktoré majú pórovitú priepustnosť.

V karbonatických horninách prevládajú pramene s malou výdatnosťou. Len štyri pramene majú výdatnosť nad 1 l/s, jeden z nich dosahuje až 30 l/s.

Nedostatok väčšieho počtu výdatnejších prameňov v týchto horninách zapríčiňuje geologikotektonická stavba. V lúžňanskej synklinále tvoria karbonatické horniny ostrovy na málo priepustných karbonatických bridliciach. Ich stykové plochy ležia nad eróznou bázou. V severozápadnej časti územia sú vrchno- a strednotriasové chočské dolomity rozdelené lunzskými vrstvami. Pod ne sa ponárajú strednotriasové dolomity, ktoré majú úklon na S. Tieto dolo-

mity sú pravdepodobne infiltračnou oblasťou pre pramene, ktoré vyvierajú severnejšie, mimo skúmaného územia.

Najväčšie zvodnenie má ostrov chočských dolomitov pri vyústení bočnej doliny Medokýš do doliny Korytnica. Tu sú dolomity ponorené hlbšie pod eróznú bázu a v puklinovom výstupnom prameni vyteká 30 l/s.

Do skupiny relatívne stredne zvodnených hornín patrí kremencové súvrstvie. Jeho horniny sú tvrdé a krehké, horotvornými silami značne rozpukané, v tektonických zónach až rozdrvené, a preto dobre priepustné. Nedosahujú však veľkú mocnosť. Rozprestierajú sa na ploche 18,5 km² (22,5 ‰). Na severnom a západnom úpätí Prašivej a na južných svahoch Tlstej vytvárajú plášť granitoidných hornín. Na severozápadných svahoch Prašivej sú pásy kremencov zavrásnené do žuly.

V kremencovom súvrství prevládajú puklinové pramene s malou výdatnosťou (od 0,1 do 0,3 l/s), len sedem prameňov z celkového počtu 49 má výdatnosť 1,0–4,0 l/s. Okrem puklinových prameňov sú tu vrstvom pramene na styku s werfénskymi bridlicami. Ich výdatnosť je zo všetkých prameňov najväčšia (2,0–4,0 l/s).

Medzi málo zvodnené horniny zaraďujeme werfénske bridlice obalovej jednotky, súvrstvie spodnej kriedy krížňanského prikrovu a lunzské vrstvy chočského prikrovu.

Súvrstvie werfénских bridlíc je z regionálneho pohľadu nepriepustné. Z rozpukaných pieskovcových vrstvičiek, ktoré sú v bridliciach, vyteká niekoľko pramienkov s výdatnosťou od 0,05–0,2 l/s.

Východne od Železného je vo werfénских bridliciach prameň s výdatnosťou 5,0–7,0 l/s. Je na výraznej tektonickej línii, ktorá prebieha z hrebeňa. Prašivej celou Lupčianskou dolinou. Voda tohto prameňa nepochádza z werfénских bridlíc. Predpokladáme, že pochádza z kremencového súvrstvia. Uvedená tektonická línia drénuje toto súvrstvie a vo werfénских bridliciach, kde sa stáva nepriepustnou, vystupuje drénovaná voda vo výdatnom prameni.

V horninách spodnej kriedy sú pramienky s výdatnosťou 0,1–0,3 l/s. Výnimku tvorí prameň v doline Pytočiny v blízkosti násunovej plochy krížňanského prikrovu, ktorý má výdatnosť 6,0 l/s. Najmenej sú zvodnené lunzské vrstvy. Väčšina prameňov má veľmi malú výdatnosť (od 0,01–0,1 l/s), len ojedinele sú pramene s výdatnosťou do 0,5 l/s.

V skúmanom území prevažujú relatívne veľmi zvodnené horniny (51,5 ‰). Relatívne stredne zvodnených je 22,5 ‰ a málo zvodnených 26 ‰. Podrobnejšie hydrologické údaje o prameňoch v skúmanom území sú v tab. 1.

Chemické zloženie podzemnej vody je odrazom fyzikálno-chemických procesov na fázovom rozhraní hornina – voda – plyn. Chemizmus podzemnej vody závisí od mineralogicko-petrografického zloženia prítomných hornín (rozpúšťanie karbonátov a siranov vo werfénских bridliciach, hydrolytický rozklad silikátov v kremencovom súvrství a v granitoidných horninách, iónovými reakcie viažúce sa na petlické komponenty werfénu.

Na základe týchto procesov vznikli prevažne dva príbuzné chemické typy podzemnej vody. Kalciovo-bikarbonátový typ sa vyskytuje v granitoidných horninách a werfénских bridliciach, kalciovo-magnéziovo-bikarbonátový vzniká rozpúšťaním dolomitov. V kremencovom súvrství je voda nevýrazného kalciovo-bikarbonátového typu a kalciovo-sulfátovo-bikarbonátového typu.

Tab. 1.

Typy hornín	Počet prameňov	Výdatnosť prameňov l/s			Celkový str. odtok z prameňov l/s/km ²	Rozloha		Stupeň zvodnenia
		rozpätie	charakte- ristická	priemerná		km ²	‰	
Žuly prašivského typu	92	0,05—12,5	0,05—0,4	0,76	2,58	27,1	33	relatívne veľmi zvodnené
Karbonat. horniny triasu	36	0,02—30,0	0,05—0,3	1,08	2,61	13,2	18,5	relatívne veľmi zvodnené
Kremencové súvrstvie	49	0,1—4,0	0,1—0,3	0,46	1,22	18,5	22,5	relat. stredne zvodnené
Werfénske bridlice	17	0,05—0,5	0,05—0,3	0,165	0,475	7,2	9,0	málo zvodnené
Lunzské vrstvy	11	0,01—0,5	0,01—0,1	0,119	0,31	4,2	5,5	málo zvodnené
Súvrstvie sp. kriedy (neok)	12	0,1—6,0	0,1—0,3	0,69	0,89	9,5	11,5	málo zvodnené

Stupeň zvodnenia

< 1,0 l/s/km²
 1—2 l/s/km²
 > 2 l/s/km²

málo zvodnené
 relatívne stredne zvodnené
 relatívne veľmi zvodnené

Výskyty minerálnej vody

V skúmanom území vyviera minerálna voda v štyroch oblastiach: v Železnom je jeden prameň, v obci Liptovská Lúžna dva, v doline Banské (kataster obce Liptovská Lúžna) sú tri pramene a v kúpeľoch Korytnica je osem zdrojov minerálnej vody (pramene a vrty).

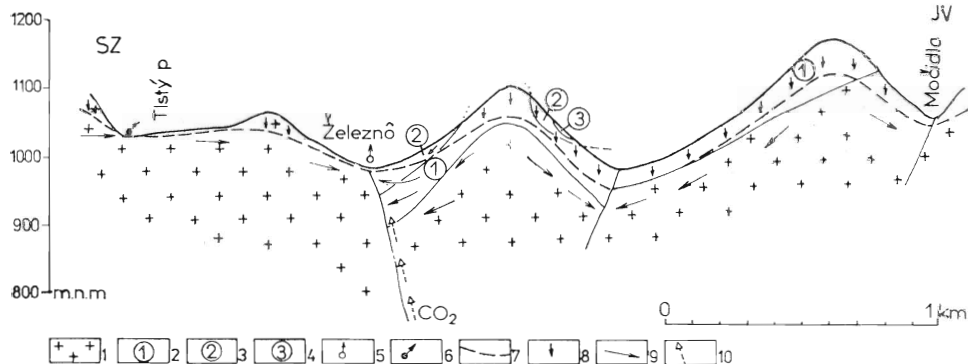
Železnô

Minerálna voda nevýrazného kalciovo-sulfátového typu (tab. 2) vyviera v prameni Hviezdoslav, ktorý je na dne železniarskej synklinály. Prameň je na križovaní pozdĺžneho a šikmého zlomu. J. Volko-Starohorský (1935) opísal výrony CO_2 na S od prameňa Hviezdoslav v starom ramene potoka.

Najviac podzemnej vody s hlbším obehom prúdi do železniarskej synklinály z J, z vrásky Prievalca. Hrebeň tejto vrásky tvorí mylonitizovaná žula lemovaná kremencovým súvrstvom. Infiltrovaná voda prúdi cez tieto horniny smerom na SZ pod werfénske bridlice, ktoré vyplňajú železniarsku synklinálu (obr. 1). Na križovaní zlomov vystupuje CO_2 , ktorý jednak zrýchľuje tvorbu minerálnej vody a jednak ju vytláča k povrchu.

Prúdenie vody do železniarskej synklinály zo S (vrásky Tlstěj) je obmedzené drenážnym účinkom Tlstého potoka. Spád hladiny podzemnej vody je od potoka po minerálny prameň pomerne malý.

Na tvorbe minerálnej vody sa zúčastňujú aj strednotriasové dolomity križňanského príkrovu a gutensteinské vápence a rauvaky obalovej jednotky. Tieto karbonatické horniny sa vyskytujú juhozápadne od Železného. Vodu z nich privádza do prameňa tektonická porucha, ktorá smeruje od JZ naprieč železniarskou synklinálou. Obeh tejto vody je plytší ako obeh vody v kryštaliniku a odohráva sa na styku karbonatických hornín s werfénskymi bridlicami.



Obr. 1. Schematický hydrogeologický rez minerálnym prameňom v Železnom.

1 — žuly, 2 — kremencové súvrstvie, 3 — werfénske bridlice, 4 — gutensteinské vápence, 5 — minerálny prameň, 6 — obyčajný prameň, 7 — hladina podzemnej vody, 8 — infiltrácia vody, 9 — prúdenie podzemnej vody, 10 — výstup CO_2 .

Fig. 1. A schematic hydrogeological section through the mineral spring in Železnô. 0 — granites, 1 — quartzite sequence, 2 — werfenian schists, 3 — Gutenstein limestones, 4 — mineral spring, 5 — fresh spring, 6 — underground water table, 7 — infiltration of water, 8 — flow of underground water, 9 — emanation of CO_2 .

Tab. 2.

Prameň	t. v °C	Voľný CO ₂ mg/l	Celk. min. mg/l	Iónové zloženie mg/l										r Mg	r Na	Chem. typ
				Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Fe ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	r Ca	r K	
Hviezdoslav (oblasť Železnô)	7,5	2.686	3546,6	0,9	2,70	2,7	685,37	170,24	8,7	16,43	3,04	1250,55	1403,00	0,41	1,69	nevýrazný Ca — SO ₄
Medokýš v bú (oblasť: dolina Banské — Lipt. Lúžna)	6,0	1.598	2209,2	0,79	34,20	19,50	410,82	51,07	5,7		3,69	154,31	1464,0	0,20	5,06	Ca — HCO ₃
Kadlub v Banskom (dolina Banské — Lipt. Lúžna)	8,0	1.008	474,57	0,25	8,20	3,40	62,12	11,55	1,0	24,83	1,3	37,86	286,70	0,31	4,09	Ca — HCO ₃
Výver v Banskom (dolina Banské — Lipt. Lúžna)	6,0	1.070	2073,9		47,36		386,4	61,77		6,4	1,5	158,83	1409,5	0,26		Ca — HCO ₃
Kadlub pri mlyne (Lipt. Lúžna-obec)	8,5	989	3978,78	9,47	95,20	15,20	729,46	136,19	10,3	8,32	4,12	1360,42	1555,5	0,31	10,64	prechodný Ca — SO ₄ — HCO ₃
Bory (Lipt. Lúžna-obec)	9,8	2.114	1300,66	0,71	50,70	10,10	180,36	51,07	5,3	7,2	3,04	109,46	829,60	0,47	8,54	Ca — HCO ₃
Vojtech — I. (Korytnica)	8,9	650	3105,1	2,1	10,6	1,2	607,61	157,59		12,98	4,6	1570,28	713,91	0,43	15,3	Ca — SO ₄
Vojtech — II. (Korytnica)	9,1	2.450	2981,9	1,0	10,2	2,6	545,08	159,53		13,58	3,2	1170,3	1043,40	0,48	4,9	nevýrazný Ca — SO ₄
Jozef (Korytnica)	7,1	3.350	3609,2	1,6	12,8	3,6	668,53	189,69		10,4	2,6	1415,56	1263,07	0,47	4,3	nevýrazný Ca — SO ₄
Žofka (Korytnica)	7,6	2.880	3525,01	1,8	11,4	4,0	655,7	188,72		4,16	2,6	1382,64	1232,56	0,48	4,9	nevýrazný Ca — SO ₄
Klement (Korytnica)	7,3	3.380	3378,2	1,4	14,8	3,8	604,4	192,61		5,98	3,4	1354,66	1153,24	0,53	7,1	nevýrazný Ca — SO ₄
Anton (Korytnica)	6,9	3.000,0	3319,43	1,4	9,8	2,8	614,02	170,24		10,22	3,2	1139,85	1336,29	0,46	6,0	nevýrazný Ca — SO ₄
BJ-2 (Korytnica)	9,4	2.225,0	3570,0	2,2	16,8	7,6	626,85	203,31		7,81	1,5	1399,10	1244,76	0,53	3,84	nevýrazný Ca — SO ₄
Viera (Korytnica)	5,9	2.230	337,3		2,4	1,2	24,04	31,12		13,08	1,6	36,21	213,56	2,18	3,3	Mg — HCO ₃

cami. Rozloha karbonatických hornín je malá, a preto nemôže v podstatnej miere ovplyvniť kapacitu minerálneho prameňa.

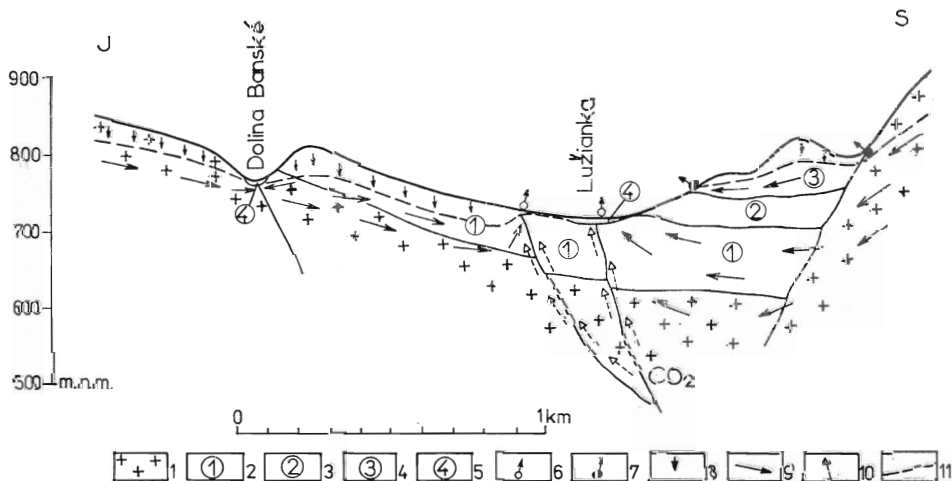
Podstatnú časť svojho chemického zloženia získava minerálna voda rozpúšťaním kalcium-sulfátov vo werfénových bridliciach. Minerálna voda sa cez tieto horniny pretláča po tektonickej poruche z hlbšieho podložia alebo steká po ich styku s karbonatickými horninami. Kalciumbikarbonáty, ktorých je vo vode menej, vznikajú hydrolytickým štiepením silikátov a rozpúšťaním karbonátov. Vek minerálnej vody (K. Malatinský et al. 1973) je 10–11 alebo 13–14 rokov.

Minerálny prameň Hviezdoslav je na najnižšom mieste železnianskej synklinály. V jeho okolí sú dosť rozsiahle močariny. Dá sa predpokladať, že minerálna voda tu vystupuje vo väčšom, plošnom vývere. Uvedený prameň je iba čiastkovým prejavom celej výverovej oblasti. Je predpoklad, že by sa hlbším zachytením dalo získať väčšie množstvo minerálnej vody.

Liptovská Lúžna

Minerálne pramene Kadlub pri mlyne a Bory sa nachádzajú v lúžňanskej synklinále. Prameň Kadlub pri mlyne je v pravom brehu potoka Lužianka a 300 m južne od neho je vo svahu prameň Bory.

Chemické zloženie minerálnej vody z týchto prameňov je rozdielne. Voda z prvého prameňa je kalciovo-sulfátovo-bikarbonátového typu, z druhého kalciovo-bikarbonátového typu. Rozdiely v chemizme, ale aj v mineralizácii sú spôsobené odlišnými podmienkami obehu a tvorby minerálnej vody.



Obr. 2. Schematický hydrogeologický rez minerálnymi prameňmi v Liptovskej Lúžnej. 1 — žuly, 2 — kremencové súvrstvie, 3 — werfénne bridlice, 4 — dolomity, 5 — kvartér, 6 — minerálny prameň, 7 — obyčajný prameň, 8 — infiltrácia vody, 9 — prúdenie podzemnej vody, 10 — výstup CO_2 , 11 — hladina podzemnej vody.

Fig. 2. A schematic hydrogeological section through mineral springs in Liptovská Lúžna.

1 — granites, 2 — quartzite sequence, 3 — werfénian schists, 4 — dolomites, 5 — Quaternary, 6 — mineral spring, 7 — common spring, 8 — infiltration of water, 9 — flow underground water, 10 — emanation of CO_2 , 11 — underground water table.

Ramená lúžňanskej synklinály sú z granitoidných hornín. Jej výplňou je kremencové súvrstvie a werfénske bridlice, nad ktorými sú na pravej strane údolia ostrovčeky dolomitov obalovej jednotky. Pozdĺž synklinály prebiehajú zlomové línie, popri ktorých boli ramená synklinály vyzdvihnuté.

Minerálna voda prúdi do prameňa Bory z južného ramena synklinály. Dĺžka podzemného toku nie je veľká. V smere schematického hydrogeologického rezu (obr. 2) siaha len do doliny Banské. Prúdenie v šikmom smere z juhovýchodnej strany je o niečo dlhšie. Podzemnú vodu z vyšších častí svahov masívu Prašivej drénuje zlomová línia prebiehajúca dolinou Banské. Výstup minerálnej vody podmieňuje pozdĺžna zlomová línia, ktorá je odnožou hlavnej línie v strede údolia. Po tejto línii vystupuje CO_2 . Menší obsah soli v minerálnej vode (974–1300 mg/l) je spôsobený krátkym kontaktom vody s horninou. Zdrojom mineralizácie je kremencové súvrstvie a granitoidné horniny.

Prameň Kadlub pri mlyne zásobuje voda, ktorá prúdi od S, zo svahov masívu Tlstá. Jej obeh je v porovnaní s vodou vystupujúcou v prameni Bory dlhší a hlbší, čo sa prejavuje aj na mineralizácii (3535–3978 mg/l). Zlom na okraji masívu Tlstej drénuje vodu hlbšieho obehu. V synklinále táto voda prestupuje do kremencového súvrstvia, nad ktorým sú werfénske bridlice. Tie vytvárajú nepriepustný strop, ktorý sa ťahne od uvedeného zlomu po potok Lužnianka.

Na južnom okraji masívu Tlstá sú malé, zväčša suťové pramene, ktoré tento masív vo väčšej miere neodvodňujú. Infiltrovaná voda sa zúčastňuje na hlbšom obehú a na pozdĺžnom zlome v strede lužnianskej synklinály sa preplyňuje a vystupuje na povrch. Potvrdzuje to aj vek vody (18–19 rokov; K. Malatinský et al. 1973).

Prameň Kadlub pri mlyne je len čiastkovým prejavom minerálnej vody vystupujúcej z tejto hydrogeologickej štruktúry. Väčšie množstvo vody preniká skryte do aluviálnych náplavov, resp. priamo do potoka Lužnianka, kde sú asi 5 m nižšie od uvedeného prameňa výrony CO_2 . Možno predpokladať, že hlbokým zachytením minerálnej vody pod náplavami sa získa kvalitnejšia voda väčšej výdatnosti.

Dolina Banské

Juhozápadne od obce Liptovská Lúžna sú v doline Banské tri minerálne pramene. Najnižšie Medokýš v búde, asi 250 m vyššie sú pramene Kadlub a Výver v Banskom, ktoré sú od seba vzdialené asi 20 m. Uvedené pramene sa vyskytujú na krížovaní výraznej priečnej zlomovej línie, ktorá vedie dolinou Banské, a menej výraznej pozdĺžnej tektonickej poruchy. Tá smeruje z doliny Patočiny a končí sa v doline Banské medzi minerálnymi prameňmi.

Pozdĺžna tektonická línia rovnobežná so schematickým hydrogeologickým rezom (obr. 3) drénuje vodu hlbšieho obehu z ľavej strany doliny, ktorá je zo žuly. Menšie množstvo vody priteká z oblasti Čierneho vrchu, kde sa vyskytuje neokómske súvrstvie krížňanského príkrovu. Priečny zlom pôsobí na vodu prúdiacu od Z po pozdĺžnom zlome ako prekážka.

Minerálna voda je kalciovo-bikarbonátového typu (tab. 2). Na jej tvorbe sa zúčastňujú granitoidné a karbonatické horniny z oblasti Čierneho vrchu.

Výdatnosť minerálnych prameňov v doline Banské je nepatrná. Je odôvodnené predpokladať, že časť vystupujúcej minerálnej vody skryte odteká po medzi baľvanité suty, ktoré vyplňajú dno doliny. Keďže dolina drénuje po-

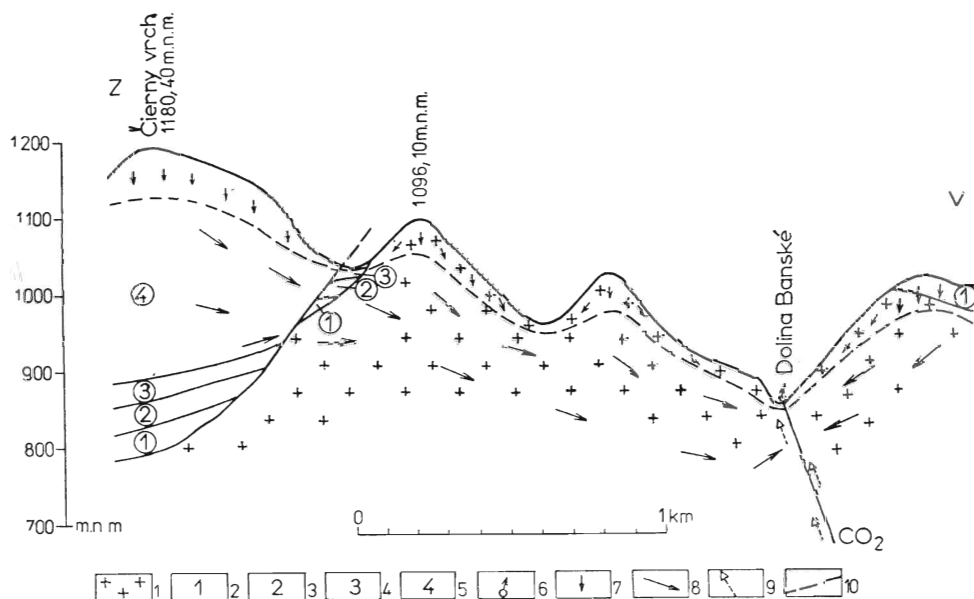
merne veľké množstvo obvyčajnej vody plytkého obehu (v porovnaní s množstvom minerálnej vody) a medzi týmito dvoma oběhmi nie je hydrogeologický izolátor, nemožno predpokladať, že by hlbší zachytňý objekt mohol zachytiť väčšie množstvo kvalitnej minerálnej vody.

Kúpele Korytnica

Sedem zdrojov minerálnej vody v kúpeľoch Korytnica je na miernom svahu vpravo od malého nepomenovaného potoka, ktorý priteká z ľavej strany doliny Medokýš. Zdroje sú na ploche 150 × 100 m.

Pôvodne tu boli štyri pramene, ktoré neskôr boli zachytené vrtmi (Vojtech I, Vojtech II, Jozef, resp. Žofka, zachytená do studne). K nim pribudli ďalšie vrty (prameň Klement, Anton a BJ-2). Minerálna voda je nevýrazného kalciovo-sulfátového typu, resp. kalciovo-sulfátového typu (Vojtech I, *ib.* 2). Prameň Viera je v lese 0,5 km juhovýchodne od kúpeľov. Voda z neho je obvyčajná kyselka magnéziovo-bikarbonátového typu.

Minerálna voda v oblasti Korytnica vyviera na priečnej zlomovej línii, ktorá má smer SZ—JV, zo zaklesnutej tektonickej kryhy. Túto kryhu tvoria werfénske bridlice. Tie nemajú svoj pôvodný vzhľad. Sú svetlozelené, tenkošupinaté,



Obr. 3. Schematický hydrogeologický rez minerálnymi prameňmi v doline Banské. 1 — žuly, 2 — kremencové súvrstvie, 3 — werfénske bridlice, 4 — dolomity, 5 — spodnokriedové súvrstvie, 6 — minerálny prameň, 7 — infiltrácia vody, 8 — prúdenie podzemnej vody, 9 — výstup CO₂, 10 — hladina podzemnej vody.

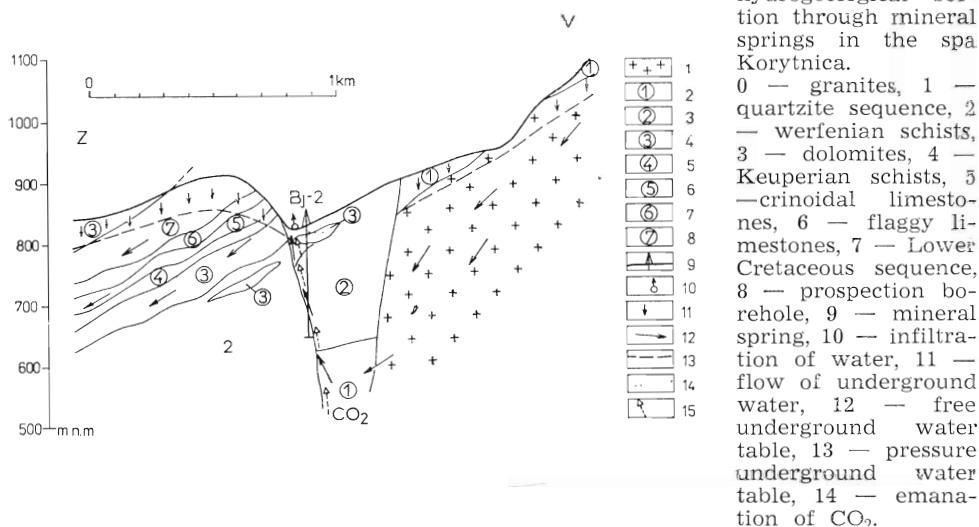
Fig. 3. A schematic hydrogeological section through mineral springs in the valley Banské.

0 — granites, 1 — quartzite sequence, 2 — werfenian schists, 3 — dolomites, 4 — Lower Cretaceous sequence, 5 — mineral spring, 6 — infiltration of water, 7 — flow of underground water, 8 — emanation of CO₂, 9 — underground water table.

tektonicky veľmi porušené. Svoju pôvodnú vrstvitosť stratili a majú charakter značne premiesenej horniny, v ktorej sú úlomky svetlozeleného slienitého dolomitu. Tieto horniny pokladáme za mylonity werfénских bridlíc. Ich mylonitizáciu spôsobilo presúvanie krížňanského prikrovu po obalovej jednotke. V oblasti minerálnych prameňov sa vo vrchných častiach mylonitov nachádzajú niekoľkometrové polohy dolomitu, ktoré pravdepodobne reprezentujú šupiny v bazálnej časti presúvajúceho sa krížňanského prikrovu.

V mylonitizovaných werfénских bridliciach sa zistili polohy a vrstvičky anhydritu a kalciosulfátu — hemihydrátu (K. Malatinský et al 1973). Vo výverovej oblasti sa zistili žilky sadrovca aj v polohách dolomitov (D. Andrusov 1942a, b; M. Maheľ 1951).

Západne od poklesnutej kryhy sa vyskytujú werfénские bridlice a karbonatické horniny krížňanského prikrovu s úklonom na Z (obr. 4). Úklon vrstiev



Obr. 4. Schematický hydrogeologický rez minerálnymi prameňmi v kúpeľoch Korytnica.

1 — žuly, 2 — kremencové súvrstvie, 3 — werfénские bridlice, 4 — dolomity, 5 — keuperské bridlice, 6 — krinoidové vápence, 7 — doskovité vápence, 8 — spodnokriedové súvrstvie, 9 — prieskumný vrt, 10 — minerálny prameň, 11 — infiltrácia vody, 12 — prúdenie podzemnej vody, 13 — voľná hladina podzemnej vody, 14 — tlaková hladina podzemnej vody, 15 — výstup CO₂.

určuje smer prúdenia podzemnej vody. Z toho dôvodu zo Z do výverovej oblasti podzemná voda nepriteká. Prúdi sem voda z kryštalinického masívu Prašivej, ktorý je voči výverovej oblasti vyzdvihnutý. Zlom medzi výverovou oblasťou a masívom Prašivá, na ktorom sa stýkajú werfénские bridlice a granitoidné horniny, je vo vrchných častiach nepriepustný. Podzemná voda v masíve Prašivá prúdi do väčšej hĺbky, až do miest, kde sa na zlomovej línii granitoidné horniny stýkajú s kremencovým súvrstvom. V tých miestach podzemná voda s hlbším obehom preniká z masívu Prašivej do nižšej tektonickej kryhy, kde sa preplýnuje a vystupuje k povrchu. V blízkosti povrchu vnikajú

do zavrásnených šupín dolomitov v mylonitizovaných werfénских bridliciach. Šupiny dolomitov vytvárajú vhodné prostredie pre akumuláciu minerálnej vody. Relatívne hlbší obeh minerálnej vody potvrdzuje aj jej vek (18–19 rokov; K. Malatinský 1973).

Všetky zdroje minerálnej vody sú hydraulicky spojené. Ich sumárna vydatnosť sa pohybuje okolo 60 l/min.

Vznik minerálnych vôd a ich infiltračné oblasti

Minerálne vody na severozápadných svahoch Prašivej sú preplynené vadózne vody kontinentálneho pôvodu.

Z celého množstva zrázkovej vody, ktorá infiltruje do horninového prostredia, sa väčšia časť zúčastňuje na plytkom obehu, len menšia časť na hlbokom obehu. Plytký obeh podzemnej vody je v skúmanom území v kvartérnych sedimentoch a v podpovrchovej zóne zvetrávania skalného podkladu a nezasahuje pod miestnu eróznú úroveň. Voda plytkého obehu je v kontakte s horninovým prostredím pomerne krátky čas. Z hľadiska obsahu rozpustných minerálnych látok je to obyčajná voda a na povrch vystupuje v suťových, puklinových a v niektorých prípadoch vo vrstvových prameňoch. Menšie množstvo infiltrujúcej vody zostupuje pod miestnu eróznú úroveň. Podstatná časť vody hlbšieho obehu sa zúčastňuje na tvorbe minerálnych vôd. Opísané minerálne vody vznikajú v dvoch etapách. V prvej infiltruje zrážková voda do hĺbky. Počas zostupného prúdenia sa mineralizuje a získava teplotu od horninového prostredia. Formovanie chemizmu vody v prvej etape sa dokončuje v miestach so zníženou priepustnosťou, ale najmä na báze priepustných hornín, kde sa zostupné prúdenie vody končí. Prvá etapa formovania skúmaných minerálnych vôd sa odohráva v prostredí kremencového súvrstvia a granitoidných hornín, len na tvorbe minerálnych vôd z doliny Banské sa v prvej etape ich tvorby sčasti zúčastňujú karbonátické horniny zo spodnokriedového súvrstvia a na tvorbe minerálnej vody v Železnom strednotriasové karbonáty.

V prvej etape formovania minerálnej vody sa z chemických procesov najviac uplatňuje hydrolytické štiepenie silikátov a rozpúšťanie karbonátov. Výsledkom obidvoch procesov je kalciovo-bikarbonátový typ vody.

Do miest, kde voda hlbšieho obehu stagnuje, vystupuje po hlboko založených zlomoch juvenilný CO_2 . Tu sa začína druhá etapa formovania minerálnej vody a zároveň jej výstup na povrch. Kyslíčnik uhličitý sa úplne alebo len sčasti rozpúšťa vo vode a urýchľuje jej ďalší proces mineralizácie. Druhá etapa formovania minerálnej vody prebieha v rovnakom prostredí ako prvá etapa, okrem spodnokriedových hornín. Okrem toho sa na tvorbe minerálnej vody v Korytnici, v Železnom a v prameni Kadlub pri mlyne zúčastňuje rozpúšťanie kalciosulfátov vo werfénских bridliciach. Minerálny obsah korytnickej vody sa dotvára v dolomitových šupinách blízko pod povrchom, kde sa voda druhotne akumuluje.

Predpokladáme, že prvá etapa formovania skúmaných minerálnych vôd prebieha v hĺbke do 150–200 m, len v žriedlovej štruktúre v Korytnici v hĺbke 200–300 m. Teplota minerálnej vody nepoukazuje na to, že pochádza z takejto hĺbky. Vzhľadom na malú výdatnosť minerálnych prameňov sa pri výstupnom prúdení minerálna voda ochladzuje od 15 m po povrch. V korytnickej výve-

rovej oblasti bola zistená zóna ustálenej teploty 7,0–7,3 °C v hĺbke 10–16 m. Teplota vody z vrtu Bj-2 z hĺbky 152,0 m kolíše od 8,3–9,9 °C. Tieto hodnoty naznačujú, že sa minerálna voda zúčastňuje na hlbšom obehu pod zónou ustálenej teploty. Výkyv teploty vody poukazuje na jej ochladzovanie. Maximálna teplota 9,9 °C, zistená na ústí vrtu, nezodpovedá ložiskovej teplote. Predpokladáme, že ložisková teplota je vyššia.

Všetky opísané minerálne pramene majú svoje infiltračné oblasti na priľahlých svahoch. Infiltračná oblasť prameňov v Korytnici je na západných svahoch kóty Prašivá, prameňa Kadlub pri mlyne na juhozápadných svahoch masívu Tlstá, prameňa Bory na severnom úpätí Veľkej Chochule. Uvedené oblasti sú tvorené granitoidnými horninami a kremencovým súvrstvom. Prameň Hviezdoslav v Železnom má infiltračnú oblasť na severných svahoch Veľkej a Latiborskej hole, ktoré sú z rovnakých hornín ako pri predchádzajúcich prameňoch. Okrem toho je ešte na severovýchodných svahoch Sennej kopy, kde sú dolomity. Pramene v doline majú svoju infiltračnú oblasť na severných svahoch Veľkej Chochule a na východných svahoch Čierneho vrchu, kde sú okrem granitoidných hornín čiastočne zastúpené aj karbonatické horniny.

Doručené 10. 2. 1975

Odporúčil O. Franko

LITERATÚRA

- Andrusov, D. 1942a: Geologické posúdenie vrtieb č. 2 a č. 4 Korytnica. Manuskript — Geofond, Bratislava, 4 s.
- Andrusov, D. 1942b: Geologické posúdenie vrtieb III, V, VII, VI Korytnica. Manuskript — Geofond, Bratislava, 5 s.
- Bujnovský, A. 1971: Mezozoikum SZ časti N. Tatier (oblasť medzi Lupčiankou a Revúcou. Manuskript — archív GÚDŠ, Bratislava.
- Cseh, L. 1892: Odborný posudok o stanovení chránenej oblasti pre kúpele Korytnica, ležiace v Liptovskom komináte, nachádzajúcich sa v držbe pána Preisicha a spoločníkov — ako aj pre kúpeľne minerálne pramene Korytnice: Žofiu, Albrechta, Helenu a Františka — Jozefa. Manuskript — Geofond, Bratislava, 12 s.
- Dujčík, J. 1972: Horný Váh — registrácia prameňov. Manuskript — archív IGHP, Žilina 194 s.
- Franko, O. 1959: Návrh na dočasné ochranné pásma pre kúpele a žriedla Slovenska patriace pod Poverenie zdravotníctva. III. časť. Manuskript — archív IGHP, Žilina, 41 s.
- Franko, O. 1970: Štúdium genézy komplexného chemického a plynného zloženia a režimu termálnych vôd a minerálnych vôd v Liptovskej kotline. [Ročná správa za rok 1969.] Manuskript — archív GÚDŠ, Bratislava.
- Hensel, J. et al. 1951: Balneografia Slovenska, 1. vyd. Bratislava, SAVU.
- Koutek, J. 1930: Geologické studie na severozápade Nízkých Tater. Sbor. Ústř. úst. geol. (Praha), 9, s. 413–526.
- Koutek, J. 1936: O geologické pozíci minerálních pramenů v Železnem v Nízkých Tatrách. Věstník balneologické společnosti, Praha.
- Kravjanský, I. 1962: K problematike zrudnenia v Nízkých Tatrách a príľahlých pohoriach. Geol. práce, Zoš. 62 (Bratislava), s. 155–165.
- Kubiny, D. 1962: Geologická pozícia starohorského kryštalinika. Geol. práce, zoš. 62 (Bratislava), s. 109–115.
- Kubiny, D. 1969: Hlbinné zlomy Západných Karpat. Geol. práce, Spr. 47 (Bratislava), s. 45–51.
- Lukniš, M. et al. 1972: Slovensko 2. Príroda, 1. vyd. Bratislava, Obzor, 917 s.
- Maheľ, M. 1951: Hydrogeologické pomery v Kúpeľoch Korytnica. Manuskript — archív MZ SSR, Bratislava, 10 s.

- Maheľ, M. et al. 1967: Regionální geologie ČSSR II. Západní Karpaty. (Praha), Ústř. ústav geol., 486 s.
- Malatinský, K. et al. 1973: Korytnica — hydrogeologický prieskum minerálnych prameňov. Manuskript — archív IGHP Žilina, 42 s.
- Matějka, A. 1931: Geologie de la vallée de la Revúca — Carte geologique de la vallée de Revúca 1 : 50 000. (Praha), Knihovna SGÚ.
- Tkáčik, P. 1963: Výskum prameňov minerálnej vody — Stredoslovenský kraj, okres Lipt. Mikuláš. Manuskript — archív IGHP, Žilina 439 s.
- Volkó-Starohorský, J. 1935: Kúpele Železnô z prírodovedného stanoviska. Lipt. Sv. Mikuláš, Nakladateľstvo múzea Slov. krasu.
- Atlas podnebia ČSR 1958, 1. vyd. Praha. Ústřední správa geodezie a kartografie.

MINERAL WATERS ON NORTHWESTERN SLOPES OF PRAŠIVÁ

KAZIMÍR MALATINSKÝ

In the region studied mineral springs of carbonic waters occur in four areas: Železnô, Liptovská Lužná, the valley Banské, and Korytnica. The problem concerning the genesis of mineral water in these areas is solved with respect to fresh water. On the basis of permeability, the rocks are divided into three groups: comparatively very permeable (granitoid rocks and dolomite-limestone complexes of rocks); comparatively medium-permeable (quartzite beds), and slightly permeable (Werfenian schists, Lunz beds and the Lower Cretaceous beds). Chemistry of fresh and mineral waters is affected by hydrolytic decomposition of silicates, dissolution of carbonates and calcium — sulphates (anhydrite, calcium — sulphate — hemihydrate, gypsum) and ion — exchange reactions. Formation of mineral waters is supported by juvenile CO₂.

In Železnô, in the Hviezdoslav spring is mineral water of slightly calcium — sulphate type. Formation of the water is affected by granitoid rocks, quartzite sequences, gypsum layers in the Werfenian schists, and partially by Middle — Triassic carbonatic rocks.

In the area of Liptovská Lužná, in the spring Bory water is calcium — bicarbonate and forms in the environment of granitoid rocks and in a quartzite sequence. Of a different, intermediary type is water in the spring Kadlub near a mill. It is presumed, that two types are mixed in the spring: the calcium — bicarbonate and calcium-sulphate. The first type forms in the same environment as the water in the spring Bory, the second-by dissolving gypsum.

In the valley Banské is water of the calcium-bicarbonatechemical type. The waters form in the environment of granitoid rocks, and partially in a Lower Cretaceous bed sequence.

Healing mineral waters in the spring area around the spa Korytnica originate from 7 springs (Vojtech I, Vojtech II, Jozef, Žofka, Anton, Klement and from the borehole Bj-2. Water from all these spring represents slightly calcium-sulphate type, except the spring Vojtech I with the calcium — sulphate type of water. The carbon dioxide water in the spring Viera, situated 0,5 km south-eastward from the spa — is of magnesium bicarbonate type.

The mineral waters studied are gasified vadose waters of continental provenance. Their chemistry is formed in two stages. The first stage is that of the descending flow of water in an environment of a quartzite bed sequence and of

granitoid rocks (in the spring area Železnô and in the valley Banské partially also in carbonatic rocks). The descending flow extends down to a depth of 150—200 m, in the spring structure of Korytnica — to a depth of 200—300 m.

The second stage of formation of chemistry of mineral water begins with afflux of juvenile CO_2 along deep-seated faults, into deeper flow of underground water. In the second stage, underground water ascends toward the surface. At the beginning the ascent takes place in the same environment as at infiltration. Later on, chemistry of mineral water is completed by bleaching gypsum layers from the werfenian schists (Železnô, Korytnica, the spring Kadlub near the mill) and by dissolving carbonates in tectonic scales forming secondary accumulation to the Korytnica mineral waters.

The infiltration areas of the mineral springs are on the surrounding slopes formed mostly of granitoid rocks and of quartzite sequence, and partially of carbonatic rocks.

Preložila E. Jassingerová

KRONIKA

Dve výročia profesora Benjamína Winklera

Banská Štiavnica bola v minulosti význačným vedeckým centrom a vychovala vo svojej akadémii rad vynikajúcich banských inžinierov a geológov, ktorí sa zaslúžili o rozvoj geologických a banských vied aj ďaleko za hranicami bývalého Uhorska. Jedným z nich bol Benjamin Winkler, ktorý sa neskôr stal druhým profesorom geologických vied akadémie. V súčasnosti si pripomíname jeho dve výročia — 140. výročie narodenia a 60. výročie úmrtia, a preto využívame príležitosť na to, aby sme stručne zhodnotili jeho vedeckú a pedagogickú činnosť.



Benjamin Winkler sa narodil roku 1835 v malej šarišskej obci Nižné Raslavice v okrese Bardejov. Stredoškolské štúdiá začal v Bardejove, pokračoval v nich v Sabinove a v Prešove a dokončil ich v Košiciach roku 1854. Vysokoškolské štúdiá absolvoval na Banskej a lesníckej akadémii v Banskej Štiavnici v rokoch 1854—1857. Počas štúdií si veľmi obľúbil mineralógiu a geológiu, ktoré v tom čase prednášal jeho predchodca na katedre mineralógie, geológie a paleontológie profesor Ján Pettko (1812—1890). Po skončení akademických štúdií vyslali B. Winklera ako banského praktikanta do štátnych železorných baní v Gyalári, kde mohol uplatniť vedomosti získané od profesora Pettka pri štúdiu banskogeologických pomerov gyalárskych železorných ložísk.

Začiatkom šesťdesiatych rokov sa B. Winkler zapojil do veľkolepého prehľadného geologickeho mapovania a výskumu úžitkových nerastov bývalej monarchie, ktoré v tom čase začali vykonávať geológovia Ríšskeho geologického ústavu vo Viedni. Preto roku 1863 prišiel do Viedne, kde ho vymenovali za cisársko-kráľov-

ského expektanta v geologickom ústave. Húževnatý B. Winkler sa na tomto pracovisku dostal do spoločnosti vynikajúcich viedenských geológov, akým bol F. Hauer (1822—1899), M. V. Lipold (1816—1883), F. Foetterle (1823—1876), D. Stúr (1827—1893), G. Stache (1833—1921), F. V. Andrian (1835—1914), K. M. Paul (1838—1900), E. Windakiewicz (1826—1876), F. Pošepný (1836—1895) a ďalší. Prednášky týchto geologických osobností, ako aj ďalších geológov, najmä V. Haidingera (1795—1871), O. Hingenaua (1818—1872), E. Suessa (1831—1914), zanechali v mladom B. Winklerovi hlboké dojmy a povzbudili ho do ďalšej aktívnej činnosti. Už počas prvého roku svojho pôsobenia

vo Viedni robil B. Winkler v laboratóriu rozbor stavebných kameňov a výsledky predniesol na odbornom zasadnutí ústavu 1. decembra 1863. V nasledujúcom roku ho uviedol do terénu vynikajúci geológ F. Hauer, aby sa oboznámil s vyznačovaním geologickej dokumentácie do mapy. Spoločne mapovali geologické pomery v Tríbeči, v katastroch obcí Topoľčianky, Jedľové Kostoľany, Žitavany, Brehy a v ďalších obciach na území bývalej Tekovskej župy. Ba vykonal aj samostatný geologický výskum územia Nitra — Žitavany a referoval o ňom na odbornom zasadnutí ústavu 1. januára 1865. Referát uverejnil aj v ročenke ústavu pod názvom *Geologische Beschaffenheit des Tribecsgebirges im nordwestlichen Ungarn*. Na marcovom zasadnutí predniesol ďalší referát o ložiskách železných rúd v Gyalári, ktoré spracoval ako banský praktikant počas pôsobenia na tomto ložisku.

V letných mesiacoch roku 1865 pracoval B. Winkler z poverenia ministerstva financií vo Viedni na výskumoch uhoľných ložísk v Zsilvölgyi. Vo výskume pokračoval aj v nasledujúcom roku spolu s Karolom Hofmannom (1839—1891). O výsledkoch týchto výskumov referoval na odbornom zasadnutí Prírodovedeckej spoločnosti v Pešti 19. januára 1870 a štúdiu uverejnil v časopise spoločnosti v tom istom roku.

Po rakúsko-uhorskom vyrovnaní preložili B. Winklera na banský odbor ministerstva financií do Pešti, kde pôsobil pri ministerskom radcovi Antonovi Péchovi (1822—1895) ako čestný ministerský koncipista. Keď bol roku 1869 založený Uhorský geologický ústav, menovali B. Winklera na tento ústav za pomocného geológa. Prvý riaditeľ ústavu Maximilián Hantken (1821—1883) ho poveril výskumom geologických pomerov pohorí Vertés a Gerecse na území uhoľných výskytov v okolí Ostrihomy, Tatý, Csakváru a Tetényu, ktorým mal nadviazať na výskumné práce členov Ríšskeho geologického ústavu vo Viedni z roku 1865 na žiadosť Ministerstva poľnohospodárstva, priemyslu a obchodu v Pešti z roku 1869.

Uznanie, ktoré získal Winkler za svoju viacročnú odbornú činnosť najmä vo Viedni od svojich kolegov, dokazuje aj to, že ho zvolili za prvého tajomníka Uhorskej geologickej spoločnosti a poverili redakciou prvého ročníka časopisu *Földtani közlöny*, ktorý začala vydávať spoločnosť roku 1871 v Pešti. Winkler redigoval prvých päť čísiel od 1. januára do mája 1871. Pretože musel na dlhší čas odcestovať do zahraničia, poverila spoločnosť redigovaním ďalších čísiel časopisu tajomníkov Jozefa Bernátha a Antona Kocha, ktorí pokračovali vo vytýčenom programe B. Winklera uverejnenom v prvom čísle. Už prvý ročník časopisu obohatil B. Winkler vlastnými štúdiami o geologickej stavbe pohoria Székesfehérvár — Velence a o baníckych pomeroch na ložisku zlata vo Verespataku, ako aj ďalšími správami pod značkou W. B.

Svoju redakčnú prácu musel Winkler zanechať, pretože ho uhorská vláda vyslala na prípravný kurz do Viedne, lebo ho vybrala ako jediného kandidáta na obsadenie katedry mineralógie, geológie a paleontológie na Banskej a lesníckej akadémii v Banskej Štiavnici po odchode profesora Pettka na dôchodok. Pred začiatkom prípravného kurzu absolvoval študijnú cestu do Berlína, aby sa zoznámil s modernými metódami geologického výskumu a absolvoval prednášky G. Roseho (1798—1873), H. E. Beyricha (1815—1896), P. H. Grotha (1843—1927), a tak mohol dôkladne pripravený nastúpiť do svojej funkcie v Banskej Štiavnici.

Keď vyhovel Pettkovej žiadosti o penzionovanie a 30. augusta 1871 ho uvoľnili na dôchodok, začal pedagogickú činnosť na katedre B. Winkler. Od 25. októbra prednášal, využívajúc pritom všetky svoje schopnosti, pretože pedagogickú činnosť pokladal za svoju prvoradú a najdôležitejšiu úlohu. Vzťah k mineralógii, geológii a paleontológii vstúpoval svojim poslucháčom kvalitnými prednáškami a praktickými pokynmi na exkurziách v teréne.

Hneď od začiatku pobytu v Banskej Štiavnici bol Winkler aktívny aj mimo akadémie. Po založení banskoštiavnickej pobočky Uhorskej geologickej spoločnosti v auguste 1871 sa 11. marca 1872 zúčastnil na zakladajúcej schôdke pobočky, na ktorej ho zvolili za jej tajomníka. V tejto funkcii pôsobil do 12. februára 1875, keď bol

na jeho miesto zvolený Gustáv Liszky (1843—1889). Hoci bol B. Winkler v Banskej Štiavnici čiastočne izolovaný od podnetných vplyvov literárnych centier, usiloval sa aj naďalej pokračovať vo svojej výskumnej a publikačnej činnosti. Na zasadnutí banskoštiavnickej pobočky geologickej spoločnosti 16. apríla 1879 podal správu o novom neraste urvölgyite (herrengrundite) zo Španej Doliny a jeho podrobný opis uverejnil ešte v tom istom roku. Z poverenia Spoločnosti lekárov a prírodovedcov v Banskej Štiavnici mal B. Winkler vypracovať štúdiu o geologických pomeroch okolia Banskej Štiavnice do monografie mesta. Ako uvádza I. Vitáliš (1870—1947), jeho nástupca na katedre, vo Winklerovom nekrológu, odcudzili mu prioritu objavu nového minerálu urvölgyitu a od opisu geologických pomerov okolia Banskej Štiavnice dobrovoľne odstúpil pod vplyvom veľkej autority profesora Jozefa Szabóa (1822—1894), ktorý vydal obsiahlu samostatnú geologickú monografiu roku 1891.

Zdá sa, že táto skutočnosť nezapôsobila na B. Winklera najlepšie a znechutila ho v ďalšej vedeckej práci. Od posledného referátu na zasadnutí banskoštiavnickej pobočky geologickej spoločnosti 22. decembra 1880 o novej teórii o vzniku žíl podľa poznatkov würzburgského profesora Sandberga sa B. Winkler na stránkach odborných časopisov odmlčal a venoval sa výlučne len práci v akadémii. Roku 1883 bola ešte uverejnená správa o jeho výskume geologických pomerov v pohorí Gerece a Vertés z roku 1870, ktorá podľa poznámky redaktora nebola z neznámych príčin uverejnená skôr.

Roku 1885 sa ešte B. Winkler zúčastnil so svojimi poslucháčmi na geologickej exkurzii do okolia Pátkostolia, aby študovali všeobecné geologické pomery banského okolia Pátkostolia, Szabolcsa a Vanasu. Pri tejto príležitosti navštívil aj Krajinskú výstavu v Budapešti.

Ďalšie pôsobenie B. Winklera v Banskej Štiavnici nie je doteraz dostatočne objasnené a vyžaduje si hlbšie archívne štúdium, ktoré môže priniesť ďalšie zaujímavé poznatky o jeho osobe. O publikačnej činnosti počas jeho pôsobenia v Banskej Štiavnici v nekrológu I. Vitáliš píše, že je vraj príkladom „priemerného osudu odborného spisovateľa, živoriaceho na vidieku“, čo je diskutabilné, pretože jeho kolegovia z akadémie boli v tom období práve publikačne najplodnejší. Ved' v Banskej Štiavnici vydávali časopis Bányászati és Kohászati lapok, v ktorom uverejňovali aj štúdie z geológie a mineralógie. A do toho časopisu mohol prispievať aj B. Winkler. Jeho odmlčanie sa v odbornej literatúre muselo mať iné pozadie, nie také, aké uvádza Vitáliš.

Rok 1898 bol pre B. Winklera tragický. Dostal porážku, musel byť penziovaný a s chromou nohou bol nútený žiť prevažne len vo svojom byte. Po smrti manželky roku 1913 sa jeho zdravotný stav veľmi zhoršil. B. Winkler bol pripútaný na lôžko a po dlhých útrapách 10. novembra 1915 zomrel.

Pamiatka B. Winklera zostáva medzi geológmi stále živá. Minerál urvölgyit nám pripomína jeho meno v mineralógii, kým v geológii sú to práce o Tribeči a maďarských pohoriach Velence, Vertés a Gerecsi. V ložiskovej geológii zachovávali jeho pamiatku štúdie o železných rudách v Gyalári, uhľovej panve v Zsilvölgyi, ťažbe zlatých rúd vo Verespataku a konečne v paleontológii *Limnocardium Winkleri*, ktorým ho uctil jeho najchýrnejší poslucháč Július Halaváts. A u svojich poslucháčov si získal dobré meno ako ušľachtilý a dobrosrdečný človek.

Ivan Herčko

LITERATÚRA

- Herčko, I.: Banskóštiavnicka pobočka Uhorskej geologickej spoločnosti. Z dejín vied a techniky, 8, Bratislava 1975 (v tlači).
 Ivan, L.: Profesorovi geologických vied na Štiavnickej Akadémii. Geol. zbor. 7, č. 1, Bratislava 1957, s. 16—17.
 Vitáliš, Š.: Kőszegi Winkler Benő emlékezete (1835—1915). Bányászati és Kohászati lapok, roč. 48, 2 zv., č. 23. Budapešť 1915, s. 425—427.

Vitáliš, Š.: Kőszegy Winkler Benő emlékezete (1835—1915). Selmebányai hirlap, roč. 25, č. 47, Selmebánya 21. novembra 1915, s. 3—4.

Zoznam publikovaných prác B. Winklera

1. A Zsilvögyi köszénmedencéről. Bányászati és kohászati lapok, 3, Selmebánya 1870, s. 51—55.
2. A Zsilvögyi köszénmedencéről. Természettudományi közlöny, roč. 2. Pest 1870, s. 51—55.
s. 121—130.
3. A verespataki aranybányászat viszonyai. Földtani közlöny, roč. 1, Pest 1872, s. 64—70.
4. Geologische Beschaffenheit des Trebicgebirges im nordwestlichen Ungarn. Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt. Verhandlungen d. k. k. R. A., roč. 15, Wien 1865, s. 9—10.
5. Eisensteine von Gyalár. Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt, Verhandlungen d. k. k. R. A., roč. 15. Wien 1865, s. 69—70.
6. Urvölgyit, egy új rézászvány Urvölgyről. Földtani közlöny, roč. 9, Budapest 1879, s. 121—124 (v nemčine na s. 156—159).
7. Sandberger elmélete az ércztelének képződéséről. Bányászati és kohászati lapok, roč. 15, Selmebánya 1882, s. 19—21, 30—31, 33—35, 50—52.
8. A Gerecse — és Vértes — hegység földtani viszonyai. Földtani közlöny, roč. 13, Budapest 1883, s. 287—296 (v nemčine na s. 337—345).

MINERALIA SLOVACA, roč. 8, č. 1 (31)

Vydal Geologický prieskum, n. p., Spišská Nová Ves v Alfe, vydavateľstve technickej a ekonomickej literatúry, n. p., 893 31 Bratislava, Hurbanovo nám. 6, tel. 314 41-6.

Redakcia Geoprieskum-Mineralia slovac, p. p. A-21 040 51 Košice, Stará Spišská cesta, tel. 385 32.

Tlač Východoslovenské tlačiarne, n. p., Košice. Zadané v októbri 1975, vytlačené vo februári 1976.

Cena jedného čísla 15 Kčs.

Objednávky adresujte redakcii časopisu.

Subscriptions and correspondence concerning advertisements be sent to SLOVART Ltd., Leningradská 12, 896 26 Bratislava.

The Mineralia Slovaca is also available on an exchange basis. For details please write to the Editor, Mineralia Slovaca, P. O. Box A-21, 040 51 Košice, Czechoslovakia.

VYDAVATEĽ:

SLOVENSKÁ
GEOLOGICKÁ SPOLOČNOSŤ
– BRATISLAVA

SLOVENSKÝ
GEOLOGICKÝ ÚRAD
– BRATISLAVA

INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ
A HYDROGEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P., ŽILINA

NAFTA, N. P., GBELY

GEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P.,
SPIŠSKÁ NOVÁ VES

