

MINERALIA SLOVACA



ROČNÍK 9 • ČÍSLO 5

alfa

Vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry • BRATISLAVA • 1977

Hlavný redaktor: Ing. Ján BARTALSKÝ, CSc.
 Vedecký redaktor: RNDr. Pavol GREČULA, CSc.
 Technický redaktor: Ing. Vasil HRINKO

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

OBSAH — CONTENTS

Ján Šajgalík: Makropórovitosť spraší a jej problematika — Loess macroporosity and its problems	321
Michal Lukáč: Pritoky podzemnej vody do ložiska Banská Štiavnica a možnosti jeho odvodnenia v závislosti od rýchlosti realizácie prieskumných prác — Ground water inflows to the Banská Štiavnica deposit and the possibilities of their drainage dependently on the rate of investigation works realizations	327
Rudolf Polák: Náčrt hydrogeologických pomerov severnej časti Roháčov — Outline of hydrogeological conditions of the Roháče northern part (West Tatras Mts.)	333
Miroslav Bím — Helena Tkáčová: Hydrogeologický prieskum mezozoika skupiny Zobora s využitím geofyzikálnych metód — Hydrogeological investigation of mesozoic of the Zobor group by using geological methods (Tribeč Mts.)	341
Kamila Cabalová — Dušan Cabala: Hydrogeologické pomery slovinsko-gelnického rudného rajónu — Hydrogeological conditions of the Slovinky — Gelnica ore zone (Spišsko-gemerské rudohorie Mts.)	347
Eudorít Cibulka: Doterajší stav a poznatky z hydrogeologického prieskumu flyšových oblastí na východnom Slovensku — The present state and facts on the hydrogeological investigation of flysch regions in the Eastern Slovakia	355
Jozef Malgót — František Baliak: Vplyv hydrogeologických podmienok na vznik gravitačných porúch východných svahov Kremnických hôr — Influence of hydrogeological conditions of the development of slope movements in the east slopes of Kremnické hory Mts.	361
Ladislav Melioris: Hydrogeochemia podzemnej vody kryštallických hornín Západných Tatier — Ground water geochemistry of the West Tatras crystalline rocks	367
Darina Cabalová: Príspevok k štúdiu inžinierskogeologických vlastností niektorých pieskovcových komplexov Slovenska s osobitným zreteľom na pórovitosť — Contribution to the study of engineering geological properties of several sandstone complexes of Slovakia with particular regard to porosity	373
Dušan Jalč — Peter Némethy: Príklad interpretácie čerpacích skúšok simulovaním na modeli — An example of pumping test interpretation by simulation on a model	381
Karol Hantel — Ivo Kazda: Výpočet filtračného prúdenia podzemnej vody — Solution of some ground water filtration flow problems by computer	387
Rudolf Ondrašik — Helena Handzušová: Použitie štatistických metód pri výskume puklinatosti — Use of statistical methods in the research of jointing	393

Makropórovitosť spraší a jej problematika

(3 obr. v texte)

JÁN ŠAJGALÍK*

Проблематка макропористости лессов

В статье автор рассматривает отсутствие единства классификаций макропористости лессов. Анализирует разные классификации, их положительные и отрицательные стороны и сам, на основе изучения лессов Подунайской низменности, предлагает их классификацию и документирует разные типы макропор.

Loess macroporosity and its problems

In the present paper the author deals with the disunited classification of loess macroporosity. He analyses various classifications, their positives and shortcomings and he himself, based on the research of loess of the Danubian plain, presents their classification and documents various genetical types of macropores.

Medzi najdôležitejšie vlastnosti spraší patrí pórovitosť. Podmieňujú ju nielen obyčajné póry, ktoré sa medzi zrnami zeminy vytvárajú bežne, ale aj póry tabulárneho tvaru, nazývané aj makropórmí. Termíny makropóra, makropórovitá, makropórovitosť, makropórová štruktúra ap. do literatúry zaviedol Ju. M. Abelev (1948). On a s ním aj mnohí iní teoretici mechaniky zemín pripisujú makropórovitosti veľký význam v procese preliačovania spraší. Naproti tomu N. I. Denisov (1963), A. K. Larionov (1959) a iní pokladajú vplyv makropórovitosti na preliačivosť spraší za nepodstatný.

Nedorozumenia v súvislosti s úlohou makropónov v procese preliačovania iste vznikli preto, že pojem makropór nebol presne vymedzený. Ani Ju. M. Abelev (1948) ich nevymedzuje presne. Raz hovorí: „Sú viditeľné prostým okom, veľkosť ktorých je značne väčšia ako pórov, ktoré závisia od formy a rozmerov častíc, z ktorých sa skladá skelet“, ale na inom mieste ich charaktéri-

* Doc. RNDr. Ján Šajgalík, CSc., Katedra geotechniky SVŠT, Radlinského 11, 834 20 Bratislava.

zuje takto: „Sú to trubičkovité kanáliky po rastlinných zvyškoch viditeľné prostým okom s priemerom do 1 mm“. Podľa N. J. Denisova (1953) sa priemer makropórov pohybuje od 0,5 do 2 mm a miestami dosahuje až 5, ba i viac mm. Podľa G. Stefanova a B. Kramerovovej (1960) je priemer kanálikov od 0,2 do 2 mm, ale pri niektorých sprášiach udávajú ich veľkosť v priemere 5 a viac mm. A. K. Larionov (1959) číselné hranice makropórov neuvádza. Bulharskí autori M. Minkov a K. Stoilov (1965), vidiac nejednotnosť v klasifikácii makropórov, zavádzajú metrickú klasifikáciu pórov. Aj oni tvrdia, že najťažšie je stanoviť hranice medzi mikropórmami a makropórmami. Keď sa berú do úvahy tradičné podmienky (viditeľnosť prostým okom) M. Minkov a K. Stoilov predpokladajú, že takouto hranicou by bola hodnota 0,1 mm. Predstavuje najmenšiu, ale ešte stále ľudským okom dobre rozlíšiteľnú hodnotu. Z toho dôvodu M. Minkov a K. Stoilov zavádzajú takúto metrickú klasifikáciu pórov:

1. Mikropóry — póry v menšom rozmere ako 0,1 mm, neviditeľné prostým okom.
2. Makropóry — póry od 0,1 do 2 mm — viditeľné prostým okom.
3. Chodbičky — od 2—20 mm.
4. Sufózne dutiny — veľké priestory vzniknuté v procese sufózie s rozmermi nad 20 mm.

Forma a charakter makropórov: Ju. M. Abelov (1948) makropóry neklasifikuje. Podľa neho sú to kanáliky rastlinných zvyškov a vylúhovaných solí. N. J. Denisov (1953) im pripisuje výlučne rastlinný pôvod.

Genetická klasifikácia I. I. Trofimova (1953) je veľmi podrobná, ale vzťahuje sa na všetky druhy pórov v sprášiach, a preto by podľa nej bolo isté druhy makropórov ťažko klasifikovať. Racionálnym jadrom tejto klasifikácie je genetický prístup, pretože I. I. Trofimov prvý zaviedol termíny, ako sú fytogénne, zoogénne, medzičasticové a medziagregátne póry, a upozorňuje na prekryštalizovanie, koaguláciu a vylúhovanie ako na pôrogetické faktory. I. P. Ivanov (1956) rozlišuje fytogénne, zoogénne, plynogénne, tzv. sufózne makropóry, ktoré vznikli vplyvom vylúhovania, a koagulačné makropóry. Zatiaľ čo spomenutí autori venujú pozornosť najmä genetickým faktorom a forme makropórov, A. K. Larionov (1959) dáva pri ich tvorbe a zložení prednosť časovému faktoru. Rozlišuje primárne (syngenetické) a sekundárne (epigenetické) makropóry a podľa stavu stien makropórov: 1. nestále, 2. stredne pevné, 3. pevné (cementované).

K zoogénnym makropórom všetci autori pričleňujú chodby červov a ležovísk hlodavcov. Pretože tieto póry majú priemer nad 2 mm, M. Minkov — K. Stoilov (1965) ich pokladajú za makropóry, ale volajú ich „chodbičky a dutiny“.

Podľa doterajších poznatkov, ktoré sme doplnili vlastným výskumom, a to štúdiom pórovitosti spráši Trnavskej pahorkatiny, za najpriateľnejšiu pokladáme klasifikáciu makropórov na základe genézy, časového faktora a podľa zloženia.

Podľa genézy rozlišujeme tieto makropóry:

a) Fytogénne. Tvoria sa na miestach zhnitých koreňov, stebiel, listov a koreňov rozličných jednoročných trávnych rastlín. Majú okrúhle, ostatné

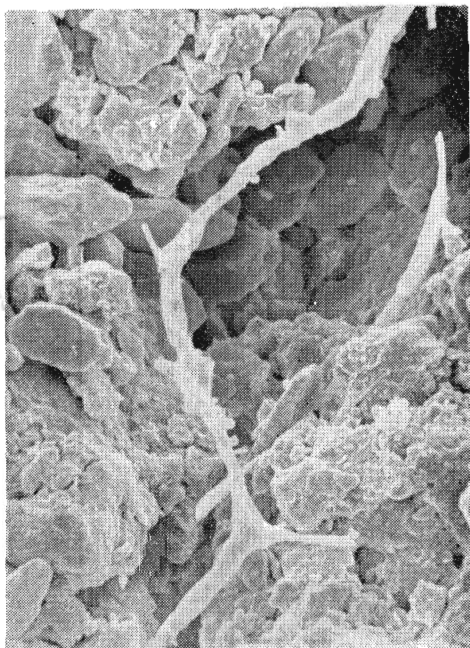
priečne rezy rozličnej formy. Fytogénne makropóry sa v sprašiach vyskytujú najčastejšie. Prevládajú v eolickej spraši, časté sú v deluviálnych sprašiach, ako aj v zóne vplyvu vody pri všetkých genetických druhoch spraší.

b) Koagulačno-kryštalizačné (medziagregátne). Tvorí sa pri agregácii častôčiek pod vplyvom koagulačného kryštalizačného procesu. Majú nepravidelnú formu a vyskytujú sa hlavne v silne karbonatických sprašiach, v karbonatických horizontoch pôdy v sprašovej hline s agregátnou štruktúrou, ako aj v iluviálno-karbonatizovaných horizontoch spraší rozličného druhu.

c) Pedogénne. Tvorí sa pri vzniku štruktúr pôd (súčasných i fosilných) tak, že vyplňajú priestory medzi pôvodnými agregátmi. Majú nepravidelnú formu a vyskytujú sa najmä v humusových horizontoch a v hornej časti karbonatických horizontov (A + B) pôdy.

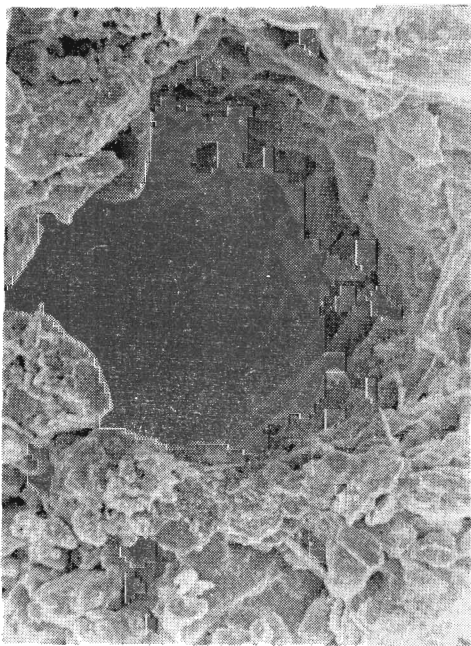
d) Plynogénne. Tvorí sa najmä pri vysychaní sedimentu na miestach uzatvorených vzduchových bublín. Majú oválny alebo bôbovitý tvar a vyskytujú sa najčastejšie v subakvatických sprašových útvaroch.

e) Sufózne. Vznikajú pri mechanickom rozrušovaní (sufózii) alebo pri chemickom vylúhovaní častíc zo spraší. Majú nepravidelný tvar a vyskytujú sa v sekundárne premenených a vylúhovaných sprašiach rozličného pôvodu (obr. 1).



Obr. 1. Mikrosnímka (scan. mikroskop) spraší so sufóznym mikropórom s viditeľným zavlečeným zvyškom rastliny. Hĺbka 5,5 m. Zväčšením 300×.

Fig. 1. Microsnap (canning microscope) of loess with suffusion macropore and visible dragged plant remnant. Depth 5.5 m. Enlargement 300×.



Obr. 2. Mikrosnímka slaboustáleného makropóru. Hĺbka 2,5 m. Zväčšené 300×.

Fig. 2. Microsnap of little stabilized macropore. Depth 2.5 m. Enlargement 300×.

Podľa časového faktora možno rozlíšiť nasledujúce makropóry:

a) **Primárne** — tvoria sa v procese vzniku sedimentu rozprašovania. Takýmto sú: synsedimentárne fyto génné makropóry charakteristické pre subaerálne eolické spraše, medziagregátne makropóry tvoriace sa pri syngenetickej koagulácii a cementácii; charakteristické sú aj pre subaerálne spraše.

b) **Sekundárne** — tvoria sa v diagenetickom a epigenetickom štádiu sprašovej litogenézy. Také sú fyto génné makropóry, ktoré vznikajú pri post-sedimentačnej tvorbe pôdy, pedogénne makropóry, medziagregátne makropóry (karbonatických horizontov a iluviálno-karbonatických horizontov) a sufózne makropóry.

Podľa zloženia poznáme tieto makropóry:

a) **Nestále v nestálych štruktúrach.** Majú nespevnené a neinkrustované steny. Sú to prvotné fyto génné makropóry po zhnitých zvyškoch nadzemných častí a po ryzoidnom koreňovom systéme rastlín v subaerických nepremenených sprašiach, najčastejšie eolických, ďalej prvotné medziagregátne makropóry v nepremenených subaerických sprašiach, predovšetkým deluviálno-proluviálnych a menej v eolických sprašiach (obr. 2).

b) **Nestále makropóry v stálych štruktúrach.** Majú nespevnené a neinkrustované steny. Patria sem pedogénne makropóry v pôde a plynogénne v subakvatických sprašových útvaroch.

c) **Slabo ustálené primárne a sekundárne makropóry.** Spevňuje alebo oblepuje ich humus, ale nemajú inkrustované steny. Sú vytvorené na koreňovom systéme rastlín.

d) **Stále primárne a sekundárne makropóry rozličného pôvodu.** Majú steny inkrustované karbonátmi alebo oxidmi. Najčastejšie sú to inkrustované fyto génné makropóry. Prevládajú v karbonatických horizontoch pôdy v iluviálnych horizontoch, vo vylúhovaných karbonátových a feritizovaných sprašiach. Vyskytujú sa stále aj nestále štruktúry (obr. 3).

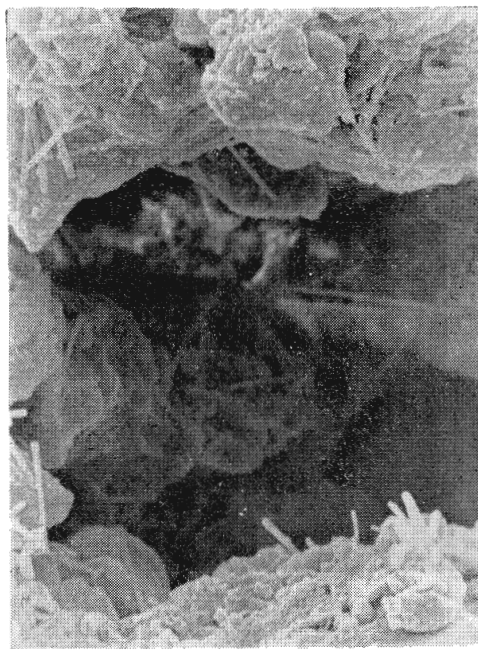
M. Minkov — K. Stoilov (1965) na rade pokusov dokázali aktívnu účasť makropórov v procese preliačovania spraší a porovnávaním množstva vzoriek charakteru makropórov pred skúškou a po skúške stanovili niektoré hrubé vzťahy medzi stálosťou makropórov a tlakovými účinkami.

1. **Nestále makropóry v nestálych štruktúrach** sa začali rozrušovať (spolu so štruktúrou spraše) už pri tlaku 0,05—0,15 MPa. Pri prirodzenom sadaní sprašových profilov sa deformujú od 2—3 m hĺbky smerom nadol.

2. **Slabo ustálené** sa začínajú rozrušovať pri väčšom tlaku, a to od 0,15—0,35 MPa. Pri prirodzenom sadaní sprašového profilu sa deformujú priemerne od 8—10 m nadol.

3. **Stále makropóry** — nezávisle od toho, v akej štruktúre sú, sa nerozrušujú pri normálnom stavebnom tlaku napr. 0,3—0,4 MPa. Začínajú sa rozrušovať pri väčšom zaťažení alebo počas nepretržitého viacročného účinkovania vody. Len tieto makropóry pokladajú citovaní autori za stály element štruktúry spraší.

Podľa údajov z literatúry sa pórovitosť spraší pohybuje v širokom rozpätí od 38—59 %. Priemerné hodnoty, ktoré sme získali z našich súborov, sa na-



Obr. 3. Mikrosnímka okraja ustáleného makropóru so zhlukmi uhličitánov a ílovej sludy ako stabilizačných elementov. Hĺbka 4,0 m. Zväčšené 500 $\times$.

Fig. 3. Microsnap of the margin of stabilized macropore with clusters of carbonates and clayey mica as stabilization elements. Depth 4.0 m. Enlargement 500 $\times$.

chádzajú v spodnej polovici uvedeného rozpätia, pričom stanovené maximálne hodnoty iba v dvoch prípadoch W_3 a W_2) prekračujú hodnotu 50 % (52,9 % a 51,1 %), ale všetky minimálne hodnoty sú nižšie ako 38 % ($\bar{x}$ min. = 32–37 %). Ak zo súborov vylúčime odskoky 10 + 10 % hodnôt, potom $\bar{x}$ max. neprekračuje hodnotu 47 % a $\bar{x}$ min. je väčšie ako 35 %, pričom neprekračuje hodnotu 38 %. Priemerné hodnoty pórovitosti sú v rozmedzí od 38,3 % ($R_{1/2}$) do 45,8 % (W_3). Vykazujú dosť výraznú tendenciu klesať od najmladších spraší (W_3) po staršie,

t. j. risské. Risské spraše sú teda v priemere uľahnutejšie ako würmské. Pretože würmské spraše sú spravidla v nadloží risských spraší, možno vysloviť predpoklad, že vyššia uľahnutosť starších sedimentov je funkciou hĺbky a času existencie jednotlivých geologických typov spraší. Je prirodzené, že okrem týchto dvoch faktorov na uľahnutosť spraší vplyvajú aj ďalšie činitele, ako napr. granulometrické zloženia, a teda aj plastické vlastnosti.

Doručené 24. 6. 1977
Odporučil V. Letko

LITERATÚRA

- Abelev, Ju. M. 1948: Osnovy projektirovaniya i stroitel'stva na makroporistych gruntach. Moskva, izd. Strojvoenmorizdat.
- Denisov, N. J. 1953: Stroitel'nyye svojstva lessa i lessovidnykh suglinkov. Moskva.
- Ivanov, I. P. 1956: Inžinernogeologičeskije svojstva lessovykh porod srednego Pridneprov'ia i jugozapadnogo sklona Sredne-ruskoj vozvyšennosti. [Dissertacija.] Leningrad.
- Larionov, A. K. 1959: Lessovyje porody i ich stroitel'nyye svojstva. Moskva.
- Minkov, M. — Stoilov, K. 1965: Kom voprosa za roľjata na makroporite v procese na prosjadeneto na losa. B. A. N., Vol. IV. Sofia.
- Stefanov, G. — Kremarova, B. 1960: Stroitel'ni svojstva na blgarskite losovi počvi. Sofia.
- Trofimov, I. I. 1953: Gruppy lessovykh porod Tadžigistana. Trudy Vses. rabočege sovešč. v Taškente. Taškent.

Loess macroporosity and its problems

JÁN ŠAJGALÍK

Loess porosity affects considerably the physical-technical properties of loess, mainly on the subsidence. On the other hand it is known that porosity is directly dependent on the genesis of sediment and is function of depth and time of existence of individual geological types of loess. The major part of the paper is so to say the author's discussion of the view point of various foreign authors on the loess macroporosity, of their classifications and of delineating the conception of macropore.

Based on literary facts and on his on own researches of loess of the Danubian plain made by a study method of circostructures the author tends to classify the macropores on the basis of genesis, time and according to composition.

According to genesis there are phytogeneuous, coagulationcrystallization(interaggregated), pedogeneuous, gasogeneuous and suffusion macropores.

According to time factor one can distinguish primary macropores (forming in the process of sedimentation and loessification) and secondary which take place in the diagenetic and epigenetic stage of loess lithogenesis.

Very important, with regard to loess physical and technical properties, is the stability of macropores.

Based on the microscopic study by means of the Scanning microscope one can detect macropores: 1. unstable (Fig. 2) with non hardened and non incrustated walls. Here belong the primary phytogeneuous macropores, 2. little stabilized macropores. They may be primary as well as secondary, 3. stable — primary and secondary macropores of varied origin (Fig. 3). Only the third type of macropores can be considered as a stable element of the loess structures, because their destruction does not occur even under pressures 0.3 to 0.4 MPa.

Preložil E. Bleho

Prítoky podzemnej vody do ložiska Banská Štiavnica a možnosti jeho odvodňovania v závislosti od rýchlosti realizácie prieskumných prác

(3 obr. v texte)

MICHAL LUKAJ*

**Притоки подземных вод в месторождение Банска Штявница
и возможности его пенирования в зависимости от скорости реализации
разведочных работ**

V štátie udeľuje sa vniianie faktorom, rešajúcim spôsobom vliajúcim na inierisivnosť prítokov v miestoroženie. V rezultate analíza tých faktorov priišlo k zključeniu, čo suseduje priama závislosť maximálnych prítokov od srodoť realizácie razvedočných prác.

**Ground water inflows to the Banská Štiavnica deposit and the possibilities
of their drainage dependently on the rate of investigation works
realizations**

The paper points to the factors influencing decisively the amount of inflows to the deposit. Analysis of these factors led to the conclusion that there exists a direct dependence of maximum inflows on the rate of investigation works realizations.

V oblasti Banskej Štiavnice sa už niekoľko storočí ťažia farebné kovy (olovo, zinok, meď). Intenzita ťažby najmä v závislosti od ekonomických podmienok, ale často aj od hydrogeologických pomerov (možnosti odvodňovania) často kolísala. V ostatnom období sa v súvislosti s rastom svetových cien surovín uvažuje o podstatnom vzraste ťažby z tohto ložiska. To však vyžaduje intenzívny geologický prieskum v doteraz nedobývaných, a teda odvodňovaním nenarušených častiach ložiska v jeho smernom alebo hĺbkovom pokračovaní. V etape vyhľadávacieho a predbežného prieskumu sa tu počíta s vyrazením viac ako 150 km banských chodieb a s vyhlbením niekoľkých nových šácht. Tieto práce budú mať veľký vplyv nielen na režim podzemnej vody a celkovú hydrogeologickú bilanciu oblasti, ale budú pri nich aj veľké ťažkosti s technickým riešením odvodňovania celého štiavnicko-hodruškého rudného obvodu, a to v dôsledku podstatného vzrastu prítokov, nehovoriac už o ekonomických aspektoch odvodňovania. V príspevku poukazujeme na niektoré hydrogeologické problémy súvisiace s prognózou prítoku podzemnej vody do ložiska, na závislosť veľkosti týchto prítokov od rýchlosti prieskumných prác.

* RNDr. Michal Lukaj, Geologický prieskum, Banská Bystrica.

Stručná hydrogeologická charakteristika

Ložisko a jeho okolie budujú terciérne vulkanity, terciérne a mezozoické sedimentárne horniny, granitoidy a paleozoické bridlice. Každá z týchto skupín hornín sa svojším spôsobom zúčastňuje na formovaní hydrogeologického charakteru ložiska a na prítokoch podzemnej vody.

Terciérne vulkanity sú zvodnené a priepustné najmä na tektonických líniah a rudných žilách karpatského, príp. aj poludníkového smeru. Po narazení línii nastáva sústredený prítok podzemnej vody do banských chodieb v intenzite až 60 l/s. Intenzita prítoku a čas, za ktorý sa ustáli, závisí od viacerých faktorov, najmä od veľkosti kolektora, stupňa jeho otvorenia a s tým súvisiacej intenzity odtoku statických zásob a od toho, či ten-ktorý kolektor už bol nafáraný na inom mieste a v akej vzdialenosti, teda od stupňa jeho doterajšieho odvodnenia. Nesústredené prítoky z viacej rozpukaných úsekov len zriedkavo dosahujú výdatnosť niekoľko l/s.

Terciérne a mezozoické sedimentárne horniny sú väčšinou vo forme rozlične veľkých útržkov v podloží neovulkanitov. Miestami sa však vyskytujú aj samostatné kryhy veľkých rozmerov. Z hydrogeologického hľadiska ich možno rozdeliť na slabo zvodnené horniny piesčito-slienitej fácie a dobre zvodnené horniny karbonatickej fácie. Najväčší prítok z týchto hornín je v tektonicky exponovaných úsekoch a na kontaktoch s vulkanitmi a granitoidmi. Maximálne prítoky na dĺžke banskej chodby niekoľko metrov tu dosahujú až 80 l/s. Faktory podmieňujúce intenzitu prítokov a čas ich ustaľovania sú rovnaké ako vo vulkanitoch.

Granitoidy a paleozoické bridlice sú len slabo priepustné a zvodnené. Maximálne prítoky z tektonicky porušených úsekov tu zvyčajne nepresahujú 3—4 l/s.

Súčasný a očakávaný prítok podzemnej vody

V súčasnosti v celom štiavnicko-hodrušskom rudnom obvode vyteká banská voda početnými štôľňami na povrch v množstve 370—750 l/s. Prítok do banských diel kolíše v závislosti od množstva a intenzity prítokov v nových banských dielach a najmä od veľkosti zrážok v tom-ktorom období. Vplyv zrážok sa prejavuje najmä v oblasti Banskej Hodruše, kde sú banské diela pomerne nehlboko pod povrchom. V hlboko založených banských dielach v Banskej Štiavnici je kolísanie prítoku v závislosti od zrážok malé a s výnimkou niekoľkých vyššie ležiacich štôľní na okrajoch ložiska ťažko vymedziť aj vplyv jarného topenia snehu.

Z uvedeného množstva banskej vody podstatná časť (v minime okolo 300 l/s, v maxime okolo 500 l/s) pripadá na oblasť Banskej Štiavnice. Presne to vyčísliť nemožno, pretože väčšina chodieb, v ktorých sa prítoky z jednotlivých častí rudného obvodu sústreďujú, je dnes veľmi ťažko prístupná, alebo sú chodby vôbec neprístupné, a merať prítok v nich vôbec nemožno.

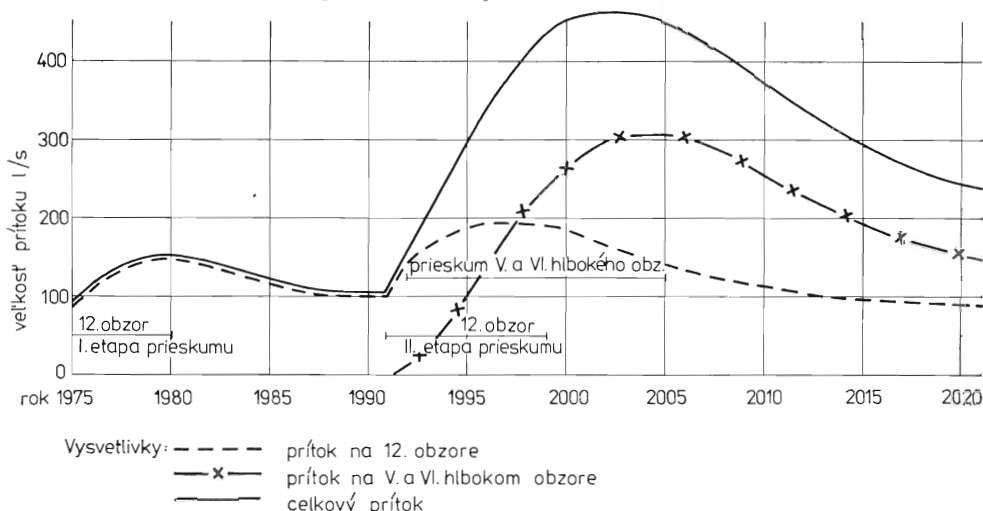
Podstatná časť banskej vody (280—520 l/s) sa odvádza na povrch Voznickou dedičnou štôľňou, vybudovanou ešte v minulom storočí, ktorá je základným odvodňovacím dielom celého rudného obvodu. Je asi 225 m n. m., čo v Banskej Štiavnici predstavuje úroveň 12. obzoru. Aj keď ťažba bude ešte istý čas pokračovať aj vo vyšších obzorochoch, prieskumné práce sa budú realizovať výlučne na 12. obzore a hlbšie (V. a VI. hlboký obzor na úrovni + 80 a — 110 m n.m.). Vzhľadom na to, že sa ťaží v priestoroch zväčša už odvodnených prieskumnými prácami, budú najnepriaznivejšie hydrogeologické podmienky na razenie banských chodieb počas prieskumu, a to ako z nevyhnutnosti prerušovať práce

(sústredený prítok veľkej intenzity), tak aj pre nevyhnutnosť budovať nákladné odvodňovacie zariadenia.

Ložisko Banská Štiavnica sa z hľadiska bansko-technických podmienok rozdeľuje na severné, centrálné a južné banské pole. Toto rozdelenie možno prijať aj pri riešení hydrogeologických pomerov vzhľadom na celkovú hydrogeologickú stavbu, intenzitu, spôsob rozfárania a systém odvodňovania. Najviac hydrogeologických poznatkov je zo severného poľa, preto sa o ňom zmienime podrobnejšie.

Severné pole je v súčasnosti rozfárané na úrovni 12. obzoru v časti priliehajúcej k centrálnemu poľu. Centrálné a okrajové časti poľa sú rozfárané menej, aj to len na vyšších obzoroch. Rudné žily sú tu vyvinuté vo vulkanitoch (andezity, dacity), v granitoidoch (vyhnianska žula, granodiorit) a v sedimentoch paleogénu a mezozoika. Sedimentárne horniny sú prevažne v karbonatickej fácií (paleogénne rozpadové karbonatické zlepence a triasové vápence a dolomity) a kryhy týchto hornín majú veľký plošný a hĺbkový dosah. Prítok z poľa sa pohybuje od r. 1967 doteraz v rozpätí 50—125 l/s, pričom jeho veľkosť závisí takmer výlučne od množstva novonafáraných sústredených prítokov z rudných žíl a karbonátov. Zvýšenie prítoku v dôsledku jarného topenia snehu je zanedbateľné (asi 5 l/s). Výdatnosť sústredených prítokov po ich narazení sa pohybuje v rozpätí 15—45 l/s. Čas, za ktorý sa výdatnosť jednotlivých prítokov ustáli, postupne klesá v závislosti od celkovej rozfáranosti z pôvodných 4—7 rokov na 1—3 roky v súčasnosti. Je to aj dôsledok poklesu hladiny podzemnej vody v karbonátoch, ktorá sa intenzívnym odvodňovaním za ostatné 4 roky znížila o viac ako 70 m.

Pri prognózach prítoku vychádzame z toho, že jeho väčšia časť pri prieskume bude pochádzať zo statických zásob. Ich veľkosť bude závisieť od počtu novonafáraných významných kolektorov podzemnej vody v istom období a od času, za ktorý sa ustália. Postupne bude celkový prítok klesať pri vzraste podielu veľkosti prítoku z dynamických zásob. Vzhľadom na to pri prognózach prítoku berieme do úvahy tieto faktory:



Obr. 1. Predpokladané prítoky zo severného banského poľa v Banskej Štiavnici

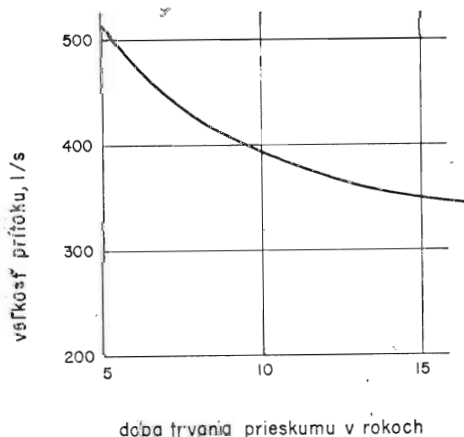
1. geologickú stavbu a litologický charakter hornín, v ktorých sa budú banské diela raziť;
2. predpokladané množstvo a hydrogeologické vlastnosti tektonických línii a rudných žíl, ktoré budú banskými dielami zastihnuté;
3. harmonogram prieskumných prác, a to ako z hľadiska postupnosti, tak aj z hľadiska rýchlosti prieskumných prác;
4. stav odvodnenia poľa v tom-ktorom období skoršími banskými prácami.

Na obr. 1 sú predpokladané prítoky z tohto poľa pri prieskumných prácach na jednotlivých obzoroch vo vyznačenom období. Keby sa zmenil harmonogram prieskumných prác (výraznejšie skrátenie alebo predĺženie, vzájomný časový posun prieskumu jednotlivých obzorov), zmení sa aj prítok. Zvlášť výrazne možno veľkosť prítoku ovplyvniť vzájomným časovým posunutím prieskumu na V. a VI. hlbokom obzore. Ak by sa prieskum V. obzoru realizoval v predstihu pred prieskumom VI. obzoru, neprekročí maximálny prítok z týchto obzorov 200–220 l/s oproti predpokladaným 300 l/s. Celkový maximálny prítok zo severného poľa by potom neprekročil 300–350 l/s oproti predpokladaným 460 l/s. Takýto postup by však znamenal, že by sa prieskum podstatne predlžil a ložisko by sa odovzdalo do ťažby neskoršie, čo z hľadiska súčasnej domácej i celosvetovej bilancie v rudách farebných kovov nemožno pripustiť. Závislosť veľkosti maximálneho prítoku od času realizácie prieskumných prác dokumentuje obr. 2.

Hydrogeologické pomery v centrálnom a južnom poli sú obdobné ako v severnom poli. Väčšie masy sedimentárnych hornín tu však nevystupujú na povrch a banské práce ich narážajú len v V. a VI. hlbokom obzore. Naproti tomu v týchto častiach je reálny predpoklad naraziť sústredené prítoky termálnej minerálnej vody s teplotou 40–80 °C, ako to bolo na žile Grüner a v podzemných vrtoch Mi-1 a Mi-2. Pravdepodobnosť naraziť takúto vodu v žilných a tektonických štruktúrach sa zvyšuje s hĺbkou banských diel a smerom na východ k depresii Ilija–Banský Studenec, ako ju vymedzili V. Konečný, J. Šefara a L. Zbořil (1973). Aj keď prítoky takejto vody veľkosť celkového prítoku výraznejšie neovplyvnia, podstatne zhoršia mikroklimu v banských dielach, čo si vyžiada podstatne zvýšiť finančné prostriedky na vetranie a ochladzovanie.

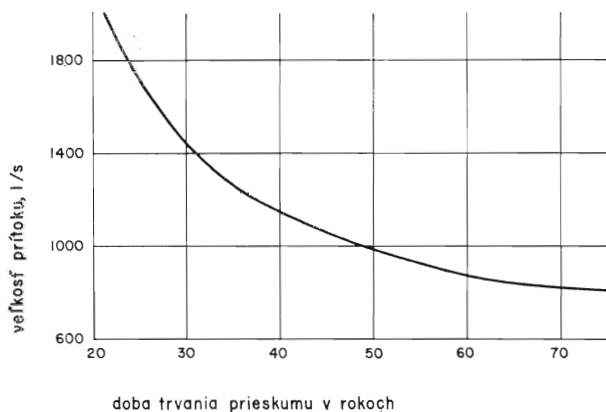
Podľa uvedených záverov očakávame počas prieskumných prác podstatný vzrast celkového prítoku do banských diel v oblasti Banskej Štiavnice, a to z dnešných 300–500 l/s až na 1140–1250 l/s začiatkom budúceho storočia, a to pri predpokladanej realizácii prieskumných prác za 35–40 rokov. Trvalý prítok

pôčas ťažby, teda po odvodnení podstatnej časti statických zásob, očakávame v rozpätí 700–800 l/s. Ak sa však čas realizácie prieskumných prác skráti alebo predlží, zmení sa aj maximálny prítok, ako to ukazuje obr. 3.



Obr. 2. Závislosť veľkosti maximálnych prítokov v severnom poli od trvania prieskumných prác

Fig. 2. Dependence of the amount of maximum inflows in the northern field on the duration of investigation works



Obr. 3. Závislosť veľkosti maximálnych prítokov do ložiska Banská Štiavnica od trvania prieskumných prác

Fig. 3. Dependence of the amount of maximum inflows to the deposit of Banská Štiavnica on the duration of investigation works

Odvodňovanie ložiska

Hlavným odvodňovacím dielom celého rudného obvodu je Voznická dedičná štôlna, ktorá je v Banskej Štiavnici na úrovni 12. obzoru. Význam ostatných odvodňovacích štôlní je pomerne malý a s rozširovaním banských prác na úrovni 12. obzoru ešte poklesne. Dnešná maximálna kapacita Voznickej dedičnej štôlnie pri jej ústí do Hrona je 550 l/s, pričom už od 450 l/s sa banské diela na 12. obzore v Banskej Štiavnici postupne zaplavujú. Nedostatočná je aj kapacita zberných odvodňovacích chodieb v priestore samotného ložiska. Táto situácia si vyžaduje podstatne rekonštruovať celý odvodňovací systém. Do úvahy v podstate prichádzajú dve alternatívy: a) rekonštrukcia existujúcich odvodňovacích chodieb, b) výstavba nových odvodňovacích chodieb, pričom by sa časť existujúcich chodieb rekonštruovala.

Prvá alternatíva je ekonomicky zdanlivo výhodnejšia, znamenala by však predĺženie prieskumu o 20—30 rokov. Maximálna kapacita Voznickej odvodňovacej štôlnie pri jej ústí ani po rekonštrukcii by totiž nepresiahla 800 l/s a bolo by nevyhnutné prerušovať razenie prieskumných diel, resp. znižovať počet súčasne razených diel. Okrem toho je väčšia časť odvodňovacích diel včítane Voznickej dedičnej štôlnie staršia viac ako 100 rokov a pri rekonštrukcii hrozí ich úplné znehodnotenie. Preto sa v súčasnosti pripravuje výstavba novej odvodňovacej štôlnie dlhšej 13,8 km s kapacitou 1800 l/s. Takto dimenzovaná odvodňovacia štôlna umožní nielen urýchliť prieskumné práce v oblasti Banskej Štiavnice, ale aj plynule odvodňovať ďalšie doteraz nerozpracované časti štiavnicko-hodrušského rudného obvodu. Okrem toho sa bude dať využiť ako dopravná chodba v prípade výstavby centrálnej úpravne pre celý rudný obvod.

Záver

Pri prieskume ďalších častí ložiska farebných kovov v Banskej Štiavnici, kde doteraz banské práce neboli, očakávame podstatné zvýšenie prítoku podzemnej vody. Jeho väčšia časť bude pochádzať zo statických zásob, ktoré sa viažu najmä na tektonické línie a rudné žily, ako aj na karbonatické horniny paleogénu a mezozoika. Počas prieskumných prác očakávame zvýšenie z dnešných

300—500 l/s až na 1140—1250 l/s. Maximálny prítok by bolo možno znížiť predĺžovaním času prieskumných prác. Vzhľadom na súčasnú situáciu v surovinových zdrojoch i v perspektívach, ktoré v tejto oblasti sú, nemožno túto alternatívu pripustiť. Preto sa v súčasnosti pripravuje výstavba novej odvodňovacej štôlne dlhej 13,8 km, ktorá umožní realizovať prieskumné práce urýchlene, a tým aj skôr odovzdať ložisko do ťažby.

Doručené 30. 4. 1977
Odporučil M. Račický

LITERATÚRA

Konečný, V. — Šefara, J. — Zbořil, L. 1973: Geologicko-geofyzikálny výskum stavby hlbokého podłożia stredoslovenských neovulkanitov s riešením jeho vzťahov k vývoju vulkanických komplexov. [Etapová správa.] Manuskript — GÚDŠ Bratislava.

Ground water inflows to the Banská Štiavnica deposit and the possibilities of their drainage dependently on the rate of investigation works realizations

MICHAL LUKAJ

The investigation of so far unmined parts of the deposit of nonferrous metals in Banská Štiavnica showed that substantially increased inflows of ground waters are to be expected. The major part of these increased infows will come from the static reserves which are bound mainly to tectonic lines and ore seams, as well as to the Paleogene and Mesozoic carbonate rocks. In prognosis we start from the following factors:

1. geological structure and lithological character of rocks in which underground mining works will be driven
2. estimated amount and hydrogeological properties of tectonic lines and ore seams which will be mined by underground methods
3. adaptation plan of investigation works so much from their procedure view point, as well as from their rate view point
4. state of drainage fied in any period of earlier driven underground mining works.

During the realization of investigation works increased inflows to the deposit are expected from the present 300 to 500 l/s up to 110 to 1200 l/s. These maximum inflows can be decreased to about 800 l/s (the maximum capacity of the Voznica hereditary gallery after reconstruction). however, this would require prolongation of the period of investigation by 20 to 30 years due to limitation of presently driven galleries, in order not to exceed the maximum capacity of drainage equipments. However, this alternative is unacceptable from the raw material balance view point and therefore cutting of a new drainage gallery of 1800 l/s capacity is prepared.

Preložil E. Bleho

Náčrt hydrogeologických pomerov severnej časti Roháčov

(4 tab., 1 obr. v texte)

RUDOLF POLÁK*

Очерк гидрогеологических условий северной части Рогачов

В статье оцениваются результаты гидрогеологической разведки северной части Рогачов (Западные Татры). Описываются именно: гляциальные и флювиогляциальные отложения, играющие самую важную роль в кругообороте и аккумуляции подземной воды. В этих отложениях берет свое начало несколько важных источников с большими изменениями дебита. Документирован был и скрытый переход подземных вод. На режим подземных вод в значительной степени оказывает влияние климатическо-метеорологический фактор и геоморфология. Запасы подземных вод были оценены методом аналогии с прилегающими южными склонами Рогачов.

Outline of hydrogeological conditions of the Roháče northern part (West Tatras Mts.)

The paper contains the evaluated results of hydrogeological investigation of the Roháče northern part (West Tatras). Described are mainly: glacial and fluvioglacial sediments which here are the most important from the ground water flow and accumulation view point. Several springs emerge from them with a considerable yield fluctuation. The hidden flow of ground waters was also documented. The ground water regime is significantly affected by climatic-meteorological conditions and geomorphology. The water resources were evaluated by analog method with the Roháče adjacent southern slopes.

V rokoch 1974—1976 sme v povodí Studeného potoka v severnej časti Roháčov vykonali hydrogeologický prieskum s cieľom vyhľadať zdroje pitnej a úžitkovej vody. Metodicky sme postupovali podľa L. Meliorisa (1972), ktorý bádala a opísal hlavné faktory podmieňujúce hydrogeologické pomery v povodí južnej časti Roháčov. Podrobná analýza prírodných pomerov, ako aj vlastný terénny prieskum, ktorého súčasťou boli aj hydrogeologické a geofyzikálne práce, nám umožnili zistiť režim podzemnej vody a zhodnotiť jej prírodné zásoby.

Severnú časť Roháčov, ktoré sú súčasťou Západných Tatier, už skúmali viacerí geológovia a geomorfológovia. Najúplnejšiu interpretáciu geologickej stavby podal A. Gorek (1966), prehľad geomorfologických prác a opis geomor-

* Rudolf Polák, Vodné zdroje, Sabinovská 14, 886 42 Bratislava.

fologických pomerov E. Mazúr (1955), hydrogeologické pomery na listoch Nižná a Bystrá (1 : 50 000) v hlavných črtách opísal L. Melioris (1966).

Všeobecná charakteristika povodia

Klimaticko-meteorologické pomery. Zrážky v povodí a v jeho okolí sa merajú v zrážkomerných staniách Zverovka (1030 m n. m.), Biela skala-horáreň (920 m n. m.) a Vitanová (820 m n. m.).

Ročný chod zrážok má jednoduchý priebeh s minimom v zime (február) a s maximom v letných mesiacoch (jún až júl). Výnimkou z tohto pravidla sú vrcholové polohy, kde je zreteľný dvojité chod zrážok s vedľajším maximom v decembri a s minimom v septembri až októbri. So vzrastajúcou nadmorskou výškou sa rozdiely v maximálnom a minimálnom úhrne uvedených období zmenšujú (M. Konček et al. 1974). Závislosť celoročného úhrnu zrážok od nadmorskej výšky udáva tab. 1.

Teplota vzduchu v roháčskej časti povodia je o 5—10 °C nižšia ako v susedných oblastiach. To vytvára mimoriadne priaznivé podmienky na udržanie sa snehovej pokrývky v priemere od októbra do apríla.

Podľa J. Tomlaina (1965) má aj ročný chod výparu jednoduchý priebeh s maximom v máji až júli a s minimom v zimnom období. V marci až sep-

Závislosť ročného úhrnu zrážok od nadmorskej výšky

Tab. 1

Nadm. výška (m n. m.)	Úhrn zrážok (mm)	Plocha (km ²)	Objem zrážok (m ³)
nad 1850	1900	3,0	5 700 000
nad 1350	1700	17,4	27 840 000
nad 1015	1500	13,6	20 400 000
nad 875	1300	2,0	2 600 000
	Σ	36	56 540 000

Závislosť ročného úhrnu výparu od nadmorskej výšky

Tab. 2

Nadm. výška (m n. m.)	Výpar (mm)	Plocha (km ²)	Objem výparu (m ³)
nad 1950	362,5	1,5	443 250
nad 1700	387,5	4,3	1 666 250
nad 1500	412,5	7,7	3 176 250
nad 1300	437,5	9,7	4 243 750
nad 1100	462,5	7,4	3 422 500
nad 850	487,5	4,4	2 245 000
	Σ	36,0	15 187 000

tembri jeho hodnota predstavuje viac ako 90 % celoročného úhrnu. S nadmorskou výškou úhrnný výpar klesá (tab. 2). V oblastiach hôr, kde je zvyčajne dostatok vlhky v pôde, výpar reguluje intenzita slnečného žiarenia. Predpokladáme, že v skúmanom povodí tvorí ročný výpar 95 % potenciálneho výparu, tak ako to uvádza L. Melioris a J. Tomlain (1973) o povodiach južného svahu Západných Tatier.

Hydrologické pomery. Záujmová časť povodia má plochu 36 km². Lesnatosť predstavuje okolo 70 %. Hlavný tok vyviera vo výške 1425 m n. m. spod morénových valov v podobe horskej bystriny. Počiatočný spád toku 90 ‰ sa nápadne znižuje v terminálnej časti Zverovky na 23 ‰. Má asymetrické ľavostranné usporiadanie prítokov.

Na skúmanom území nie je hydrologická stanica. Predstavu o vodnosti toku sme získali riešením bilančnej rovnice v jej najjednoduchšom tvare ($Z = V + Q$). Ak sa dosadia sumárne hodnoty z tab. 1 a 2, vychádza teoretický priemerný ročný odtok 38 l/s/km², resp. 1368 l/s.

Hydrometrovacími prácami sme získali predstavu o priestorovom rozložení prítokov v auguste 1975 (tab. 3).

Výsledky hydrometrovacích prác (VIII. 1975)

Tab. 3

Meraný profil	Plocha (km ²)	Prítok (l/s)	Odtok (l/s) z km ²
Roháčsky potok — prameň	2,7	220	81,4
Zadná Spálená — ústie	2,8	150	53,5
Predná Salatínska — ústie	2,3	130	56,5
Roháčsky potok — pred Látanou	25,2	560	22,2
Látaný potok — ústie	7,8	310	38,4
Roháčsky potok	36	1200	33,3

Geologická a geomorfologická charakteristika

Podstatnú časť územia Rohácskej doliny budujú granitoidy prestúpené mylonitovými zónami, ktorých vznik súvisí s alpínskou tektogenezou. V Látanej doline sa vyskytujú autometamorfované apliticko-žulové horniny. Styk uvedených hornín je sprevádzaný pruhom autometamorfovaného biotitického až dvojsľudového granitu s ružovými živcami. Na malej ploche v severovýchodnej časti povodia (Osobitá) sa vyskytujú mezozoické horniny — vápence a kremente.

Počas würmu boli Roháče zaľadené v troch fázach. Najmohutnejší ľadovec bol v centrálnej — Rohácskej doline. K nemu sa pripájali ľadovce z ľavostranných dolín a z Látanej. Koncové morény najstaršieho zaľadenia sa zachovali v ukončení terminálnej panvy Zverovky vo výške 940 m n. m. Valy mladších morén sú vo výškach okolo 1100 (W 2) a 1420 m n. m. (W 3). V najvyšších častiach dolín sú postglaciálne nivačné valy. Podľa E. M a z ú r a (1955) je vznik dolín podmienený výskytom mylonitových zón.

Glaciálne formy v interstádiách podliehali a v súčasnosti podliehajú intenzívnej deštrukcii. Vytvárajú sa pritom nové formy — rozsiahle fluvio-glaciálne kužele, nivačné sutinové valy, terasované územie, sutinové kužele a osypy.

Hydrogeologické pomery

Granitoidy, ktoré sa vyskytujú v prevažnej časti povodia, boli pôvodne kompaktnými horninami s nepriaznivými kolektorovými vlastnosťami. Vplyvom tektonických procesov sa v nich vytvorila hustá sieť puklín vhodná na obeh podzemnej vody.

Z hľadiska hydrogeologických pomerov majú mimoriadny význam glaciálne a glaciofluviálne sedimenty, ako aj svahové sutiny. Prvé, popri Roháčskej doline, sa vyskytujú aj vo vedľajších dolinách, najmä v Látanej, Prednej Salatínskej a Zadnej Spálenej. Svahové sutiny vyplňajú prevažne závery dolín nad hranicou lesa.

Mocnosť glaciálnych sedimentov je premenlivá. Podľa J. Májovského (1975) čiastočne zdenudovaná stredná moréna, nachádzajúca sa v centrálnej časti Roháčskej doliny, dosahuje mocnosť vyše 100 m. Tento údaj je v zhode s predpokladom E. Mazúra (1955), ktorý na základe zachovaných rozsiahlych bočných morén s relatívnou výškou 80–150 m odhadol hrúbku morény na 200 m. Glaciálne sedimenty tvorí netriedený granitoidný materiál, a to od piesčito-prachovitých častíc po niekoľkometrové balvany. Tento stav podstatnou mierou ovplyvňuje ich priepustnosť. L. Melioris (1973) predpokladá hodnotu koeficienta filtrácie v rozsahu 1×10^{-4} až 1×10^{-2} m/s. Najvýznamnejšie pramene vyvierajú v čelách morén, napr. prameň nad bývalou Tatliakovou chatou (1425 m n. m.) a prameň nad Roháčskym vodopádom (1470 m n. m.). Ich výdatnosť je niekoľko 10 l/s. Intenzívna infiltrácia zrážkovej vody, plocha akumulácií morén, nivačných valov a svahových sutí (vyše 2 km²) podmieňujú stálosť oboch prameňov. Dobrú priepustnosť starších morén potvrdzuje výdatnosť prameňa Teplica (0–160 l/s). Prameň vyviera v eróziu odkrytom bočnom vale morény W 1 pred ústím Látanej. Rýchle vyprázdňovanie je podmienené situovaním zbernej oblasti na príkrom svahu Šindlovca. Pre bočné morény sú však typickejšie skryté prestupy podzemnej vody do povrchového toku. Maximálny prestup sme overili v rozsahu ľavostrannej bočnej morény, ktorá sa nachádza medzi Dlhou jamou a Prednou Salatínskou v úseku od sútoku Roháčskeho potoka s Látaným nižšie. Na 1500 m úseku tu bol prírastok v prietoku 240 l/s.

Bočné ľadovcové doliny — Predná Salatínska a Spálená — sa končia visuto nad hlavnou dolinou. Sú oddelenými infiltračnými oblasťami prameňov, ktorých výskyt sa viaže na skalné stupne a čelá morén (1400–1500 m n. m.). Najmohutnejšia z nich je dolina Predného Salatína (2,5 km²). Na jej dne vo výške 1410 m n. m. je náznak skalného stupňa a nakopie morénového materiálu. V týchto miestach je prameňová línia so sumárnou výdatnosťou okolo 0–50 l/s. Asi 100–200 m pod vývermi voda vsakuje do glaciálnych sedimentov, ktoré odvodňuje najmä erózna ryha na pravej strane doliny. Ryhu od 1150 do 1250 m n. m. prestupuje množstvo prameňov so sumárnou výdatnosťou niekoľko 10 l/s.

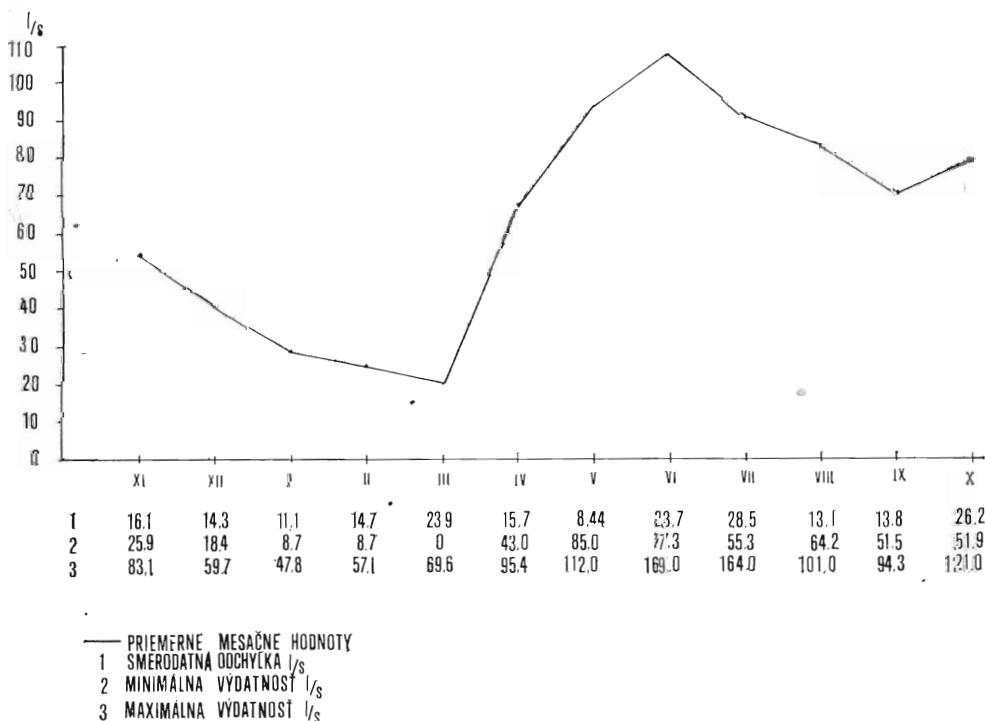
Fluvioglaciálne sedimenty majú v dôsledku zvýšeného obsahu prachovito-ílovitej frakcie menšiu priepustnosť. Na základe výskumov V. Hanzela (1974) vo Vysokých Tatrách usudzujeme, že sa ich koeficient filtrácie rádo pohybuje od 10^{-5} po 10^{-4} m/s. Vyskytujú sa v podobe fluvioglaciálnych kužeľov, terás, dejekčných kužeľov a rozplavených morén. Rozplavené morény sú na svahoch medzi Prednou Salatínskou a Zadnou Spálenou. Viaže sa na ne

množstvo drobných nestálych suťových prameňov. Pravú stranu terminálnej panvy Zverovky a panvu Látanej pokrývajú fluvioglaciálne kužele. Panvu Látanej v zaľadnení W 1 vyplnili glaciálne a periglaciálne sedimenty. Tie dnes potok narezáva v troch erózných fázach a tvoria vysokokapacitný drén (200—300 l/s) pre podzemnú vodu svahových sedimentov a časť povrchovej vody. Prechod povrchového toku z územia budovaného morénami do územia vyplneného fluvioglaciálnymi sedimentmi sprevádzajú vývery na dne potoka a nižšie zase aktívne ponory (zmena sedimentácie). Val bočnej morény, ktorý prehradil Látanú dolinu, a dosah zaľadnenia v nej po výšku 1200 m n. m. znemožnil eróziu skalného podkladu pred jej vyústením, takže dnes tvorí bariéru podzemnej vode. Viazu sa naň pramene na dne doliny a skrytý prestup podzemnej vody do povrchového toku. Pri meniacej sa výške hladiny podzemnej vody pramene, ktoré sú vyššie nad bariérou, v zime vysychajú.

Svahové sutiny sú pásom občasného zavlaženia. Vzhľadom na ich situovanie infiltrovaná zrážková voda z nich rýchlo vyteká alebo preteká do nižšie ležiacich glaciálnych, resp. fluvioglaciálnych sedimentov.

Režim podzemnej vody charakterizuje vysoká infiltračná schopnosť, bohatá zrážková činnosť, výrazné klimatické zmeny a rýchle vytekanie vody zo zvodnených štruktúr.

Zrážky spolu s vysokou infiltračnou schopnosťou zabezpečujú počas letného polroka prerušované, zato však intenzívne dopĺňanie zásob podzemnej vody. Od jesene zrážková činnosť klesá a v ďalšom období režim ovplyvňujú zrážky



Obr. 1. Ročné kolísanie výdatnosti prameňa Teplica z obdobia 1974—76

v tuhej forme. Výdatnosť prameňov v tomto období závisí od geomorfologickej pozície a veľkosti akumuláčného priestoru. Nie je zriedkavosťou úplné vyčerpanie zásob podzemnej vody. Začiatkom jari, keď teplota vzduchu stúpne nad 5 °C, sa sneh topí, a tým sa zásoba podzemnej vody obnovuje a dopĺňa. Ihneď sa to prejavuje na výdatnosti prameňov a ich množstve. Opísaný režim dobre dokumentujú výsledky meraní prameňa Teplica, ktorý je v centre záujmovej oblasti (obr. 1).

Zhodnotenie zásob podzemnej vody a jej kvality

Na exaktné bilančné hodnotenie chýbajú základné hydrologické pozorovania. V hydrologickej časti sme uviedli, že priemerný špecifický odtok vody z povodia je 38 l/s/km². Odráža sa v ňom vzťah expozície svahov povodia voči prevládajúcej cyklonálnej činnosti postupujúcej od Atlantického oceána. Minimálny špecifický odtok, rovnajúci sa odtoku podzemnej vody, sme mohli stanoviť len metódou analógie s príslušným povodím Račkového a Smrečianskeho potoka. Vyčíslil ho L. Melioris (1972) na základe hydrologických metód. V prvom povodí má hodnotu 5,6 l/s/km² a v druhom 8,8 l/s/km² (priemer 7,2 l/s/km²). Z toho vychodí, že v našom povodí môže byť minimálna hodnota dynamických zásob okolo 250 l/s. Využiteľné množstvo za daného stavu preskúmanosti nemožno presne stanoviť. Z hľadiska zásobovania treba zamerať pozornosť na prameň nad bývalou Tatliakovou chatou, na prameň Teplica a Teplý žľab, na prestupy podzemnej vody v terminálnej panve Zverovky

Chemické analýzy vybraných prameňov

Tab. 4

Prameň	1	2	3	4
Dátum odberu	12. VII. 76	12. VII. 76	12. VII. 76	12. VII. 76
Teploty vody °C	5,4	5,8	4,80	8,6
pH	6,55	6,25	6,50	6,4
Min. mg/l	43,91	67,31	68,70	44,56
Na ⁺ mg/l	1,6	2,98	1,79	0,98
K ⁺ mg/l	0,78	0,89	0,78	0,78
Mg ⁺⁺ mg/l	1,55	1,61	2,28	0,65
Ca ⁺⁺ mg/l	5,75	10,9	9,71	7,63
Fe ⁺⁺ mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn ⁺⁺ mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl ⁻ mg/l	1,84	1,63	1,63	1,45
SO ⁻⁻ mg/l				
4	6,14	9,02	9,84	6,96
HCO ⁻ mg/l				
3	18,42	30,93	32,27	18,42
NO ⁻ mg/l				
3	1,55	2,10	1,67	1,36
NO ⁻ mg/l				
2	0,0	0,00	0,00	0,00

1 — Látnaná dolina — pramene nad bariérou — 1120 m n. m., 2 — Teplica — 1020 m. n. m., 3 — nad bývalou Tatliakovou chatou — 1425 m n. m., 4 — nad Roháčskym vodopádom — 1470 m n. m.

a v panve Látanej. Domnievame sa, že pramene a vhodné zachytené prestupy môžu poskytnúť minimálnu výdatnosť okolo 50—100 l/s.

Podzemné vody študovaného územia majú vadózny pôvod a ich chemizmus je v úzkej korelácii s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia a ich obehu. Hlavným mineralizačným procesom formujúcim nízko-mineralizované vody horninového prostredia študovaného územia je hydrologický rozpad silikátov. Sú to typické nízkomineralizované vody kalciovo-bikarbonátového alebo kalciovo-magnéziovo-bikarbonátového typu s $A_2 = 60$ mval ‰, resp. viac ako 60 mval ‰, s mineralizáciou od 40 do 70 mg/l (tab. 4). Celkovú tvrdosť majú v rozsahu 1—2 °N. Charakteristická pre ne je pomerne nízka teplota (3—6 °C) v priebehu celého roka. Okrem teploty majú vynikajúce fyzikálne vlastnosti a sú bez bakteriologického a mikrobiologického oživenia.

Doručené 25. 3. 1977

Odporučil L. Melioris

LITERATÚRA

- G o r e k, A. 1956: Geologická stavba Západných Tatier. Geol. zbor. Slov. akad. vied, 7/1.
- H a n z e l, V. 1974: Poznatky z hydrogeologického výskumu kvartérnych sedimentov Vysokých Tatier a ich predpolia. Mineralia slov., 6, s. 291—298.
- K o n č e k, M. 1974: Klíma Tatier. Bratislava, SAV, s. 441—604.
- L a m o š, D. 1972: Nové poznatky o zvodnení kryštalinika severovýchodnej časti Malej Fatry. Mineralia slov., 4, č. 16, s. 301—308.
- M á j o v s k ý, J. 1975: Geoelektrický prieskum v oblasti Roháčskej doliny. Manuscript — Geofyzika Brno, závod Bratislava, 23 s.
- M a z ú z, E. 1955: Príspevok k morfológii povodia Studeného potoka v Liptovských Tatrách. Geogr. čas. Slov. akad. vied, 7, č. 1—2, s. 15—44.
- M e l i o r i s, L. 1972: Factors Influencing the Hydrogeological Conditions in the Western Tatra Mountains. Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava), s. 3—14.
- M e l i o r i s, L. — T o m l a i n, J. 1973: Niektoré výsledky aplikácie hydrometeorologických metód pri riešení hydrogeologických pomerov v Západných Tatrách. Acta geol. geogr. Univ. Comen. ser. geol., 25, s. 47—67.
- M e l i o r i s, L. 1973: Hydrologické metódy a ich použitie v hydrogeologickom prieskume. Manuscript — Geofond Bratislava, 165 s.
- T o m l a i n, J. 1965: Priestorové a časové rozloženie výparu z povrchu pôdy na území ČSSR. Geogr. čas. Slov. akad. vied, 17, č. 3, s. 240—253.

Outline of hydrogeological conditions of the Roháče Northern part

RUDOLF POLÁK

The described area forms the west end of the West Tatras. By its extent it corresponds with the granitoid part of the Studený potok brook. It is of high-mountain character which beside the height is given also by the glacial modelling. To evaluate the hydrogeological conditions results of the study of climatic-meteorological conditions, geomorphology, geological structure and data obtained by mapping connected with geophysical investigation, were used. Methodical procedure was effected according to Melioris (1972) who described the main factors creating the hydrogeological conditions of the Roháče southern

part watershed. Main attention was paid to glacial and fluvioglacial sediments which are here the most important from the ground water flow and accumulation view point.

The glacial sediments of all three glaciations of the Würmian relate to the main — Roháčská valley, Látaná valley and to their left affluents valleys. They attain the biggest thickness in the main valley — the partially denuded central moraine above 100 m, the lateral moraines attain relative height about 80 to 150 m. Characteristical for them are the unsorted sediments, reflected in the variable permeability with a filtration coefficient ranging from 1×10^{-4} to 1×10^{-2} m/s. The end of the valley and of the left affluents valley are formed by independent infiltration units. They are drained by significant springs emerging in the edges of rock steps or in places of piled moraine material — fronts of moraines, etc. For the lateral moraines typical are the hidden ground water flows into surface water courses.

The fluvioglacial sediments have not only a lesser representation, but even their thickness and permeability are lower. Their occurrence in the left slope of the main valley — washaway moraine — is accompanied by many small, however, not lasting springs. There exist different conditions in the Látaná valley where glaciation reached only up to 1200 m of altitude and its end was dammed by the lateral moraine of the main valley. The damming was the cause of enormous accumulation of fluvioglacial sediments and prevented erosion of the bedrock up to which the present brook is cut. The contact of the bedrock with the fluvioglacial sediments is accompanied by the occurrence of springs at the bottom of the narrow valley and by hidden ground water flow into the surface water course amounting to several tens of liters per second.

The ground water regime is characterized by intense recharge of reserves in the Spring and Summer months due to snow melting and rich precipitations. In the Autumn months, Winter and up to first Spring months there occur a continuous decline of water table and spring yield to such an extent that several of them completely disappear. As there is no hydrological station in the watershed for the evaluation of minimum ground water specific discharge the average of 7.2 l/s/km² obtained from the Račkov and Smrečianka brooks watersheds was used. In the high value of average specific yearly discharge — 38 l/s/km² is reflected the relationship of the watershed slope exposition against the predominant cyclonic activity advancing from the Atlantic Ocean.

Further attention will be paid to hidden ground water flow into the surface water course within the area of the Zverovka and Látaná terminal basin, as well as to the Teplica and above the former Talianka chalet springs which from the water supply view point are the most interesting.

Preložil E. Bleho

Hydrogeologický prieskum mezozoika skupiny Zobora s využitím geofyzikálnych metód

(1 obr., 1 tab. v texte)

MIROSLAV BÍM — HELENA TKAČOVÁ*

Гидрогеологическая разведка мезозоя группы Зобор с применением географических методов

В статье на конкретном примере гидрогеологической разведки южной части Трибча (мезозой группы Зобор) в кратце рассматривается обзор возможностей применения основных географических-геоэлектрических методов для получения важных информации о геологических и гидрогеологических условиях изучаемой территории.

Hydrogeological investigation of mesozoic of the Zabor group by using geological methods (Tribeč Mts.)

The paper, on a concrete example of hydrogeological investigation of the Southern Tribeč part (of Mesozoic of the Zabor group), presents an outline of possibilities to use the fundamental geophysical-geo-electrical methods for obtaining important data on geological and hydrogeological conditions of the studied area.

V ostatných rokoch sa venuje zvýšená pozornosť pohoriam, predovšetkým oblastiam s vyvinutými karbonatickými komplexmi mezozoika.

V rade takýchto území sa už vykonal alebo sa v súčasnosti robí regionálny hydrogeologický prieskum. Patrí medzi ne aj južná časť Tribeča. V roku 1971 sa začal vyhľadávací hydrogeologický prieskum mezozoika skupiny Zobora s cieľom získať čo najucelenejší obraz o geologických a hydrogeologických pomeroch tohto doteraz málo preskúmaného územia, o stave zásob podzemnej vody, ich zmenách a možnostiach čo najhospodárnejšie ich využiť. Na splnenie zámeru bol navrhnutý komplex terénnych, laboratórnych a zhodnocovacích prác, z ktorých sa už prevažná časť urobila. Po predbežnom zhodnotení mapovania sa na získanie niektorých základných informácií o geologickotektonických a hydrogeologických pomeroch urobil súbor geofyzikálnych meraní. Pri návrhu tejto metódy prieskumu sa vychádzalo zo skutočnosti, že v daných podmienkach je na získanie istých informácií najprogresívnejšia, ekonomicky najvýhodnejšia, resp. jedine možná.

* Miroslav Bím, IGHP, n. p., Žilina, závod Bratislava.

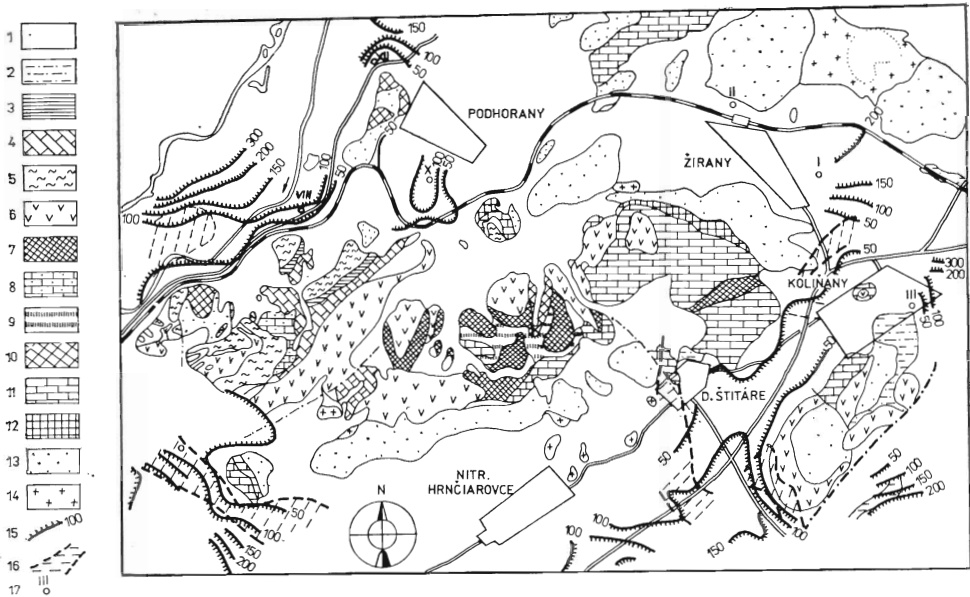
Helena Tkáčová, Geofyzika, n. p., Brno, závod Bratislava.

Stručný prehľad geologických a hydrogeologických pomerov

Pre južnú časť Tríbeča (skupiny Zobor) je charakteristická osobitná geologická stavba. Na silne denudovanom kryštaliniku (biotitických kremitých dioritoch a granodioritoch) leží obalové mezozoikum tzv. tríbečskej série. Na báze sú to transgresívne spodnotriasové svetlé lavicovité kremence s hojnými polohami kremito-sericitických fylitov. Vyššie vystupuje 30—40 m mocná poloha hrdzavožltých pórovitých a kavernóznych hornín, podľa A. Bieleho (1960, 1943) rauwakov. Nad nimi je vyvinuté najrozšírenejšie súvrstvie sivých vápencov a dolomitov stredného triasu. Vrchný trias vo vývoji karpatského keupra, rét a spodný lias (sivé až čierne vápence s rohovcami) sa zachovali len vo veľmi malom rozsahu, a to prevažne v podobe izolovaných krýh na starších útvaroch. Komplex dogeru tvoria biele, žltkasté, ružové a fialové piesčito-krioidové vápence. Malm je vyvinutý prevažne ako málo mocné súvrstvie červenofialových vrstvomitých vápencov s červenými rádiolaritmi. Najvyššiu časť jury (titón) a spodnú kriedu (neokóm) zastupujú svetlosivé, lavicovité vápence s rohovcami (titónske s *Calpionella apina*, neokómske bez calpionel a s menej častými rohovcami). Charakteristickým členom tríbečskej série sú bielosivé lavicovité a masívne vápence aptu. Nachádzajú sa len v západnej časti územia. Vápence triasu až aptu sú väčšinou silne rozpukané a skrasovatené. Z povrchových javov skrasovatenia sú časté škrapové polia, závrty, ojedinele malé jaskyne a priepasti. Pri vrtných prácach sa v nich zistili početné skrasovatené pukliny, kaverny sčasti s hlinitou a piesčitou výplňou (M. Šimeček 1960; J. Beňo — D. Očenáš — Z. Barkáč 1963, S. Polák 1965). Najmladším členom série sú žltosivé a zelenkavé slienité bridlice albu s polohami slienitých vápencov. Vyskytujú sa v menšom rozsahu len v západnej časti záujmového územia.

Karbonáty v nadloží spodnotriasových kremencov a bridlíc tvoria jeden hydrogeologický celok s puklinovou a puklinovo-krasovou priepustnosťou. V celom komplexe v prevažnej časti územia chýba málo priepustné súvrstvie významného rozšírenia. Voda atmosferických zrážok, rýchlo infiltrujúca do karbonátov, preniká puklinovo-krasovým systémom k relatívne nepriepustnému podložiu — spodnotriasovým kremencom a bridliciam. Ďalší pohyb podzemnej vody potom v prevažnej miere určuje konfigurácia povrchu tohto súrstvia. Na základe prehodnotenia starších prieskumných prác (M. Bíl 1970, 1972) možno usudzovať, že vo východnej časti územia prevláda smer prúdenia na JV, v západnej na Z a JZ, t. j. k oblastiam styku mezozoických vápencov a dolomitov s neogénom. V týchto územiach časť podzemnej vody vyviera v bariérových prameňoch pravdepodobne na tektonickom styku mezozoikum — neogén. Predpokladalo sa, že ďalšia, podstatne väčšia časť sa zúčastňuje na dopĺňaní zásob podzemnej vody v piesčitých horizontoch neogénu a vo fluvialnom piesku, resp. v štrku alúvia rieky Nitry, prípadne sa zúčastňuje na hlbšom obehu v karbonátoch v podloží neogénu. Na overenie geologických možností tohto predpokladu sa okrem iných metód použil aj geofyzikálny prieskum zameraný hlavne na:

- overenie charakteru styku mezozoikum — neogén;
- zmapovanie reliéfu podložia neogénu, rozlíšenie petrografických typov podložených hornín; zistenie zón intenzívneho skrasovatenia a rozpukania;



1 — kvartér — fluviálne sedimenty (hlinito-piesčité štrkovité sedimenty nív, potokov, riek), eluviálno-deluviálne sedimenty (prevažne hlinité), deluviálne sedimenty (kamenito-hlinité a hlinito-kamenité), eolické sedimenty — würm (spraše a sprašové hliny); 2 — neogén — limnické sedimenty — pont: íly, piesčité íly, piesky, uhľové íly; 3 — krieda — alb: svetlosivé slienité bridlice s vložkami vápencov; 4 — apt: svetlosivé a biele organodetritické vápence; 5 — titón — neokóm: svetlosivé vrstvomité vápence zriedka s rohovcami; 6 — jura — liasdoger: pestré krinoidové a piesčité vápence; 7 — lias (spodný?): sivé a čierne vápence s rohovcami; 8 — rét — hetanž: tmavosivé bridlice a vápence; 9 — trias — vrchný trias: ílovité bridlice s polohami kremencov (karpatský keuper); 10 — stredný trias: sivé dolomity; 11 — stredný trias: svetlosivé a sivé vápence s polohami dolomitov; 12 — stredný trias: bunečnaté vápence (rauwalky); 13 — spodný trias: kremence s vložkami fylitických bridlíc; 14 — predmezozoické magmatity: hrubozrnné biotitické kremenné diority; 15 — izolína mocnosti kvartérnych + neogénnych sedimentov; 16 — elektricky vodivé zóny v neogénnom podloží pod 100 ohm m; 17 — hydrogeologický vrt

1 — Quaternary — fluvial sediments (clayey-sandy cherty sediments of plains, brooks, rivers), eluvial-deluvial sediments (predominantly clayey), deluvial sediments (stony-clayey and clayey-stony), eolian sediments — Würmian (loess and loess loams); 2 — Neogene — limnic sediments — Pontian: clays, sandy clays, sands, coal clays; 3 — Cretaceous — Albian: light-gray marly shales with limestone intercalations; 4 — Aptian: light-gray and white organodetritic limestones; 5 — Titonian — Neocomian: light-gray stratified limestones with rare hornstones; 6 — Jurassic — Lias-Dogger: variagated crinoid and sandy limestones; 7 — Lias (lower?): gray and black limestones with hornstones; 8 — Rhaet-Hetange: dark-gray shales and limestones; 9 — Trias — Upper Trias: clayey shales with positions of quartzites (Carpathian Keuper); 10 — Middle Trias: gray dolomites; 11 — Middle Trias: light-gray and gray limestones with positions of dolomites; 12 — Middle Trias: cell limestones (rauwalkes); 13 — Lower Trias: quartzites with intercalations phyllitic shales; 14 — Pre-Mesozoic magmatites: coarse-grain biotitic quartz diorites; 15 — thickness isoline of Quaternary + Neogene sediments; 16 — electrically conductive zones in the Neogene underlier under 100 ohm m; 17 — hydrogeological borehole

— určenie mocnosti neogénu a overenie prítomnosti význačnejších piesčitých polôh v tomto komplexe.

V roku 1970—1971 sa v oblasti Kolíňany—Nitra—Mechenice vykonali geofyzikálne práce I. etapy metódou VES a SOP, ktoré boli súčasťou regionálneho hydrogeologického prieskumu.

Výsledkom geofyzikálnej interpretácie boli vertikálne geologické rezy s pravdepodobným geologickým výkladom interpretovaných geoelektrických horizontov. Na vertikálnych geoelektrických rezoch sú zobrazené odporovo odlišné prostredia, ktoré zodpovedajú litologicky rozdielnym horninovým komplexom. Pomerne dobre sa dalo sledovať rozhranie medzi ílovito-piesčitými horninami a vápencami, kremencami, resp. žulami, ak tieto podložné horniny nie sú veľmi porušené. V miestach, kde merný odpor podložia je 30—100 ohm m, nebolo mu možno priradiť zodpovedajúce horniny, pretože v tomto období nebol dostatok podkladov, aby sa toto prostredie mohlo priradiť k neogénnej výplni panvy alebo k jej podložíu.

V roku 1976 bol vypracovaný projekt reinterpretačných prác, podľa ktorého sa realizovali parametrické merania VES na všetkých dostupných hydrogeologických vrtoch skúmanej oblasti. Podľa výsledkov kvantitatívno-kvalitatívnej interpretácie parametrických meraní je celé územie vo vertikálnom zmysle rozdelené na tri horizonty (A, B, C).

Horizont A. Prejavuje sa merným odporom 100—1000 ohm m, patrí do povrchovej vrstvy, ktorú tvorí hlina, piesok, štrkopiesok. Hodnota merného odporu je variabilná a závisí od toho, aké uloženiny povrchovú vrstvu tvoria, od ich nasýtenia vodou a obsahu ílovitých zložiek.

Horizont B. Charakterizuje ho odpor 5—40 ohm m a buduje ho íl, piesčité íl s preplástkami piesku, ktoré tvoria neogénnu výplň Žitavskej a Nitrianskej tabule. Najcharakteristickejšim pre tento horizont je merný odpor

Sonda č.	Interpretov. mocnosť neogén+kvarť. v m.	Vrt. č.	Skutočná mocnosť neogén+kvarť. v m.	Charakterist. neog. podlož.	Údaje informat. čerpacích skúšok	
					Q v l/s	s v. m.
I. S-J ⚡	171,0	I.	162,0	tekt. stlač. granodiorit	1,5	preliv
II. S-J ⚡	98,0	II.	101,0	— II —	—	—
III.	124	III.	12,0	rozpukané a skras. váp. liás - doger	10,0	3,3
VIII.	60,5	VIII.	57,0	rozpukané a skrasov. váp. lithon-neokon malm-doger, liás str. trias	7,0 6,0	17 (I. hor.) 16 (II. hor.)
X. S-J ⚡	84,0	X.	84,0	rozpukané a skras. váp. trias	11,0	6,4
XII.	7,5	XII.	7,2	— II —	53,0	0,75

11—19 ohm m, ako to vyplýva z histogramu početnosti interpretovaných merných odporov, ako aj z parametrických meraní vo vrtoch. Uvedený horizont je najvýraznejší a najlepšie sledovateľný v celej prieskumnej oblasti okrem územia v okolí Mecheníc, kde sú geoelektrické pomery odlišné.

Horizont C. Patrí podložiu neogénu, ktoré je stratigraficko-litologicko-petrograficky veľmi pestré, ako o tom svedčí aj interval merného odporu podložných hornín 26— ∞ ohm m. Prostrediu s nižším merným odporom (pod 100 ohm m) sa neprisoval zatiaľ geologický význam. Na základe parametrických meraní v nových vrtoch III a VI, situovaných do oblasti znížených merných odporov, možno tieto horniny zaradiť do silne tektonicky porušeného podložia neogénu. Parametrické merania VES vo vrtoch umožňujú podložie neogénu stratigraficko-petrograficky rozčleniť.

Získavanie informácií len zvyšovaním objemu tradičných hydrogeologických metód prieskumu je ekonomicky nevýhodné a nesprávne. Východiskom zo situácie je použitie iných metód, najmä geofyziky. Geofyzikálne metódy možno použiť na objasnenie úložných pomerov zvodených hornín, na objasnenie hraničných podmienok, vzťahu zvodeného horizontu k povrchovej vode a susedných horizontom, na ocenenie hydrofyzikálnych vlastností hornín, ich zmien v priestore a na určenie najvhodnejšej lokalizácie exploatačných vrstov. Inými slovami, sú zdrojom cenných informácií potrebných na ocenenie zásob podzemnej vody a určenie spôsobu optimálne ju využiť.

V prípade mezozoika skupiny Zobor sú tieto výsledky geofyzikálneho prieskumu:

1. Určenie a spresnenie tektonického obmedzenia západnej časti Zobora a Nitrianskej tabule. Geoelektrický prieskum lokalizoval ohraničenie a určil ho ako sústavu zlomov poklesového charakteru s narastaním mocnosti neogénnych sedimentov do centra panvy. Najvýraznejšie tektonické línie sú v miestach, kde je v mape zakreslené pásmo zníženého merného odporu pod 100 ohm m.

2. Určenie morfológie reliéfu podložia terciéru a získanie údajov o litológii a mocnosti neogénnych sedimentov medzi východnou časťou masívu Zobor a pohraničným mezozoickým ostrovom. Závažným poznatkom z hydrogeologického hľadiska je, že neogénne sedimenty tvorí prevažne íl a že piesčitých sedimentov neogénu je v predmetnej oblasti veľmi málo. Na základe geofyzikálnych údajov je hydrogeologická spojitosť cez neogénne sedimenty medzi masívom Zobor a pohraničným mezozoickým ostrovom prakticky vylúčená.

3. Pozornosť si zasluhuje oblasť Mecheníc, v ktorej má neogén úplne odlišný charakter ako v ostatnej časti územia. Merný odpor neogénneho komplexu sa pohybuje v intervale 12—80 ohm m, čo dokazuje parametrické meranie vo vrte X.

V priebehu II. podetapy prieskumu sa urobilo niekoľko hydrogeologických vrto situovaných prevažne na základe geofyzikálnych meraní. Boli teda súčasne aj bodovou kontrolou spoľahlivosti použitých metód. Dosiahnuté výsledky dokazujú ich uspokojivú presnosť, rozdiely pri vzájomnom porovnaní nie sú podstatné. V predhádzajúcej tabuľke uvádzame niektoré výsledky získané vrtnými prácami i geofyzikou.

Doručené 10. 5. 1977

Odporučil E. Kullman

LITERATÚRA

- Beňo, J. — Očenáš, D. — Barkáč, Z. 1969: Pohranice — stavebný kameň. Záverečná správa a výpočet zásob z etapy ťažobného prieskumu so stavom k 31. I. 1969. Manuskript — Geofond Bratislava.
- Biely, A. 1963: Geológia mezozoika Tribča. [Kandidátska dizertačná práca.] Manuskript — GÚDŠ Bratislava.
- Bím, M. 1970: Povodie rieky Nitry — úsek od Partizánskeho po Šurany — hydrogeologická štúdia. Manuskript — IGHP Bratislava.
- Bím, M. 1972: Mezozoikum skupiny Zobor — II. podetapa vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu. Manuskript — IGHP Bratislava.
- Janík, S. 1969: Geofyzikálne meranie na akcii Nitra—Chrenová. Manuskript — Geofyzika Bratislava.
- Košecký, E. 1967: Geofyzikálne merania Nitra. Manuskript — Geofyzika Bratislava.
- Polák, R. — Bím, M. 1970: Povodie Nitry — hydrogeologická štúdia. Manuskript — IGHP Bratislava.
- Polák, S. 1965: Cementáreň Nitra. Manuskript — Geofond Bratislava.
- Šimeček, M. 1960: Kolíňany — cementárenské suroviny. Manuskript — Geofond Bratislava.

Hydrogeological investigation of mesozoic of the Zobor group by using geophysical methods (Tríbeč Mts.)

MIROSLAV BÍM — HELENA TKÁČOVÁ

The paper describes the works of geophysical investigation preceding the stage of hydrogeological investigation carried out in the souther part of the Tríbeč (the Zobor group). The geophysical works cover predominantly the marginal parts which in a decisive manner build the Neogene and Quaternary sediments.

The aim of the geophysical investigation was to determine the lithological-tectonical conditions to an approximate depth of 200 m with typification of rocks suitable for accumulation and flow of ground waters. For this purpose geophysical methods were used in the modification of VES and SOP.

To the geophysical investigation related the hydrogeological investigation which was to verify the results obtained by geophysical methods. The paper gives a detailed evaluation and a confrontation of results obtained by the above said works and their application to water management objectives.

Preložil E. Bleho

Hydrogeologické pomery slovinsko-gelnického rudného rajónu

(4 obr. a 2 tab. v texte)

KAMILA CABALOVÁ — DUŠAN CABALA*

Гидрогеологические условия словинско-гельницкого рудного района

В статье оцениваются гидрогеологические условия в настоящее время эксплуатируемых месторождений словинско-гельницкого рудного района. Подается основное представление о характере и интенсивности обводнения выходящих горных пород.

Hydrogeological conditions of the Slovinky — Gelnica ore zone (Spišsko-gemerské rudohorie Mts.)

The paper deals with the evaluation of hydrogeological conditions in the present mining of deposits of the Slovinsko-Gelnická ore zone. It presents a fundamental notion on the character and aquiferous extent of the emerging rocks.

Doterajšie hydrogeologické hodnotenia slovinsko-gelnického rudného rajónu sa zamerali len na riešenie čiastkových hydrogeologických problémov. V roku 1953 vypracoval R. Šmelko hydrogeologickú časť na výpočet zásob ložiska Smolník. Na základe starých archívnych údajov a meraní prítokov podzemnej vody do banských diel celkove hydrogeologicky zhodnotil ložisko po úroveň VIII. horizontu. Hodnotenie doplnil hydrochemickou charakteristikou podzemných a povrchových vôd.

V roku 1953 R. Šmelko a J. Dobiáš hydrogeologicky zhodnotili dedičnú odvodňovaciu štôľňu Jozef Gelnickej žily. Zamerali sa na predpovede prítokov podzemnej vody a návrh opatrení na jej odvodňovanie.

Hydrogeologické pomery ložísk v okolí Sloviniek (Gelnická žila — 29. horizont) na základe režimného merania prítokov a chemických rozborov podzemnej vody posudzovala v roku 1965 O. Vránová. Hydrogeologické práce boli podkladom na odvodnenie a sprístupnenie starých štôlní v úrovni 21. a 27. horizontu Gelnickej žily.

V roku 1965 T. Repka zhodnotil hydrogeologické pomery ložiska Krížová. Stanovený stredný prítok do banských diel je 250 l/min a maximálny prítok 2500 l/min.

* P. g. Kamila Cabalová, RNDr. Dušan Cabala, Geologický prieskum, 052 80 Spišská Nová Ves.

Hydrogeologické pomery Gelnickej a Krížovej žily naposledy riešil D. Cabala (1976) v súvislosti s prognózou zmeny režimu a prítokov podzemnej vody.

V súčasnosti sa v rámci vyhľadávacích geologickoprieskumných prác (zistenie smerného a hĺbkového pokračovania žíl) vykonávajú režimné pozorovania prítokov podzemnej vody do banských diel.

Geologické pomery prieskumného územia a okolia

Hlavnou rudnou štruktúrou slovinsko-gelnického rudného rajónu je Hrubý slovinský žilník, vyvinutý na mohutnej tektonickej línii prešmykového charakteru, pozdĺž ktorej bola gelnická séria nasunutá na rakoveckú sériu.

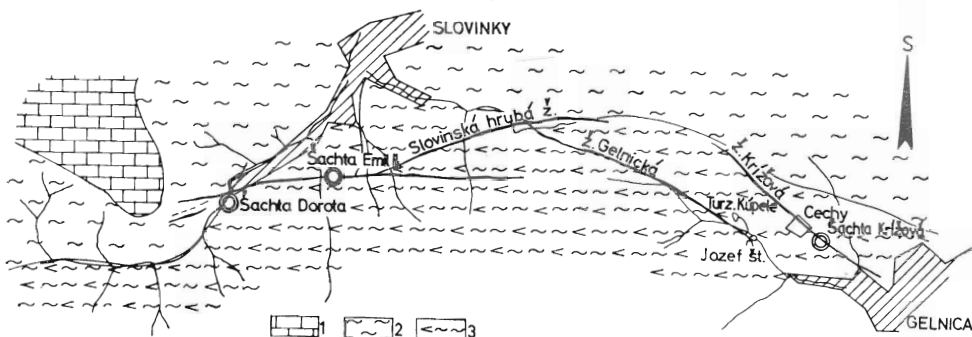
Najdôležitejšími v súčasnosti dobývanými rudnými telesami sú Hrubá žila a S-žila.

Hrubá žila je osou vlastného žilníka a najrozsiahlejším ložiskovým telesom čo do plochy aj množstva zásob Cu-rúd. Generálny smer žily je VSV—ZZJ, generálny úklon okolo 75° na juh, smerný overený rozsah 4,5 km, doteraz zistený hĺbkový rozsah 500 m, priemerná mocnosť 2,5 m a maximálna mocnosť až 11,0 m.

S-žila, smeru SZ—JV, je priečnou nadložnou odžilkou Hrubej žily. Má pomerne veľký smerný rozsah (1000 m), známy vertikálny dosah 490—500 m a maximálnu mocnosť 3,0 m.

Od východného ukončenia (resp. ohybov) Hrubého slovinského žilníka do údolia Turzova a ďalej do údolia Hnilca sa ťahne Gelnická žila, ktorá patrí do kremenného žilného typu. Jej generálny smer je SZ—JV, známy vertikálny dosah 600 m a priemerná mocnosť 2,5 m.

Podložnou odnožou východného pokračovania Hrubého slovinského žilníka do rudného rajónu Gelnica je Krížová žila. Ide o pravú hydrotermálnu žilu so sideritovou a kremennou výplňou premenlivého zastúpenia. Krížová žila je v celom rozsahu vyvinutá v horninách gelnickej série a jej tesné okolie je roz-



Obr. 1. Schematická geologická situácia slovinsko-gelnického rudného rajónu, $M = 1 : 100\,000$

1 — spodný trias, 2 — rakovecká séria (devón), 3 — gelnická séria (kambrium—ordovik)

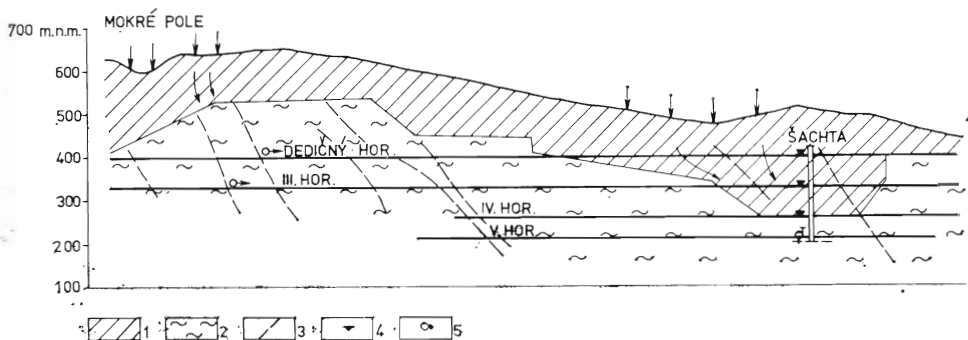
Fig. 1. Schematic geological situation of the slovinsko-gelnická ore zone. $M = 1 : 100\,000$
1 — Lower Trias, 2 — rakovecká series (Devonian), 3 — gelnická series (Cambrium—Ordovician)

lične hydrotermálne premenené. Generálny smer je SZ—JV a má veľmi strmý úklon na JZ (75—90°). Zistená smerná dĺžka je 3,5 km.

Geologické pomery rajónu dokumentujú obr. 1, 2 a 3.

Ložiskové telesá sú priečnymi a smernými tektonickými poruchami veľmi porušené.

Dobývacie práce v uvedených žilách sú rozsiahle, v najvyšších úrovniach (nad dedičným horizontom) sú žily skoro úplne vyťažené (zo slovinskej aj gelnickej strany prevažne do hĺbky 450 m, miestami aj hlbšie). V tesnej blízkosti žíl tvoria staré vyťažené priestory celý systém šacht, štólní, ping a iných diel, ktoré sú nad 21. horizontom väčšinou neprístupné a v oblasti Gelnickej žily zatopené.

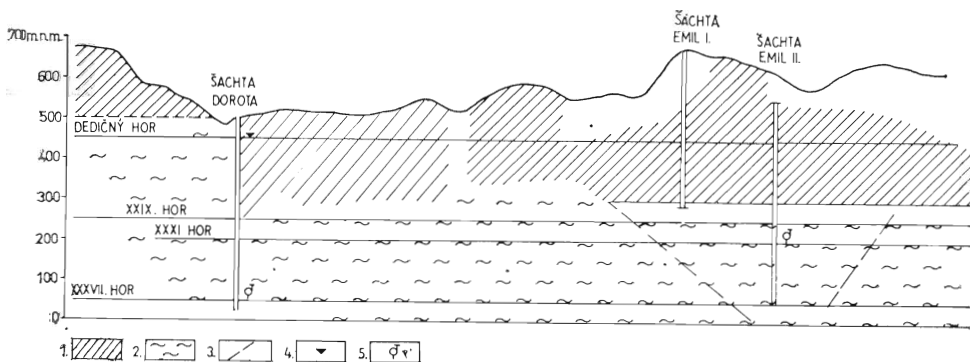


Obr. 2. Schematický geologický rez ložiskom Krížová

1 — vyťažené priestory, 2 — grafitické, sericitické fylity, 3 — tektonické poruchy, 4 — merný prah, 5 — sústredené prítoky podzemnej vody

Fig. 2. Schematic geological cross-section of the Krížová deposit

1 — mined spaces, 2 — graphitic, cericitic phyllites, 3 — tectonic disturbances, 4 — specific threshold, 5 — concentrated inflows of ground waters.



Obr. 3. Schematický geologický rez slovinskou Hrubou žilou

1 — vyťažené priestory, 2 — chloriticko-sericitické fylity, diabázy, tufy, tufity a porfyroidy, 3 — tektonické poruchy, 4 — merný prah, 5 — čerpadlá

Fig. 3. Schematic geological cross-section of the slovinská thick seam

1 — mined spaces, 2 — chloritic-sericitic phyllites, diabases, tuffs, tuffites and porphyroids, 3 — tectonic disturbances, 4 — specific threshold, 5 — pumps

Hydrogeologické pomery

V slovinsko-gelnickom rudnom rajóne a jeho okolí možno na základe geologickej stavby vyčleniť podzemnú vodu staršieho paleozoika a podzemnú vodu kvartéru.

Podzemná voda staršieho paleozoika sa viaže na puklinovú priepustnosť, ktorá je výsledkom vplyvu tektoniky, atmosferických činiteľov a banskej činnosti. Z hydrogeologického hľadiska sú najdôležitejšie pukliny a trhliny v zóne povrchového zvetrávania (rozpojenia) a pukliny vzniknuté v dôsledku intenzívnej banskej činnosti, sprevádzajúce vyťažené ložiská.

Pukliny a trhliny vznikli zvyčajne na starších plochách odlučnosti a siahajú do väčšej hĺbky. Prostredníctvom nich nastáva infiltrácia povrchovej vody do väčšej hĺbky a do ložísk.

Podľa charakteru obehu podzemnej vody možno vyčleniť podzemné vody puklinovo-vrstvové (viažuce sa na regionálnu puklinovitosť) a hlavne puklinovo-žilné podzemné vody (viažuce sa na tektonické poruchy) vytvárajúce lineárne vytiahnuté zvodnené zóny.

Priepustnosť závisí od typu horniny, ktorou tektonické poruchy a regionálna rozpukanosť prechádzajú. Na starších líniiach sa tektonická činnosť zvyčajne obnovovala (hlavne smerné a priečne poruchy), v dôsledku čoho je žilná výplň priepustnejšia. Puklinovo-žilné vody sú miestami spojené s vodami kvartéru a s vodami puklín pásma zvetrávania.

Podľa priepustnosti rozdeľujeme horniny slovinsko-gelnického rudného rajónu na slabo priepustné (kvarcity, rudné žily) a veľmi slabo priepustné (ostatné vystupujúce horniny v pásmach povrchového zvetrávania a tektonických porúch).

Tab. 1

Séria	Litologický typ	Stručná hydrogeologická charakteristika
R a k o - v e c k á	diabázy, diabázové tufy, tufity, chloriticko-sericitické fylity	Veľmi slabá puklinová priepustnosť vyvinutá v zónach povrchového zvetrávania; prítoky vody majú malú výdatnosť; väčšia časť hornín je prakticky nepriepustná
	rudné žily	Relatívne dobrá puklinová priepustnosť v súvislosti so starými banskými dielami
G e l - n i c k á	porfyroidy, kremité chloriticko-sericitické fylity s polohami kvarcitov	Veľmi slabá puklinová priepustnosť vyvinutá hlavne v zónach povrchového zvetrávania; výdatnosť podzemných vôd je malá
	grafiticko-sericitické fylity s polohami lyditov	Veľmi slabá puklinová priepustnosť vyvinutá väčšinou v povrchových pásmach
	kvarcity, piesčité fylity	Slabá puklinová priepustnosť, lokálne vyvinuté malé zvodnené kolektory

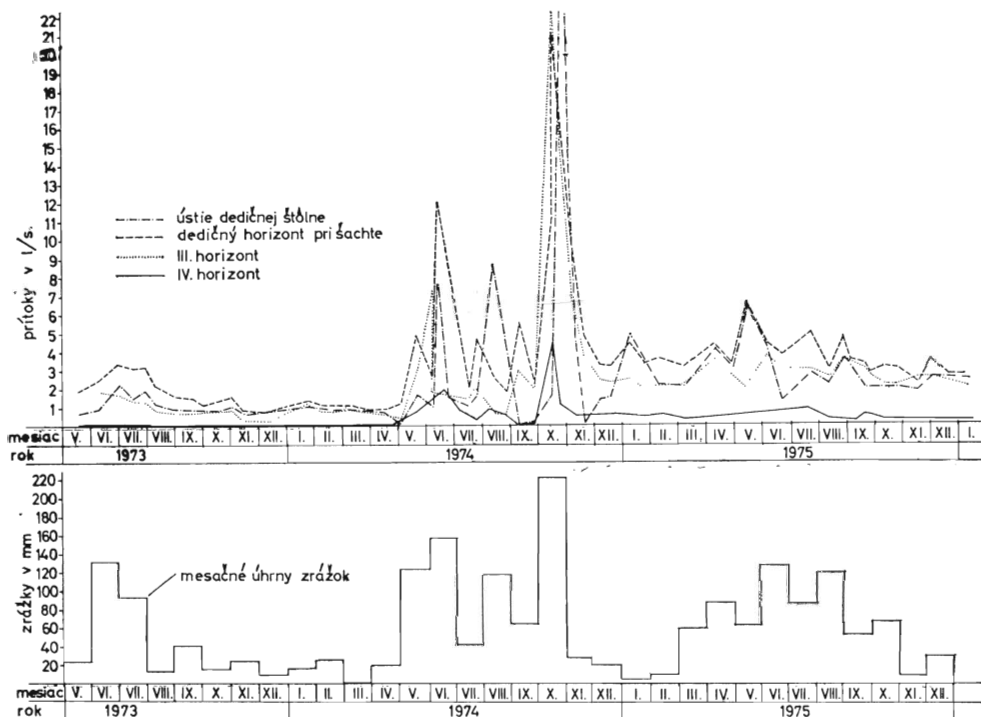
V tabuľke 1 je stručná hydrogeologická charakteristika hornín slovinsko-gelnického rájónu.

Vzhľadom na charakter zvodnenia podľa V. Homolu a S. Klíra (1975) zaraďujeme ložiská slovinsko-gelnického rudného rájónu do I. typu. Ide o ložiská v pevných horninách s puklinovou priepustnosťou, v ktorých sú horniny ložiská priepustnejšie ako okolité horniny.

Hlavné obehové cesty podzemnej vody sú v ložiskových oblastiach, najmä v miestach, kde žily vystupovali až na povrch. Pre výskyt množstva banských diel v ich tesnej blízkosti nastáva v týchto miestach priama infiltrácia povrchovej vody a vzniká umelá odvodňovacia báza (erozívna základňa), ktorá silne ovplyvňuje hydrogeologické pomery v okolí.

V starých banských dielach nenastáva len zostupný prechod vody do najnižších polôh, ale miestne vznikajú aj vzduté nádrže, z ktorých podzemná voda zvyčajne odteká prepadávaním. Predstavu o množstve zadržanej vody vo vyťažených priestoroch dáva objem vody odčerpanej pri odvodňovaní Gelnickej žily medzi 21. a 29. horizontom (28 000 m³). Odvodnenie sa vykonalo kombináciou banských diel a vrtov. Pri sprístupňovaní štôlne Jozef v roku 1976 sa uvoľnilo 7500 m³ vody.

Infiltrovaná podzemná voda dosahuje prevažne úroveň dedičných horizontov,



Obr. 4. Režimné pozorovanie prítokov podzemnej vody do banských diel — Krížová.
Fig. 4. Regime observations of ground water inflows to mine works — Krížová

odkiaľ sa odvádza samospádom na povrch. Väčšie množstvo podzemnej vody preniká pod dedičný horizont iba v období dažďov.

Veľkosť prítokov do banských diel je priamo závislá od množstva zrážok a ich rozdelenia počas roka. Maximálny prítok je po zrážkach s mesačným úhrnom nad 100 mm (väčšinou vo vegetačnom období).

Statistickým hodnotením režimného pozorovania prítokov do banských diel sa zistilo, že v suchom období je vplyv zrážok na zvodnenie pomerne malý (koeficient korelácie = 0,3) a infiltrovaná voda sa väčšinou odvádza dedičnými horizontmi. Naproti tomu v mokrom období (ako bolo napr. v roku 1974) je vplyv zrážok veľmi veľký (koeficient korelácie = 0,73).

Obr. 4 znázorňuje kľísanie prítokov podzemnej vody do banských diel, ktoré je vo všetkých ložiskách podobné.

V prehľade uvádzame prítoky podzemnej vody do jednotlivých ložísk:

Ložisko Slovinky. Väčšiu časť prítokov odvodňuje 21. horizont (dedičný horizont) samospádom na povrch. Hlbšie horizonty sa odvodňujú šachtou Dorotea a Emil čerpadlami. Z 21. horizontu sa odvádzalo max. 2300 l/min a minimálne 300 l/min, zo šachty Dorotea maximálne 720 l/min a minimálne 120 l/min a zo šachty Emil maximálne 540 l/min a minimálne 135 l/min. Za rok sa z ložiska odvádza priemerne 576 648 m³.

Tab. 2

Miesto odberu	Mineralizácia g/l	pH	S ₁	S ₂	A ₁	A ₂	Mg/Ca	SO ₄ /M
Ložisko Slovinky								
Štôlna Ladislav	0,832	5,4	9,6	29,47	—	60,72	4,092	0,30
Adam — Eva {27. hor.}	1,57	6,9	12,52	51,85	—	35,60	1,62	0,48
Potok Slovinky	0,251	7,1	10,45	12,23	—	77,32	0,59	0,13
Ložisko Gelnica, Krížová								
Ústie z dedič. štôlne	0,781	8,32	3,92	28,96	—	67,1	6,7	0,15
Ústie 3. hor. pred šachtou	0,819	8,37	9,77	33,13	—	57,08	6,5	0,19
Staré banské dielo {šachta}	1,02	8,27	6,43	46,97	—	46,58	2,72	0,25
Potok Thurzof	0,435	7,93	3,60	22,43	—	73,32	3,48	0,12
Jozefka {ústie štôlne}	0,477	8,16	3,91	37,19	—	58,85	2,59	0,25

S₁, S₂, A₁, A₂ — Palmerove charakteristiky

Krížovú žilu odvodňuje dedičný horizont na povrch a čiastočne čerpadlá zo šachty Krížová. Z dedičného horizontu sa odviedlo maximálne 2000 l/min a minimálne 60 l/min, z 3. horizontu maximálne 1500 l/min a minimálne 30 l/min a zo 4. horizontu maximálne 30 l/min a minimálne 6 l/min. Priemerné množstvo vody odvedené za rok je 346 896 m³.

Gelnická žila sa odvodňuje dedičným horizontom, štôlnou Jozefka a vyššími horizontálnymi banskými dielami, napr. štôlnou Tereza (180 l/min). Za rok sa odviedlo priemerne 126 400 m³ vody.

Chemizmus vody

Základný genetický a chemický typ vody slovinsko-gelnického rudného ra-
jónu je v korelácii s mineralogickým a petrografickým charakterom prostredia
ich obehu. Hlavným mineralogickým procesom je hydrolytický rozklad siliká-
tových hornín a oxidácia sulfidov.

Povrchová voda a voda v najvyšších úrovniach ložísk sú väčšinou nízko
mineralizované (0,4 g/l). Vo väčších hĺbkach je chemizmus výrazne dotváraný
hlavne oxidáciou sulfidov (mineralizácie 1,5 g/l). Prevažuje magnéziovo-kalcio-
vo-bikarbonátový typ podzemnej vody. Miestne sa vyskytujú síranové vody
s obsahom SO₄ — 6,0 g/l a s celkovou mineralizáciou až 12,0 g/l.

Charakteristickým znakom podzemnej vody je vysoký obsah Mg. Tabuľka 2
obsahuje najzákladnejšie geochemické charakteristiky podzemnej a povrchovej
vody.

Doručené 1. 4. 1977

Odporučil V. Böhm

LITERATÚRA

- C a b a l a, D. 1976: Hydrogeologické zhodnotenie ložiska Krížová. Manuskript — Geo-
fond Bratislava, s. 5—18.
D o b i á š, J. 1953: Gelnica — Jozef štôlna hydrogeológia. Manuskript — Geofond
Bratislava, s. 3—4.
D o b i á š, J. 1953: Gelnica — Jozef štôlna, hydrogeológia. Manuskript — Geofond
Bratislava, 8 s.
D o b i á š, J. 1954: Doplnenie hydrogeologického posudku z roku 1953. Manuskript —
Geofond Bratislava.
H o m o l a, V. — K l í r, S. 1975: Hydrogeológia ložísk nerastných surovín. Praha,
Academia, s. 25—27.
H u d á č e k, J. 1972: SGR-sever — VP Cu-rudy. Manuskript — Geofond Bratislava.
K r á l, V. 1965: Záverečná správa a výpočet zásob Gelnica—Krížová Cu, Manuskript
— Geofond Bratislava, s. 5—10.
Š m e l k o, R. 1953: Gelnica — Jozef štôlna, hydrogeológia. Manuskript — Geofond
Bratislava, s. 8—9.
V r á n o v á, O. 1965: Hydrogeologický prieskum východnej časti ložiska Slovinky.
Manuskript — Geofond Bratislava.

Hydrogeological conditions of the Slovinky—Gelnica ore zone (Spišsko-gemerské rudohorie Mts.)

CAMILA CABALOVÁ — DUŠAN CABALA

In the geological formation of the Slovinsko-Gelnická ore zone took part the

rocks of the Paleozoic, represented by an older gelnická and a younger rako-vecká series. Both series are formed by sedimentary rocks (various types of phyllites, with intercalations of quartzites and lydites) and volcanic rocks (acid syngenetic submarine effusions and rocks of basic-diabasic volcanism).

The main ore structure of the slovinsko-gelnická ore zone is the Hrubý slovinský stockwork, developed on the powerful tectonic line of thrust character. The principal genetic type are the hydrothermal siderite-sulphidic and quartz sulphidic seams — Hrubá, „S“, Gelnická and Krížová.

The deposit bodies are transversal and directional disturbances considerably dislocated, however, the joints are predominantly tight. In the uppermost zones the seams are almost completely mined and in their close proximity there is a vast system of underground water works, due to which there takes place an artificial erosion base.

Based on the geological structure it is possible to delineate ground waters of the earlier Paleozoic and Quaternary. Ground waters of the earlier Paleozoic are bound mainly to joints in the zone of surface weathering and to joints accompanying the mined deposits.

According to the character of ground water flow we distinguish joint-strata and joint-seamy ground waters. Outcropping rocks are divided into slightly permeable and very slightly permeable.

Deposits of the Slovinsko-Gelnická ore zone are ranked in the I. type (Homola, Klír).

Extent of ground water inflows to mine works is directly dependent on precipitations and their distribution in the course of the year. Infiltrated ground waters reach predominantly the level of hereditary horizons.

Ground water of the deposit area are predominantly of the magnesium—calcium—bicarbonate type with increasing mineralization to depth.

Preložil E. Bleho

Doterajší stav a poznatky z hydrogeologického prieskumu flyšových oblastí na východnom Slovensku

LUDOVÍT CIBULKA*

Современное состояние и знания гидрогеологической разведки флишевых областей Восточной Словакии

В статье приведен обзор предыдущих работ гидрогеологической разведки флишевых областей восточной Словакии. На основе результатов этих разведочных работ флишевые толщи распределяются в четыре литологических типов. У каждого типа описываются гидрофизические свойства пород и современные знания о их обводнении на основе дебита источников и скважин. Далее рассматривается проблематика гидрогеологической разведки флишевых районов с точки зрения современных геологических представлений, последовательности работ и применимости разведочных методов.

The present state and facts on the hydrogeological investigation of flysch regions in the Eastern Slovakia

The paper gives a review of the present works on hydrogeological investigation of flysch regions in the Eastern Slovakia. According to facts on the works of investigation the flysch strata series fall within the four lithological types. Individual types hydrophysical properties of rocks and the present facts on water-bearing are described on the basis of spring and boreholes yields. Further on the problems of hydrogeological investigation of flysch regions are analyzed from the view point of the present geological documents, working process and applicability of investigation methods.

Prvými prácami o získavaní pitnej vody z flyšových oblastí boli hydrogeologické štúdie P. Pospíšila (1968) a A. Žáka (1969a). Nadväzné hydrogeologické prieskumné práce vo vybratých územiach sa zameriavali na dokumentáciu prameňov, na zisťovanie prestupu podzemnej vody z flyšových hornín do povrchových tokov (A. Žák 1969b), na geofyzikálny prieskum, vrtné a čerpacie práce (L. Cibulka 1971). V roku 1971—1975 sa vykonal základný hydrogeologický výskum paleogénu Levočských vrchov (M. Žakovič 1975).

Vyhľadávací hydrogeologický prieskum paleogénu sa začal r. 1976 v Čerchovskom pohorí (IGHP Žilina). Podkladom projektu bola hydrogeologická štúdia (L. Cibulka 1975). Formou hydrogeologických štúdií boli spracované niektoré oblasti rozsiahleho flyšového územia, ako juhovýchodná časť Spišskej kotliny (A. Tužinský 1970), okres Bardejov, okres Humenné a okres Svidník (L. Cibulka 1975, 1977a, 1977b). Početné hydrogeologické vrty, zamerané zväčša na lokálne vodárenské využitie, boli vyhlásené vo flyšových hor-

* RNDr. Ludovít Cibulka, IGHP, n. p., 040 02 Košice-Ľahanovce.

ninách Spišskej kotliny (D. C a b a l a 1976). Hydrogeologickým pomerom flyšových oblastí na východnom Slovensku sa venuje primeraná pozornosť aj v rámci zostavovania Hydrogeologickej mapy ČSSR, najmä na liste 27 — Poprad a 28 — Svidník (GÚDŠ Bratislava). Prínosom pre poznanie hydrogeológie flyša je aj registrácia prameňov, ktorú pre Hydrofond HMÚ Bratislava pripravuje IGHP Žilina. Z flyšových oblastí sa na východnom Slovensku už spracovalo povodie Popradu (M. H a l u š k a et al. 1973) a Hornádu (A. V i t i k á č o v á et al. 1976).

Vykonané hydrogeologické prieskumné práce ukázali, že hodnotiť flyšové oblasti z hľadiska využitia podzemnej vody ako málo priaznivé je neopodstatnené. Hoci hydrogeologický prieskum flyša je len v začiatkoch, už na základe doterajších poznatkov možno konštatovať, že aj vo flyšových oblastiach sú litologické vývoje hydrogeologicky priaznivé.

Vo flyšových oblastiach východného Slovenska možno na základe litológie a hydrofyzikálnych vlastností vyčleniť tieto súvrstvia:

1. Bazálne karbonátové súvrstvie (zlepence, vápencové zlepence, brekcie, pieskovce a piesčité vápence)

Ide o horniny centrálnokarpatského flyša vystupujúce hlavne v Spišskej kotline, menej v Šarišskej vrchovine, v ktorých vzhľadom na rigidnosť a tektonické porušenie, ako aj uplatnenie sa krasovej korózie možno predpokladať dobrú puklinovú až puklinovo-krasovú priepustnosť. Výdatnosť niektorých vrtovej je až do 10,0 l/s, avšak vyskytli sa aj skoro negatívne vrty (D. C a b a l a 1976).

Výdatnosť prameňov je zväčša okolo 2,0 l/s, miestami najmä v nadväznosti na podložné mezozoikum aj podstatne vyššia.

2. Súvrstvia v pieskovcovom hruborytmickom, zväčša pieskovcovom vývoji

V centrálnokarpatskom flyši sem možno zaradiť najmä rozsiahle pieskovcové súvrstvie Levočských vrchov, bazálne nekarbonátové zlepencové súvrstvie a zlepencovo-pieskovcové súvrstvie žipovsko-radačovského pásma, príp. šambronské vrstvy.

Bradlové pásmo sa vzhľadom na silné tektonické postihnutie a zväčša nepriaznivý litofaciálny vývoj (ilovce, slieňovce) ako celok pokladalo za málo priepustné (L. C i b u ť k a 1974). Podľa novších poznatkov tento záver neplatí o pieskovcovom súvrství kyjovského vývoja. Naopak, podľa výstupu prameňov sa zdá, že toto súvrstvie je vďaka silnému tektonickému porušeniu miestami dokonca priestupnejšie ako okolné pieskovcové vývoje (L. C i b u ť k a 1975).

V magurskom flyši možno za hydrogeologicky priaznivé pokladať hlavne psefiticko-psamitické vrstvy čerchovskej jednotky (pieskovce magurského typu). Vystupujú najmä v plošne rozsiahlom území Čerchovského pohoria. Hydrogeologicky priaznivá je aj vrchná časť zlínskych vrstiev bystrickej jednotky (drobové a arkózové pieskovce) a spodná časť zlínskych vrstiev račianskej jednotky (pieskovcové zlínske vrstvy). Tieto súvrstvia nevystupujú v súvislých

a plošne takých rozsiahlych územiach ako pieskovcové súvrstvie čerchovskej jednotky, avšak takmer výlučne sa na ne viaže výskyt významnejších prameňov (L. Cibulka 1975, 1977a). Vo vonkajšom flyši možno za hydrogeologicky priaznivé pokladať vrchnokriedové až paleocénne psamitické vrstvy duklianskych vrás a ich ekvivalenty (cisnianske vrstvy a pieskovce Veľkého Bukovca). Najrozsiahlejší je ich výskyt v Uzskej hornatine. Väčšiu hydrogeologickú priaznivosť týchto súvrství voči okolným horninám potvrdzuje nadväznosť významnejších prameňov.

Pri opísanom type flyšových hornín je hlavným faktorom podmieňujúcim priepustnosť ich porušenosť. Primárnu, pravdepodobne len nízku pórovitosť pieskovcov diagenetické procesy zväčša úplne zotrelí. Pri nedostatku pórovej priepustnosti je z hľadiska zvodnenia významná puklinová priepustnosť. Z rozličných genetických puklín sú najvýznamnejšie pukliny na tektonických líniách, po ktorých sa uskutočnili významné pohyby a ktoré predstavujú pásma porušených hornín s hlbším a širším dosahom. P. Pospíšil (1968) predpokladá aj vznik otvorených ťahových puklín v antiklinálnych a synklinálnych ohyboch. Významná je aj porušenosť hornín v dôsledku pôsobenia exogénnych síl. Ide o pukliny odľahčenia, zvetrávania a gravitačné pukliny, ktoré vytvárajú zónu zvetrávania, zasahujúcu do hlbok zväčša 20—40 m. V tejto zóne sa vytvára súvislý plytký obzor. Odvodňujú ho pramene v záveroch dolín s výdatnosťou najčastejšie okolo 0,5 l/s, jednak väčšie, často druhotné suťové pramene v údoliach. Podľa M. Zákoviča (1975) sa prevažná časť prameňov v Levočských vrchoch viaže na pukliny vzniknuté pôsobením exogénnych síl. Tieto pramene majú výdatnosť zväčša okolo 1,0 l/s, najvýdatnejšie okolo 5,0 l/s. Pri bohatších zrážkach sa výdatnosť prameňov zvyšuje až 10-násobne. Pomerne stálejšiu výdatnosť majú pramene viažuce sa na poruchové zóny, lebo nimi sa rozsiahlejšie drénuje zóna zvetrania. Výdatnosť hydrogeologických vrtov v pieskovcovom súvrství Levočských vrchov sa pohybuje v rozmedzí 0,3—9,6 l/s, v pieskovcových súvrstviach magurského a vonkajšieho flyša dosiahli vrty výdatnosť zväčša len okolo 0,5 l/s, zriedkavo až okolo 2,0 l/s.

3. Súvrstvia v pieskovcovo-ílovcovom vývoji

Ide o súvrstvia, v ktorých majú pieskovce prevahu nad ílovcami alebo aspoň vytvárajú mocnejšie polohy v niektorej časti pieskovcovo-ílovcového vývoja.

V centrálnokarpatskom flyši je to najmä pieskovcovo-ílovcové a prechodné pieskovcové súvrstvie. V magurskom flyši sem možno zaradiť zlínske vrstvy bystrickej jednotky, inoceramové vrstvy a paleocénne ílovcovo-pieskovcové vrstvy, ďalej zlínske vrstvy račianskej jednotky. Vo vonkajšom flyši možno k tomuto typu flyšových hornín priradiť hlavne inoceramové vrstvy a eocénne podmenilitové vrstvy, krosnianske vrstvy darskej synklinály a smilnianskeho okna.

V týchto súvrstviach je celková priepustnosť a zvodnenosť podstatne nižšia ako v prv opísaných pieskovcových súvrstviach. Zóna zvetrávania sa vzhľadom na veľký výskyt menej priepustných ílovcových polôh odvodňuje množstvom drobných pramienkov s výdatnosťou okolo 0,2 l/s. Aj vsakovanie zrážkovej vody je vzhľadom na menej priepustný hlinitý zvetraninový pokryv podstatne menšie. Pramene nad 0,5 l/s sa zvyčajne viažu na výskyt mocnejších polôh pieskovcov.

4. Súvrstvia v ílovcovom alebo drobnorytmickom, prevažne ílovcovom vývoji

V centrálnokarpatskom flyši je to hlavne ílovcové súvrstvie a vrstvy menilitového typu. V magurskom flyši sú to pestré ílovce pribradlových vývojov, pestré ílovce a malcovské vrstvy čerchovskej jednotky, belovežské vrstvy bystrickej jednotky, belovežské a menilitové vrstvy račianskej jednotky. Vo vonkajšom flyši sem patria menilitové a krosnianske vrstvy.

Íde o súvrstvia, o ktorých sa doteraz predpokladalo, že vzhľadom na ich litologické zloženie sú celkove málo priepustné a nízko zvodnené. Už P. Pospíšil (1968) na základe údajov o vodných tlakových skúškach konštatoval, že o nepriepustnosti ílovcových súvrství nemožno jednoznačne hovoriť, lebo špecifická strata vody je aj v ílovcoch miestami pomerne vysoká. Mimoriadne priaznivé výsledky sa dosiahli hydrogeologickými vrtmi v ílovcovom, resp. v prevažne ílovcovom súvrství centrálnokarpatského flyša v Spišskej kotline. D. Cabala (1976) udáva výdatnosť na jeden hydrogeologický vrt v rozmedzí 0,1—1,0 l/s, veľmi často však až do 3,0 l/s. V iných oblastiach boli doterajšie vrty zväčša negatívne, zriedkavo s výdatnosťou do 0,5 l/s a len ojedinele s vyššou. Ílovcové súvrstvia odvodňuje veľa drobných pramienkov s výdatnosťou do 0,1 l/s.

Doterajšie výsledky hydrogeologického výskumu a prieskumu flyšových oblastí celkove potvrdzujú prognózy o hydrogeologickej priaznivosti flyšových hornín, ako ich uviedol P. Pospíšil (1968) na základe výskumu ich litológie. Problematika hydrogeologického prieskumu flyšových oblastí sa stáva náročnejšou, keď sa od všeobecných úvah a prognóz vo veľkom meradle pristupuje ku konkrétnym prieskumným úlohám na využitie zásob podzemnej vody.

Vzhľadom na veľkú plošnú rozlohu flyšových území, etapovitost' prieskumu, ako aj postupné zlepšovanie metodických postupov je vhodné k vyhľadávaciemu hydrogeologickému prieskumu pristupovať po orografických celkoch, príp. po ich častiach. Vypracovaniu projektu by malo predchádzať spracovanie hydrogeologickej štúdie s prognózou hydrogeologickej nádejnosti jednotlivých súvrství a s ideovým návrhom vyhľadávacieho prieskumu.

Doručené 28. 3. 1977

Odporučil P. Pospíšil

LITERATÚRA

- Cabala, D. 1976: Doterajšie poznatky o hydrogeologických pomeroch paleogénu Spišskej kotliny. *Mineralia slov.*, 8, s. 143—156.
- Cibuľka, L. 1971: Hydrogeologický prieskum vonkajšieho flyšového pásma na východnom Slovensku (II. etapa). Manuskript — Geofond Bratislava, 19 s.
- Cibuľka, L. 1974: K problematike hydrogeologického prieskumu flyšových oblastí na východnom Slovensku. Materiály k VI. celoštátnej hydrogeologickej konferencii (Žilina), s. 113—119.
- Cibuľka, L. 1975a: Čerchovské pohorie — hydrogeologická štúdia. Manuskript — Geofond Bratislava, 52 s.
- Cibuľka, L. 1975b: Zhodnotenie hg. pomerov a možností ďalšieho využitia podz. vôd Východoslovenského kraja. Bardejovský okres — čiastková hg. štúdia. Manuskript — Geofond Bratislava, 40 s.
- Cibuľka, L. 1977a: Zhodnotenie hg. pomerov a možností ďalšieho využitia podz. vôd Východoslovenského kraja. Svidnícky okres — čiastková hg. štúdia. Manuskript — Geofond Bratislava, 28 s.

- Cibuľka, L. 1977b: Zhodnotenie hg. pomerov a možnosti ďalšieho využitia podz. vôd Východoslovenského kraja. Humenský okres — čiastková hg. štúdia. Manuskript — Geofond Bratislava, 38 s.
- Haluška, M. et al. 1973: Povodie Popradu — registrácia prameňov. Manuskript — Geofond Bratislava, 58 s.
- Pospíšil, P. 1968: K problémom získania pitnej vody v súvrstviach flyšového pásma na východnom Slovensku. Manuskript — Geofond Bratislava, 33 s.
- Tužinský, A. 1970: Spišská kotlina JV — hydrogeologická štúdia. Manuskript — Geofond Bratislava, 42 s.
- Vitikáčová, A. et al. 1976: Povodie Hornádu — registrácia prameňov. Manuskript — Geofond Bratislava, 128 s.
- Zakovič, M. 1975: Základný hydrogeologický výskum paleogénu Levočských vrchov. Manuskript — Geofond Bratislava, archív GÚDS Bratislava, 186 s.
- Žák, A. 1969a: Hydrogeologický prieskum vonkajšieho flyšového pásma na východnom Slovensku (I. etapa). Manuskript — Geofond Bratislava, 10 s.
- Žák, A. 1969b: Centrálnokarpatský flyš — hydrogeologická štúdia. Manuskript — Geofond Bratislava.

The present state and facts on the hydrogeological investigation of flysch regions in the Eastern Slovakia

LUDOVIT CIBULKA

Flysch regions cover almost $1/2$ of the Eastern Slovakian surface area. Till recently these regions were grossly considered as hydrogeologically little favourable and no attention was paid to them.

During the recent years there were prepared on the hydrogeology of flysch several hydrogeological studies, in the area of the Levočské mountains a hydrogeological research was made and a prospecting hydrogeological investigation was inaugurated in the area of the Čerchovské mountain range. These works, as well as the results of small investigation actions show that lithological developments hydrogeologically favourable are also in the flysch sediments.

In the flysch regions of the Eastern Slovakia the following types of strata-series can be delineated according to hydrophysical properties:

1. Basal carbonate strata-series of the Central Carpathian flysch (conglomerates, calcareous conglomerates, breccia, sandstones and sandy limestones). Apart from tectonic dislocation karst corrosion applies also, it is why a good joint permeability to joint-karstic can be assumed. Yields of some strata in this strata-series attained up to about 10,0 l/s. Spring yield is in general about 2,0 l/s, in places even more in connection with the Mesozoic underlier.

2. Strata-series in the sandstone or mostly gross-rhythmic sandstone evolution. In the Central Carpathian belong here the sandstone strata-series, the basal non carbonate strata-series, and the conglomerate-sandstone strata-series of the žipovsko-radačovská zone, or the šambrónske strata. From the klippen zone it is mainly the sandstone strata-series of the Kyjov evolution, or the basal parts of the remaining near-cliff evolutions. In the Magura flysch hydrogeologically favourable are the psephitic-psammitic strata of the čerchovská unit (sandstones of the Magura type), the upper part of the Zlín strata of the Bystrická unit (crumb and arcose sandstones) and the lower part of the Zlín strata of the račanská unit (Zlín sandstone strata). Among rock of the outer flysch ranking with this type are also the

Upper Cretaceous to Paleocene strata of the duklianske folds and their equivalents (cisňanské strata and sandstones of the Veľký Bukovec).

In the described type of flysch rocks the primary pore permeability was by diagenetic processes mostly totally wiped out. The joint permeability is conditioned by rock dislocation. Due to exogeneous forces acting there occur joints of release, weathering and gravitational fissures which create the zone of weathering reaching to depth about 20 to 40 m. In this zone there forms a shallow aquifer horizon to which most of the springs are linked. They are springs in the valley closures fringing the principal mountain ridges with yields mostly about 0.5 l/s and springs even with bigger yields lower down in the valleys about 1.0 l/s and maximum about 5.0 l/s.

The yields of hydrogeological boreholes in the sandstone strataserie of the Levočské mountains ranges within 0.3 to 9.6 l/s, in the sandstone strata-series of other flysch regions mostly about 0.5 l/s, rarely to about 2.0 l/s.

3. Strata-series in claystone-sandstone and sandstone-claystone evolutions. Sandstones predominate claystones, or form at least thicker strata in some part of the strata-series. In the Central Carpathian flysch it is the sandstone-claystone and transition sandstone strata-series. In the Magura flysch to this type belong the Zlín strata of the Bystrica unit, the Inoceramian and Paleocene claystone-sandstone strata and the Zlín strata račanské. From the outer flysch belong here the Inoceramian and Eocene under menilite strata, the krosnenské strata of the darska syncline and the smilnianske window.

To this zone of weathering connect many little springs with yields about 0.2 l/s. Springs above 0.5 l/s indicate generally occurrence of thicker sandstone strata and progress of tectonic dislocation.

4. Strata-series in claystone or minute-rhythmic predominantly claystone evolution. Here belong: the claystone strata-series and strata of the menilite type of the Central Carpathian flysch, variegated claystones of near-klippen evolutions and the mačcovské strata of the Čerchovská unit, the belovežské strata of the Račanská unit of the Magura flysch, the menilite and krosnenské strata of the outer flysch.

They are strata-series in which there was supposed in total only a very low permeability. Recent investigation works indicate locally a more favourable state. In the predominantly claystone strata-series in the Central Carpathian flysch of the Spiš basin the yields of the hydrogeological boreholes ranged mostly within 0.1 to 1.0 l/s, frequently up to 3.0 l/s. In the remaining flysch regions the boreholes were mostly negative, rarely with yield to 0.5 l/s, singly even higher. The claystone strata-series are drained by numberless little springs with yield to 0.1 l/s.

By the transition from general considerations and prognosis in a greater measure to concrete investigation tasks in individual localities the problems of the hydrogeological investigation of flysch become more complex and pretentious. The present investigation works and their results point to the possibility of the favourable flysch strata-series groundwater exploitation for an improved drinking water supply to the inhabitants.

Preložil E. Bleho

Vplyv hydrogeologických podmienok na vznik gravitačných porúch východných svahov Kremnických hôr

(2 obr. a 1 tab. v texte)

JOZEF MALGOT—FRANTIŠEK BALIAK*

Влияние гидрогеологических условий на образование гравитационных нарушений восточных склонов Кремнических гор

В статье анализируется роль гидрогеологического фактора при образовании склоновых нарушений. Исходя из данных удельного стока подземных вод из нарушенных областей доказывается первичная роль подземных вод в процессе образования оползней и оползней-потоков.

Influence of hydrogeological conditions on the development of slope movements in the east slopes of Kremnické hory Mts.

The paper analyses the role of the hydrogeological factor causing slope failures. Based on data concerning the specific discharge of ground waters from the deformed areas primary role of ground waters causing mainly landslides and earth streams is shown.

Na východnom okraji Kremnických hôr je medzi obcami Horné Pršany, Malachov, Tajov, Králiky a Kordíky jedno z najrozsiahljších porušených území na Slovensku. Celková plocha porušených svahov dosahuje 2000 ha. Poruchy svahov podstatnou mierou podmieňujú využitie územia. Podrobnejší rozbor územia z hľadiska stability bol predmetom prác V. Boukala — M. Fajsta — P. Šimůnka (1966), J. Malgota (1975) a J. Malgota — F. Baliaka — T. Mahra (1976).

Rozsiahle svahové poruchy vznikli ako výsledok priaznivej geologicko-tektonickej stavby. Významnú úlohu pritom zohrali aj vlastnosti hornín a hydrogeologické podmienky, ktoré sa tu v mnohých črtách podstatne odlišujú od iných území s podobnou stavbou, čo spôsobuje značné rozdiely aj vo vývoji svahových porúch.

V celom opisovanom území sú strmé, vyššie položené časti svahov tvorené rigidnými vulkanogénnymi horninami. Prevládajú v nich aglomeratické tufy striedajúce sa s polohami andezitov v pomere 4 : 1. Zachovaná mocnosť vulkanitov pod hrebeňmi pohoria dosahuje 300—400 m (J. Knésl — M. Lukaj — M. Linkešová 1973, J. Forgáč — M. Pulec — R. Halouzka 1975).

* RNDr. Jozef Malgot, CSc., RNDr. František Baliak, Katedra geotechniky SvF SVŠT, Radlinského 11, 800 00 Bratislava.

V stredných, miernejšie uklonených častiach svahov vystupujú plastické, tvár-
livé tufitické íly, ílovce s vložkami piesku a štrku (spodný miocén). Miocénne
súvrstvie leží na flyšoidnom paleogéne, ktorý sa zaraďuje až do vrchného oli-
gocénu (V. Náprstek — P. Röhlich 1957, J. Knesl et al. 1973). V sú-
vrstvii prevláda íl, slienité ílovce a sliene s tenkými polohami pieskovcov.
V najnižších častiach svahov, často až na úrovni potokov, sa nachádzajú zle-
pence, pieskovce a vápence (eocén), príp. vápence a dolomity triasu (obr. 1).

Výstup opísanej superpozície rigidných a plastických členov uvedenej štruk-
túry svahov závisí od jej tektonického rozčlenenia. Zlomový systém smeru
SV—JZ spôsobuje postupné zaklesávanie vulkanitov do pohoria, teda smerom
na západ. Systém SZ—JV člení uvedené štruktúry detailnejšie na sériu hrastí
a poklesov. Tektonické rozčlenenie je druhým základným predpokladom de-
štrukčného vývoja svahov, pričom pokročilosť rozpadu svahovej štruktúry zá-
visí od výšky jej elevácie. V čiastkových depresiách, kde je kontakt tvrdého
nadloženého komplexu s tvárnym podložíom ponorený hlbšie, je vývoj sva-
hových porúch spomalený, príp. až zastavený.

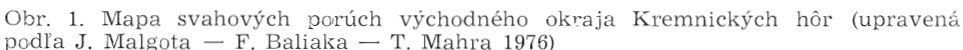
V rámci geomorfologického vývoja vznikli v opísaných štruktúrach rozličné
typy svahových porúch. V prvej fáze sa vulkanogénne horniny zabávajú in situ
do plastického podložia a tvoria blokové rozpadliny, neskôr blokové polia, ktoré
sú tvorené separovanými, izolovanými blokmi posunutými po svahu (v zmysle
klasifikácie A. Nemčoka — J. Paška — J. Rybářa 1973). Na odlučných
hranách blokových porúch tu vznikajú rozsiahle súvislé skalné steny vysoké až
40 m, vytvorené skalným zrútením. V predpolí blokových porúch, na vyššie
vyzdvihnutých štruktúrach vznikla obruba zosunov. Zosúvanie je podporované
zafažením svahov materiálom rozpadnutých blokov, reologickými zmenami
vlastností ílovitých hornín, ktoré sú vytláčané z creepových zón, ako aj roz-
siahlym vplyvom podzemnej vody.

Vplyv podzemnej vody na vznik svahových porúch podporujú klimatické po-
mery. Dlhodobý ročný úhrn zrážok (1931—1960) tu dosahuje 853 mm. Rozde-
lenie zrážok počas roka je relatívne rovnomerné.

Infiltrácia zrážkovej vody má osobitne dobré podmienky. Ťahové namáhanie
porušilo okraje vulkanitov systémom hlboko siahajúcich trhlín, ktoré sa hĺbkou
neuzatvárajú, ba naopak, podklznutím päty blokov sa rozširujú. Ich priebeh je
približne rovnobežný so svahom. Často siahajú až za rozvodnicu. Mnohé trhliny
sa správajú ako statické jaskyne, v ktorých sa udržiava ľad aj v lete. Dosahujú
šírku až niekoľko metrov. Podobný systém puklín a trhlín je aj na povrchu
blokových rozpadlín, na ktorých sa vytvárajú ešte hustejšie siete. Na povrchu
blokových polí sa striedajú rozsiahle bezodtokové depresie, ktoré oddeľujú jed-
notlivé morfologicky výrazné bloky. Sčasti ich vyplňa dobre priepustná bal-
vanitá sutina, takže sú skoro po celý rok suché a svojím charakterom pripo-
mínajú krasové závrty.

Povrchová voda sa v týchto územiach rýchlo stráca v podzemí, a preto je
povrchový odtok minimálny. Infiltrovaná voda preniká až na nepriepustné
podložie blokov, nad ktorým vytvára významný horizont gravitačne prúdacej
vody, ktorej smer pohybu je určený sklonom izolátora k povrchu svahu. Na
obvode blokových porúch preto vzniká výrazná línia prameňov vrstvomého
alebo vrstvom-bariérového typu (obr. 1, 2). Pramene sa vyznačujú pomerne
vysokou výdatnosťou. Najvýznamnejšie majú výdatnosť až 10—15 l/s. Režimné
pozorovania poukazujú na pomerne malý rozptyl ich výdatnosti, ktorý sa po-

Výborné infiltračné podmienky a bohaté zrážky sa prejavujú na extrémne vysokých hodnotách špecifického odtoku podzemnej vody (q) z území porušených blokovým spôsobom. Na obr. 1 sú porušené územia rozdelené do povodí siedmich potokov, ktoré ich odvodňujú. V tých sme vykonali výpočet q pre



1 — vápence a dolomity — trias, 2 — zlepenec, pieskovce a vápence — stredný eocén, 3 — íly, ílovce s vložkami pieskovcov — vrchný oligocén — spodný miocén, 4 — vulkanogénny komplex Kremnických hôr (aglomeratické tufy, andezity — sarmat), 5 — územia tvorené blokovými rozpadlinami, 6 — územia tvorené blokovým pohybom, 7 — zosuny s označením smeru pohybu, 8 — pramene, 9 — hranice geografických povodí potokov, 10 — miesta merania povrchových prietokov.

Fig. 1. Map of slope failures of the eastern boundary of the Kremnické hory Mts. (modified according to J. Malgot, F. Baliak and T. Mahr, (1976))

1 — Limestones and dolomites — Trias, 2 — Conglomerates, sandstones and limestones — Middle Eocene, 3 — clays, claystones with sandstone intercalations — Upper Oligocene — Lower Miocene, 4 — volcanogeneous complex of the Kremnické mountain range (agglomeratic tuffs, andesites — Sarmatian, 5 — area built by block desintegration, 6 — areas built by block fields, 7 — landslides with indicated strike of movement, 8 — springs, 9 — boundaries of geographical watersheds of brooks, 10 — measuring spots of surface discharges.

minimálny, stredný a maximálny stav na základe vlastných meraní, ako aj údajov M. Lukaja (in J. Kněsl et al. 1973) a M. Banského (1973). Výsledky s plochami porušených a stabilných území sú v nasledujúcej tabuľke:

Tab. 1

Č.	Povodie	Plocha	Celkové	poruš.	Stabilné		Špec. odtoky (q)		
		km ²	km ²	%	km ²	%	max.	min.	priem.
1	Kordický potok	9,97	4,01	40,22	5,96	59,78	18,86	6,96	10,42
2	Tajovský potok	7,94	4,59	57,81	3,35	42,19	31,80	11,84	21,48
3	Farebný potok	4,87	2,69	55,24	2,18	44,76	13,23	4,86	8,07
4	Mutenský potok	2,78	0,15	5,40	2,63	94,60	18,41	7,91	12,98
5	Kopanice	2,72	0,36	13,23	2,36	86,76	3,86	2,42	3,54
6	Nepomenovaný	3,60	1,39	38,61	2,21	61,38	5,69	0,48	2,20
7	Malachovský p.	15,80	7,31	46,27	8,49	53,73	15,31	2,96	6,85
		47,68	20,51	43,00	27,18	57,00	17,83	5,52	9,98

Z údajov tab. vychodí, že hodnoty q sú pri väčšine povodí mimoriadne vysoké, pričom sa vzájomne výrazne odlišujú. Z porovnania údajov q s plochami porušených svahov vychodí, že čím sú hodnoty špecifického odtoku podzemnej vody vyššie, tým má územie vyšší stupeň gravitačného porušenia. Túto zákonitosť ilustruje napr. povodie Tajovského potoka, kde $q_{\max.} = 31,8 \text{ l/s/km}^2$ a kde deštrukčný proces rozpadu Kremnických hôr pokročil najviac na západ. Aj keď sa o možnosti nesúladu medzi hydrogeologickým a hydrografickým povodím v týchto územiach dá diskutovať, predsa len vplyv hydrogeologických pomerov na rozvoj gravitačných porúch, ilustrovaných hodnotami q , je zreteľný. Súčasne údaje o špecifických podzemných odtokoch dokazujú zákonitosť, že každá priaznivá štruktúra pre rozvoj gravitačných porúch je zároveň významnou hydrogeologickou štruktúrou.

Podzemná voda nemá na aktivizovanie rozličných druhov svahových porúch rovnaký vplyv. V blokových poruchách pôsobí prevažne svojím hydrostatickým tlakom na nepriepustnú creepovú zónu, čím zvyšuje váhu blokov a spôsobuje vzrast aktívnych síl. Najnepriaznivejšie sa začína prejavovať až pri svojom výstupe na svahu, kde vytvára rozsiahle močaristé územia. Väčšia časť podzemnej vody však na pätách blokov dotuje v podobe skrytých prameňov dobre priepustný hlinito-kamenitý materiál svahovín, ktorý sa vo vertikálnom profile môže viacnásobne opakovať v rámci 15–30 m mocných menej priepustných delúvií. Vzhľadom na to, že sa tieto polohy po svahu vyklíňujú a sú od seba dokonale izolované, uplatňujú sa v nich výrazne vztlakové účinky. Vztlaková úroveň siaha niekedy vysoko nad terén a citlivo reaguje na zrážky. Okrem opísaných vplyvov pôsobí podzemná voda ako faktor zväčšujúci aktívne sily najmä v odlučných oblastiach.

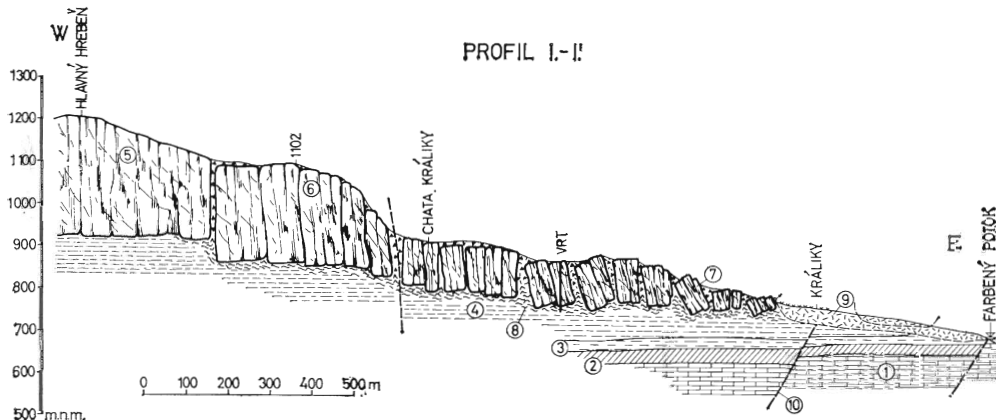
Podzemná voda významne mení aj vlastnosti ílovitej zeminy, ktorá je vytláčaná na svahoch z podložia blokov. Odľahčená zemina je vystavená vysokému horizontálnemu ťahovému napätiu, začína rýchlo nasávať vodu, napučáva a mení konzistenciu, čo má ďalekosiahly vplyv na jej odpor voči usmyknutiu.

V dôsledku opísaných vplyvov vzniká na obvode blokových polí trvale nerovnovážny stav, pri ktorom aj najmenší impulz značí stratu stability svahu. Zrážkové anomálie sa v týchto extrémnych podmienkach javia ako hlavná príčina aktivizácie pohybů zosuvného charakteru.

Stupeň zvodnenosti zosuvných svahov je na mnohých miestach taký vysoký, že po vzniku zosuvného pohybu za priaznivých podmienok časť telesa pohybujúceho sa zosunu stekutie. Pri tomto jave sa uplatňuje neutrálne napätie vody v póroch nasýtenej zeminy v tlačných zónach zosunov, ktoré predtým namáhalo ťahové napätie. Podzemná voda je pritom z telesa zosunu vytláčaná a spôsobuje dočasné stekutenie zeminy, ktorá sa začne pohybovať ako tekutá kašovitá hmota podľa zákonitostí tečenia. Zemné prúdy ako výsledné formy tvoria jazykovité tvary s jemnou kresbou povrchu, ktoré pretečú v čiastkových depresiách na vzdialenosť niekoľko sto, ba až tisíc metrov.

Podstatne odlišné sú hydrogeologické podmienky v predpoliach prevažnej časti zosunov, kde na svahoch vystupujú dobre priepustné horniny bazálneho paleogénu alebo mezozoika. Prítomnosťou priepustného komplexu na čelách zosunov a zemných prúdov sa územie východného okraja Kremnických hôr podstatne odlišuje od iných porušených území na okrajoch neovulkanitov (napr. od Handlovskej kotliny, okolia Ľubietovej, okrajov Slanských vrchov a pod.).

Drenáž predpolia zosunov v tomto území podstatne zlepšuje vlastnosti zeminy v zosunoch, a tým aj znižuje ich aktivitu v dolných častiach svahov (T. Maňák — J. Malgót 1976). Na rozdiel napr. od Handlovskej kotliny, kde vznikajú aktívne formy po celom svahu, tu sa s nimi stretávame len na stredných častiach svahov. Vzniknuté formy sú menších rozmerov. Pomer plochy aktívnych zo-



Obr. 2. Charakteristický geologický profil východným okrajom Kremnických hôr
1 — vápence — trias, 2 — vápence, zlepenice, pieskovce — paleogén, 3 — ílovité bridlice — paleogén, 4 — íly, tufitické íly s vložkami piesku — neogén, 5 — aglomeratické tufy, andezity — neogén, 6 — blokové rozpadliny, 7 — izolované bloky v blokovom poli, 8 — creepové zóny, 9 — zosuny.

Fig. 2. Characteristical geological profile of the eastern boundary of the Kremnické hory

1 — Limestones — Trias, 2 — limestones, conglomerates, sandstones — Paleogene, 3 — clayey shales — Paleogene, 4 — clays, tuffitic clays with sand intercalations — Neogene, 5 — agglomeratic tuffs, andesites — Neogene, 6 — block desintegrations, 7 — isolated blocks in the block field, 8 — creep zones, 9 — landslides

sunov k potenciálnym zosunom v Handlovskej kotline je 1 : 3, v tomto území dosahuje reláciu 1 : 9. Napokon vplyv drenáže podzemnej vody prenesený cez vlastnosti zemín sa prejavuje aj na sklone vzniknutého zosunu, pri ktorom sa dočasne stabilizuje. Priemerný sklon potenciálnych a aktívnych zosunov v porovnávaných územiach na okrajoch neovulkanitov dosahuje hodnotu sotva 6—7°, zatiaľ čo v opisovanom území má priemernú hodnotu až 9° (J. Malgot — F. Baliak — T. Mahr 1976).

Doručené 16. 5. 1977

Odporučil V. Böhm

LITERATÚRA

- Banský, M. 1973: Povodie Hrona — registrácia prameňov — vybudovanie základnej pozorovacej siete — I. etapa. Manuskript — Geofond Bratislava.
- Boukal, V. — Fajst, M. — Šimůnek, P. 1966: Sesuvy na východních svazích Kremnického pohoří záp. od Banské Bystrice. Věst. Ústř. út. geol., 41, 4, s. 261—208.
- Forgáč, J. — Pulec, M. — Halouzka, R. 1975: Geologická stavba vulkanitov a sedimentov neogénu východnej časti Kremnického pohoria. Manuskript — Geofond Bratislava.
- Knesl, J. — Lukaj, M. — Linkešová, M. 1973: Kremnické pohorie — Hg-rudy. [Záverečná správa.] Manuskript — Geofond Bratislava.
- Kuthan, M. 1963: Vysvetlivky ku geologickej mape ČSSR 1 : 200 000. List Banská Bystrica.
- Malgot, J. 1975: Gravitačné deformácie svahov na okrajoch vulkanických pohorí Slovenska. Geogr. čas. Slov. akad. vied, 27, 3, s. 216—226.
- Malgot, J. — Baliak, F. — Mahr, T. 1976: Kordíky — Králiky — prieskum zosunov. [Záverečná správa.] Manuskript — Geofond Bratislava.
- Mahr, T. — Malgot, J. 1977: Influence of Physical — Mechanical Properties of Rock on the Landslide Development. Proc. of the Vth European Danube Conf. on Soil Mech., Bratislava 3, s. 211—224.
- Naprstek, V. — Röhlich, P. 1957: Geologické poměry v okolí Králik, Tajova a Malachova západně od Banské Bystrice. Geol. práce, Spr. 10 (Bratislava), s. 119—127.
- Nemčok, A. — Pašek, J. — Rybář, J. 1973: Dělení svahových pohybů. Sbor. geol. věd, ř. HIG, 11.

Influence of hydrogeological conditions on the Development of slope movements in the east slopes of Kremnické hory Mts.

JOZEF MALGOT — FRANTIŠEK BALIAK

In the eastern boundary of volcanites of the Kremnické hory Mts. range there took place as a result of favourable geological tectonical built-up, geomorphological development and properties of rocks one of the most extensively deformed areas in Slovakia. The paper deals with the description of influence of hydrogeological conditions on the development of slope movements in this area and its comparison with similar areas in the boundaries of volcanic ranges of Slovakia. Based on the analysis of hydrogeological conditions — infiltration conditions, influence of the ground waters on the various types of gravitational deformation of slopes, as well as on the basis of total evaluation of water-bearing of the dislocated slopes by evaluating the specific ground water discharges from the individual deformed slopes developed at varied levels is ascertained the primary role of the hydrogeological factor which is decisive of the law of development of deformed slopes in this area.

Preložil E. Bleho

Hydrogeochémia podzemnej vody kryštallických hornín Západných Tatier

(1 obr. a 7 tab. v texte)

LADISLAV MELIORIS*

Гидрогеохимия подземных вод магматических и метаморфических пород в Западных Татрах

В статье рассматривается химический состав подземных вод гранодиоритов и кристаллических сланцев в Западных Татрах. Решающим минерализационным процессом, формирующим пресные воды магматических и метаморфических пород является гидролитический распад силикатов после механического разложения породообразующих минералов и горных пород. Низкая минерализация подземных вод зависит от следующих факторов: а) климатические условия, б) химический состав осадочной влаги, в) петрографический характер горных пород, г) короткое время взаимодействия. Результаты были обработаны на ЭЦВМ „Ванг 2200 Б“.

Ground water geochemistry of the West Tatras crystalline rocks

The present paper deals with the chemical composition of ground waters of granodiorites and crystalline shales of the West Tatras. The decisive mineralization process forming the low mineralized waters of the crystalline rocks is the hydrolytic decomposition of silicates, preceded by mechanical disintegration of rock-forming minerals and rocks. The low mineralization of ground waters is caused by the following factors: a) climatic conditions, b) chemical composition of precipitation waters, c) petrographic character of rocks, d) short period of interaction. The results were prepared by the Wang 2200 B computer.

Chemické zloženie podzemnej vody horninového prostredia kryštalinika je primárne podmienené mineralogicko-petrografickým zložením horninového prostredia jej obehu. Výsledné chemické zloženie vody určujú fyzikálno-chemické vlastnosti stýkajúcich sa heterogénnych fáz (hornina, voda a plyn) a faktory určujúce hydrodynamické, termodynamické a oxidačnoredukčné podmienky, za ktorých sa styk fáz uskutočňuje.

Chemické zloženie podzemnej vody horninového prostredia granitoidov uvádza tab. 1 a chemické zloženie podzemnej vody horninového prostredia kryštallických bridlíc tab. 2. Analyzovali sme viac ako 100 vzoriek vody.

Celkové množstvo rozpustených pevných látok vo vode granitoidov sa pohybuje od 30,00 mg/l do 69,07 mg/l (iónová sila $9,66 \cdot 10^{-4}$ — $1,04 \cdot 10^{-3}$). Chladné vody majú hodnotu pH od 5,4 do 6,4 hodnota PCO_2 vo vode kolíše v rozmedzí

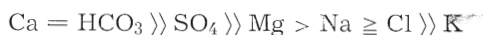
* Doc. RNDr. Ladislav Melioris, CSc., Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, Zadunajská 15, 812 00 Bratislava.

Chemické analýzy podzemnej vody granitoidov v mg/l

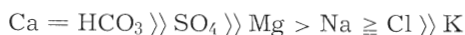
Tab. 1

Vzorka č.	1	2	3	5	6	8	9	10	7	11	12	13	14	15	16	17	18
Prameň č.	324	333	352	326	308	8E	265	260	197	1095	192	173	A	176	138	1725	96
Výška v m n. m.	1690	1375	1575	1620	1450	1850	1200	1475	1600	1095	1400	1775	1170	1825	1760	1725	1620
Teplota vody °C	4,5	3,6	4,8	7,1	5,0	6,5	5,4	10,2	3,9	7,7	3,6	5,8	5,4	1,8	3,6	4,6	8,0
pH	6,1	6,25	6,15	5,9	6,2	5,6	6,4	6,1	5,7	5,4	5,7	6,3	6,3	6,3	6,4	5,9	6,1
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	0,98	0,98	1,19	1,03	0,98	1,31	1,63	1,19	1,31	0,98	0,98	1,31	0,98	0,98	0,94	0,98	0,98
K	0,78	0,58	0,58	0,58	0,78	0,89	1,13	0,78	0,78	0,78	0,78	0,86	0,7	1,01	0,86	0,7	0,39
NH ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,59	0,59	0,65	0,71	0,77	1,08	0,77	1,02	2,1	0,47	1,55	1,22	1,84	1,66	1,25	1,61	3,11
Ca	5,15	7,63	7,43	8,01	6,93	7,43	14,76	9,11	8,33	5,65	6,25	9,48	10,56	10,94	6,21	5,71	10,06
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	2,69	1,41	1,24	1,24	1,24	1,41	1,41	1,06	1,24	1,06	1,06	1,98	2,33	1,8	1,8	1,98	1,06
NO ₃	0,8	0,00	0,68	1,24	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,43	0,31	4,85	6,77
SO ₄	4,99	3,36	5,95	4,94	4,03	8,93	8,93	6,0	7,58	6,96	6,09	3,98	10,61	5,71			
HCO ₃	17,26	24,10	15,13	18,97	18,61	17,57	38,60	25,13	28,25	13,11	18,61	29,59	28,12	40,08	31,30	24,34	34,41
SiO ₂	0,30	1,20	1,8	0,0	0,1	0,8	1,1	0,1	0,3	0,8	0,3	1,5	0,3	0,1	0,2	0,2	1,0
HBO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO ₂ vol.	45,00	44,00	49,00	100,00	45,00	84,00	41,00	63,00	49,00	36,00	54,00	22,00	30,00	24,00	26,00	25,00	0,00

od $9,54 \cdot 10^{-3}$ do $1,00 \cdot 10^{-2}$ atm. Vodu charakterizuje nasledujúca postupnosť váhových pomerov



Celkové množstvo rozpustených pevných látok vo vodách kryštalických bridlíc kolíše od 26,6 mg/l do 64,99 mg/l ($\mu = 9,23 \cdot 10^{-4} - 1,02 \cdot 10^{-3}$). Koncentrácia vodíkových iónov sa pohybuje od 5,8 do 6,8. Hodnota PCO_2 je v rozmedzí $5,73 \cdot 10^{-3}$ až $1,77 \cdot 10^{-2}$ atm. Podzemné vody kryštalických bridlíc charakterizuje nasledujúca postupnosť váhových pomerov



Limitujúce a priemerné hodnoty koncentrácie hlavných iónov uvádza tab. 3 a 4. Aby bolo možno porovnať a vyjadriť podobnosť týchto vôd s podzemnými

Chemické analýzy podzemnej vody kryštalických bridlíc a dažďovej vody v mg/l
Tab. 2

Vzorka č.	4	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Prameň č.	163	69	125	B	C	D	47	17	E	10
Výška v m. n. m.	1175	1630	1050	1475	1100	1595	1430	1665	1105	1675
Teplota vody [°C]	7,7	6,3	5,8	5,2	5,3	6,0	4,5	6,2	4,9	8,3
pH	5,8	6,6	6,2	6,8	6,2	6,6	6,5	6,6	6,7	6,6
Li	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Na	1,40	0,98	1,35	2,45	0,98	1,31	0,98	1,31	0,98	0,98
K	0,70	0,50	0,78	0,86	0,70	0,58	0,50	0,50	0,70	0,58
NH ₄	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	1,50	1,13	2,21	0,10	6,65	0,10	0,88	0,06	0,59	0,59
Ca	7,83	6,71	11,44	12,42	3,34	5,33	6,11	5,23	4,02	6,79
Fe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl	1,77	1,63	1,63	1,63	1,59	1,06	1,63	1,24	1,24	1,24
NO ₃	0,00	0,00	0,31	0,00	2,35	0,24	2,29	0,37	0,00	0,00
SO ₄	8,16	5,71	11,76	5,57	6,33	7,15	7,15	5,37	6,53	4,94
HCO ₃	21,35	23,85	34,77	23,18	11,10	13,24	18,06	13,24	11,47	22,57
SiO ₂	2,10	0,30	0,70	0,60	1,00	1,20	0,10	2,00	0,80	1,00
HBO ₂	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO ₃ vol.	58,00	18,00	17,00	0,00	23,00	25,00	26,00	25,00	17,00	18,00

*Max., min. a priemerné hodnoty (v mg/l) obsahu hlavných iónov
v podzemnej vode granodioritov*

Tab. 3

	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Celk. suma roz- pust. látok
Minimálne	0,94	0,39	0,47	5,15	1,06	3,31	13,11	30,00
Priemerné	1,29	0,76	1,23	8,21	1,53	6,60	24,88	43,64
Maximálne	1,63	1,13	3,11	14,76	2,69	10,61	40,08	69,07

	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Celk. suma roz- pust. látok
Minimálne	0,98	0,50	0,06	3,34	1,06	4,94	11,10	26,61
Priemerné	1,27	0,64	0,78	6,92	1,46	6,86	19,28	38,91
Maximálne	2,45	0,86	2,21	12,42	1,77	11,76	24,77	64,99

vodami horninového prostredia kryštalinika, vypočítali sme štatistické charakteristiky vody granitoidov aj kryštálických bridlíc (tab. 5).

Pretože pomer obsahu jednotlivých zložiek je vhodnejšie opísať lognormálnym rozdelením, vypočítali sme na charakteristiku ich priemerných hodnôt geometrické stredné hodnoty.

Korelačné koeficienty lineárnej regresie medzi aktivitami hlavných iónov, teplotou a iónovou silou zahŕňa tab. 6. Vysoký stupeň korelácie ($r > 0,90$) bol zistený medzi a_{Ca}^{2+} a $a_{SO_4}^{2-}$; a_{Ca} a $a_{HCO_3^-}$, dobrá korelácia je aj medzi a_{Mg}^{2+}

a $a_{SO_4}^{2-}$, a_{Mg}^{2+} a $a_{HCO_3^-}$. Korelácia medzi aktivitami hlavných iónov a teplotou

je pri skúmanej vode nízka.

Rozhodujúcim mineralizačným procesom formujúcim nízko mineralizované vody horninového prostredia kryštalinika (tab. 3, 4) je hydrolytický rozklad silikátov (hlavne plagioklasov, amfibolu, K-živcov, biotitu, muskovitu atď.). Preníkaním zrážkovej vody do horninového prostredia sa rozpúšťa zvýšené množstvo CO₂, pretože jeho parciálny tlak v podpovrchovej atmosfére je niekoľkonásobne vyšší (až 200-krát) ako vo vzduchu. Rozpúšťaním vzniknutá kyselina uhličitá sa rozkladá, aby poskytla ióny H⁺, ktoré sú najvýznamnejším činiteľom tohto procesu. Zdrojom iónov H⁺ môže byť aj atmosferický CO₂. Pri hydrolýze ióny H⁺ vymieňajú v kryštálických mriežkach silikátov väzbové katióny (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺). Tie prechádzajú do roztoku za súčasného vzniku sekundárnych minerálov a prechodu časti uvoľneného SiO₂ do vody (napr. ión Na⁺ je nahradený v živci iónom H⁺ — voda sa priblíži k rovno-

Geometrické stredné hodnoty pomerov Na/K, Cl/Na a HCO₃/Cl
v podzemnej vode kryštalinika Západných Tatier

Tab. 5

	Poč. vz.	Na/K	Cl/Na	HCO ₃ /Cl
granitoidy	17	2,488	0,871	9,367
kryšt. bridlice	10	3,290	0,767	7,253

	Sila	Temp.	H ₂ SiO ₄	°OS	HCO ₃	Cl	Mg	Ca	K
Na	0,619	0,068	0,640	0,577	0,532	0,165	0,444	0,664	0,436
K	0,361	0,217	0,211	0,285	0,446	0,284	0,211	0,421	
Ca	0,983	0,063	0,417	0,932	0,915	0,257	0,842		
Mg	0,902	0,014	0,373	0,859	0,876	0,284			
Cl	0,284	0,301	0,137	0,254	0,322				
HCO ₃	0,903	0,059	0,301	0,790					
SO ₄	0,973	0,087	0,453						
H ₄ SiO ₄	0,437	0,247							
Temp	0,050								

váhe voči albitu a kaolinitu). Druhým procesom, ktorý sa uplatňuje pri formovaní chemického zloženia podzemnej vody granodioritov a kryštallických bridlíc, je zvrtná výmena kyslíčnika kremičitého a pravdepodobne Al^{3+} medzi roztokom a amorfnými reliktnými povrchových zvetraných alumosilikátov. J. H. Feth—C. E. Roberson—W. L. Polzer (1964) skúmali prechod látok podzemnej vody v granitoidnom masíve Sierry Nevady. Zistili, že pri nízko-mineralizovaných vodách (do 100 mg/l) sa z horniny uvoľňuje SiO_2 a Na v molárnom pomere 2 : 1 a 1 : 1 a SiO_2 a HCO_3 v pomere 1 : 1. Obsah Na a HCO_3 v pomere ku SiO_2 v podzemnej vode študovaného územia je oveľa vyšší, ako uvádzajú citovaní autori. Molárny pomer SiO_2 : Na = 0,039 až 0,570, SiO_2 : HCO_3 = 0,005 až 0,1.

Mineralizačným procesom formujúcim chemické zloženie vody predchádza mechanické zvetrávanie (rozrušovanie) horninotvorných minerálov a hornín. Toto rozrušovanie uľahčuje adsorpcia molekúl vody na povrch tvrdých častí horniny. Voda prenikajúca do najtenších puklín pôsobí na ich steny a rozkľiňuje ich. Príčinou iniciálneho roztvárania puklín je skutočnosť, že tenký film vody v hrúbke do $0,1\mu$ má podobné vlastnosti a pružnosť ako pevné látky. Veľká časť horninového materiálu kôry zvetrávania a pleistocénnych sedimentov je vo forme úlomkov rozličnej veľkosti a zrnitosti. Aj na ich povrchu sa vytvára tenký film rozličných alumosilikátov (v hrúbke 0,14—0,16 mm), ktorý vznikol pri reakcii na fázovom rozhraní hornina — voda. Má veľkú pevnosť a stálosť a chráni horninu pred ďalším pôsobením vody. Špecifikom mechanického rozrušovania hornín v daných klimatických podmienkach sú procesy mrazového rozkľiňovania.

Podzemné vody horninového prostredia kryštalinika Západných Tatier svojim chemizmom vo väčšine predstavujú výrazný kalciovo-bikarbonátny typ ($A_2 > 60$ mval %). Len malá časť vôd patrí do prechodného HCO_3 — SO_4 , resp. SO_4 — HCO_3 typu. Zvýšený obsah siranov je produktom oxidácie pyritu, príp. iných sulfidov nízkotermálnych žíl mylonitových zón.

Voda ani jednej odobratej vzorky nie je v chemickej rovnováhe s horninou. Negatívne hodnoty (tab. 7) naznačujú, že voda má tendenciu rozpúšťať najmä živce a karbonáty a zrážať ílové minerály.

	Granodiority		Kryštalické bridlice	
	Min.	Max.	Min.	Max.
Albit, kalonit I_{ab-k}	-9,83	-7,23	-9,49	-7,12
Mikroklín, kaolinit I_{kf-k}	-7,40	-4,74	-7,09	-4,42
Anortit, kaolinit I_{an-k}	-16,79	-15,55	-16,38	-15,47
Illit, kaolinit I_{li-k}	-5,80	-4,18	-5,51	-4,12
Ca-montmorillonit, kaolinit I_{nm-k}	-3,54	-1,85	-3,42	-1,67
Kolinit, gibbsit I_{k-g}	-2,97	-0,35	-2,85	-0,25

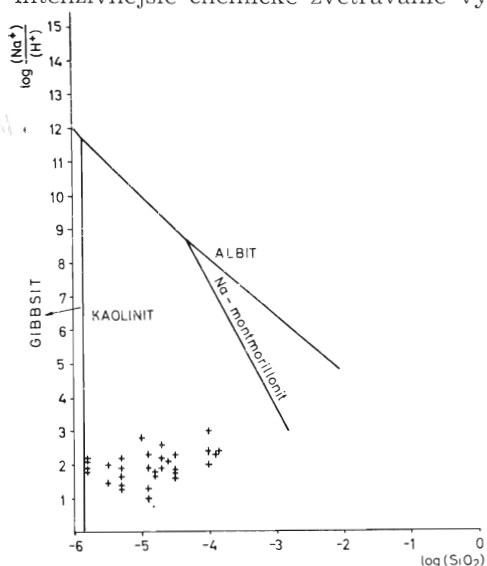
Vody granitoidov sú nenasýtené vzhľadom na kalcit ($I_c = -4,57$ až $-2,77$) aj kremeň ($I_s = -2,94$ až $-1,63$). Podobne vody kryštalických bridlic sú nenasýtené ako vzhľadom na kalcit ($I_c = -4,13$ až $-3,04$), tak aj vzhľadom na kremeň ($I_s = -2,88$ až $-1,60$).

Ak sa zostaví rovnovážny diagram systému $Na_2O-SiO_2-Al_2O_3-H_2O$ pri teplote $5^\circ C$ a tlaku 1 atm, vidieť, že termodynamicky stabilným minerálom vód kryštalinika Západných Tatier je kaolinit (obr. 1). Nízky obsah SiO_2 v podzemnej vode (max. obsah $SiO_2 = 4$ mg/l) svedčí o tom, že granodiority a kryštalické bridlice podliehajú procesom zvetrávania v daných prírodných podmienkach len veľmi pomaly. Naše poznatky v tomto smere sú v súlade s výsledkami experimentálnych prác G. Pedra (1964). V oblasti Tatier sa najnižší obsah SiO_2 zistil vo vode puklinových prameňov s malou výdatnosťou. Zrejme intenzívnejšie chemické zvetrávanie vyžaduje predchádzajúce mechanické rozrušenie horniny.

Na základe získaných výsledkov sme prišli k záveru, že na rozrušovaní granodioritov a kryštalických bridlic sa zúčastňujú tri procesy: 1. mechanické zvetrávanie, 2. atmosferické zvetrávanie, 3. zvetrávanie v zóne kolísania hladiny podzemnej vody.

Záverom možno konštatovať, že nízkou mineralizáciu podzemnej vody horninového prostredia kryštalinika Tatier spôsobujú nasledujúce faktory: klimatické podmienky, chemické zloženie zrážkovej vody, petrografický charakter hornín, krátky čas interakcie vody s horninovým prostredím (plytký obeh podzemnej vody).

Chemické analýzy podzemnej vody vykonalo hydrochemické laboratórium



Obr. 1. Zostavenie uzlov výpočtovej siete pre prúdenie podzemnej vody k studni v cylindrických súradniciach

Fig. 1. Superposition of a finite difference grid over an aquifer vertical plane in cylindrical coordinates

Geologického ústavu PF UK (Ing. K. Hyánková). Výsledky boli spracované na samočinnom počítači Wang 2200 B.

Doručené 28. 5. 1977

Odporučil J. Babčan

LITERATÚRA

- Feth, J. H. — Roberson, C. E. — Polzer, W. L. 1964: Sources of Mineral Constituents in Water from Granitic Rocks Sierra Nevada. Geol. Surv. Wat. Supply Pap. (Washington), 1535 — 1, 76 p.
- Melioris, L. 1972: Factors influencing the hydrogeological conditions in the Western Tatras Mountains. Geol. zbor. Geologica carpath. (Bratislava), 23, 1, s. 3—14.
- Pačes, I. 1967: Chemical characteristics and equilibration in natural water-felsic rock — CO₂ systém. Geochim. cosmochim. Acta, Vol. 36., pp. 217—240.
- Pedro, G. 1964: Contribution a l'étude expérimentale de l'altération géochimique des roches cristallines. Inst. Nat. de la Recherche Agr. Paris.

Ground water geochemistry of the West Tatras crystalline rocks

LADISLAV MELIORIS

The paper deals with the chemical composition of ground waters of granodiorites and crystalline shales of the West Tatras. The resulting chemical composition of water is determined by physical-chemical properties relating to heterogeneous works and factors determining the hydrodynamic, thermodynamic and oxide-reducing conditions under which the phase contact takes place. In the granodiorite waters the value of total mineralization ranges from 30.00 mg/l to 69.07 mg/l, pH from 5.4 to 6.4 and P_{CO_2} values from $9.54 \cdot 10^{-3}$ to $1.00 \cdot 10^{-2}$ atm. Ground waters of crystalline shales have a total mineralization from 26.6 mg/l to 64.99 mg/l, pH 5.8 to 6.8 and PCO_2 values from $5.73 \cdot 10^{-3}$ to $1.77 \cdot 10^{-2}$ atm. Given are also limiting and average concentration values of principal ions (Tab. 3 and 4), as well as geometric mean values of proportions Na/K, Cl/Na and HCO_3/Cl (Tab. 5). The decisive mineralization process forming the low mineralized waters of the crystalline rocks is the hydrolytic decomposition of silicates, preceded by mechanical disintegration of rock-forming minerals and rocks. By their chemical composition the West Tatras ground waters represent a significant calcium-bicarbonate type ($A_2 > 60$ mval %). The water of not even one sample is not in equilibrium with the rock. Negative values (Tab. 7) indicate that the water has tendency to dissolve mainly feldspars and carbonates and precipitate clay minerals. Kaolinite is the thermodynamic stable mineral of ground waters. Discussed are problems of low SiO₂ content in waters (maximum 4 mg/l), which testifies to the fact that processes of weathering in the given natural conditions take place very slowly. The paper concludes that the low mineralization of ground waters is caused by the following factors: a) climatic conditions, b) chemical composition of precipitation waters, c) petrographic character of rocks, d) short period of interaction. The results were prepared by the Wang 2200 B computer.

Preložil E. Bleho

V. D. Lomtatze: **Inžernaja geologija — Inžernaja geodinamika.** Lenin-grad, Izd. Nedra 1977. 479 s., 69 tab., 221 obr.

Autor recenzovanej práce pokladá za základné časti inžinierskej geológie inžiniersku petrológiu, inžiniersku geodynamiku, regionálnu inžiniersku geológiu a inžiniersku geológiu ložísk nerastných surovín. V práci Inžernaja petrologija (Leningrad, Izd. Nedra 1970, slovenský preklad Vybraté state z inžinierskej petrológie I, II, Bratislava 1975) sa zaoberal inžinierskogeologickými vlastnosťami hornín. V recenzovanom diele Inžernaja geodinamika rozoberá geologické procesy a javy, a to tak prírodné, ako aj vznikajúce v súvislosti s inžinierskou činnosťou a využívaním územia.

Práca je rozdelená do dvanástich samostatných kapitol. Úvodná kapitola je venovaná obsahu, úlohám a metódam inžinierskej geodynamiky. Podáva v nej teoretické zdôvodnenie štúdia vplyvov geologických procesov a javov na hodnotenie inžinierskogeologických pomerov územia, zaoberá sa klasifikáciou týchto procesov, ako aj metódami štúdia a prognózovania zmien inžinierskogeologických pomerov spôsobených geologickými procesmi.

Ďalšie kapitoly sú venované jednotlivým geologickým procesom a javom: podmývaniu a porušovaniu brehov morí, jazier a vodných nádrží; eróznym javom vznikajúcim v súvislosti s privalovými vodami; močiarom a podmačaniu územia; procesom presadavosti v sprašových zeminách; krasu; tekúcim pieskom a sufózií; zosuvným procesom; skalným zrúteniam a odpadávaniu skál; „večne zamrznutej pôde“; seizmickým javom. Kapitoly obsahujú základný opis týchto procesov a javov, ich teoretické zdôvodnenie, rozšírenie a príklady ich vplyvu na inžinierskogeologické pomery územia. Veľmi cenné sú najmä časti kapitol zaoberajúce sa inžinierskogeologickými metódami skúmania geologických procesov, výpočtami ich priebehu a hodnotením a predpoveďami zmien, ktoré môžu vyvolať v inžinierskogeologických pomeroch územia. Pri jednotlivých procesoch a javoch sa uvádzajú typické príklady najvhodnejších a najpoužívanějších inžinierskych opatrení na eliminovanie ich nepriaznivých účinkov na rozličné druhy inžinierskej činnosti a využívanie územia. Publikácia je určená predovšetkým ako učebnica pre študentov špecializácie inžinierska geológia a hydrogeológia, ale je aj užitočnou pomôckou pre inžinierskych geológov v praxi a pre široký okruh inžinierov-technikov z oblasti výskumu, projekcie a výstavby rozličných inžinierskych diel.

Vladimír Letko

Príspevok k štúdiu inžinierskogeologických vlastností niektorých pieskovcových komplexov Slovenska s osobitným zreteľom na pórovitosť

(3 obr. a 2 tab. v texte)

DARINA ČABALOVÁ

**Заметка к изучению инженерно-геологических свойств некоторых комплексов
песчаников Словакии с особым вниманием на пористость**

В статье уделяется внимание необходимости инженерно-геологического изучения комплексов песчаников Словакии в связи с экономическим эксплуатированием сырьевой базы Словакии в области строительного камня. При оценке инженерно-геологических характеристик псаммитических горных пород Словакии главное внимание уделяется пористости. Значение пористости для получения необходимых качественных параметров песчаников с точки зрения их использования в технической практике интерпретируется на примере изучения пористости двух сравниваемых песчаников маковицких и стриговских слоев магурского флиша в восточной Словакии.

**Contribution to the study of engineering geological properties of several
sandstone complexes of Slovakia with particular regard to porosity**

The paper points to the necessity of engineering geological study of sandstone complexes of Slovakia in connection with the economic use of the raw material basis of Slovakia in the sphere of construction stone. In evaluating the engineering geological characteristic of the psammitic rocks of Slovakia the porosity is underlined. The importance of porosity for obtaining the necessary quality parameters of sandstones from the view point of their use in technical practice is interpreted on the example of study of porosity of two compared sandstones of the makovické and strihovské strata of the Magura flysch in Eastern Slovakia.

Napriek bohatému regionálnemu výskytu psamitických hornín na Slovensku (hlavne paleogénnych) sa im doteraz z inžinierskogeologickej stránky nevenovala primeraná pozornosť. Skutočnosť, že pieskovcové vrstvy sú v oblastiach, ktoré sa z hľadiska zásobovania stavebným kameňom označujú ako nedostatkové a kde prichádzajú do úvahy na ťažbu len pieskovce (flyšové pásmo), nás však zaväzuje študovať tieto horniny veľmi precízne a komplexne.

Z uvedených dôvodov v súčasnosti na Slovensku prebieha vyhľadávací prieskum v paleogénnych pieskovcových vrstvách flyšového pásma v oblasti

* RNDr. Darina Čabalová, CSc., Katedra geotechniky, Stavebná fakulta SVŠT, Bratislava.

Kysúc a v paleogénnych pieskovcových vrstvách magurského flyša na východnom Slovensku. Vďaka nemu sa získali súbory hodnôt charakterizujúce inžinierskogeologické vlastnosti paleogénnych pieskovcov a vznikla možnosť získať prvé ucelené štatisticky hodnotiace údaje a konfrontovať ich s petrografickými charakteristikami študovaných pieskovcov.

Okrem systematického vyhladávacieho prieskumu sa v oblasti flyšových paleogénnych pieskovcov vykonáva aj špeciálny prieskum zabezpečujúci surovinnové krytie výstavby autostrády. V jeho rámci sa na Slovensku venovala pozornosť aj ložiskám psamitických hornín triasu, kriedy a paleogénu, ktoré sa nachádzali v 20, resp. 40 km širokom okruhu budúcej trasy autostrády.

Výsledky prieskumných prác v súvislosti s budovaním autostrády (geologické a technologické pasporthy 64 lokalít pieskovcov) umožnili získať orientačný prehľad inžinierskogeologických charakteristík najdôležitejších psamitických hornín na Slovensku.

Tab. 1

	T r i a s		K r i e d a		P a l e o g é n	
	hodnota		hodnota		hodnota	
	min.	max.	min.	max.	min.	max.
Merná hmotnosť [g . cm ⁻³]	2,653	2,828	2,682	2,792	2,639	2,883
Objemová hmotnosť [g . cm ⁻³]	2,53	2,76	2,51	2,71	2,33	2,80
Pórovitosť [%]	1,98	4,42	1,07	10,1	0,17	18,18
Nasiakavosť váh. [%]	0,39	0,86	0,35	3,19	0,17	4,94
Pevnosť v tlaku po vysušení [MPa]	91,2	160,5	39,1	160,0	21,5	168,9
Hodnoty z n údajov	n = 6		n = 26		n = 44	

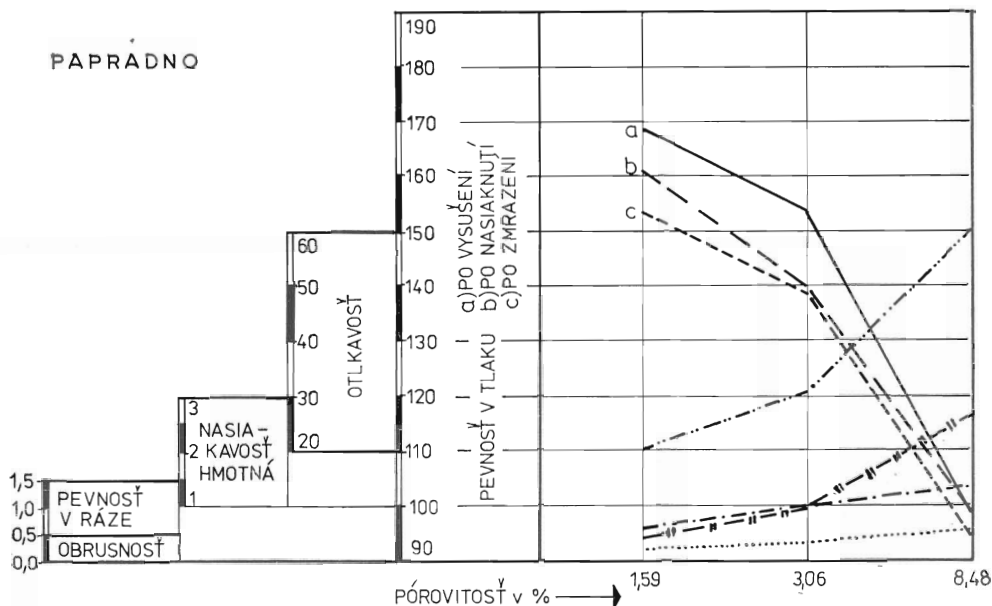
Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že výsledné hodnoty spodnotriasových psamitov poukazujú na dosah epigenézy, zatiaľ čo pri kriedových pieskovcoch bradlového pásma možno badať značný rozptyl inžinierskogeologických charakteristík. Variabilita dosahovaných hodnôt pri kriedových pieskovcoch umožňuje predpokladať okrem iných faktorov aj negatívny vplyv tektonických pomerov. Napriek tomu okolo 50 % skúšaných hornín má pomerne dobré vlastnosti. Najväčší rozptyl hodnôt inžinierskogeologických charakteristík vykazujú paleogénne pieskovce.

Výsledky mikroskopického štúdia umožnili sledovať závislosť medzi zvyšujúcim sa percentným obsahom kremeňa v pieskovcoch a výslednými hodnotami ich fyzikálnych a mechanických vlastností. Na porovnávanie sa použili údaje z 18 pasportov paleogénnych pieskovcov s obdobným charakterom tmelu. Podľa výsledkov štúdia uvedených závislostí možno konštatovať, že ani veľmi rozdielne kvantitatívne zastúpenie kremeňa výrazne neovplyvnilo fyzikálne a mechanické vlastnosti sledovaných pieskovcov. Možno však potvrdiť, že inžinierskogeologické charakteristiky pieskovcov silne ovplyvnila pórovitosť. Na základe porovnania fyzikálnych a mechanických vlastností pieskovcov s rozličným charakterom tmelu bolo možno opäť konštatovať, že pórovitosť vplyva na vlastnosti pieskovcov výraznejšie ako charakter tmelu. Možno sa o tom presvedčiť napr. na výsledkoch získaných pri skúšaní pieskovca s vápnitým tmelom výplňového

typu z lokality Papradno a pri skúšaní pieskovca s kemitým tmelom z lokality Veľké Rovné (obr. 1, 2).

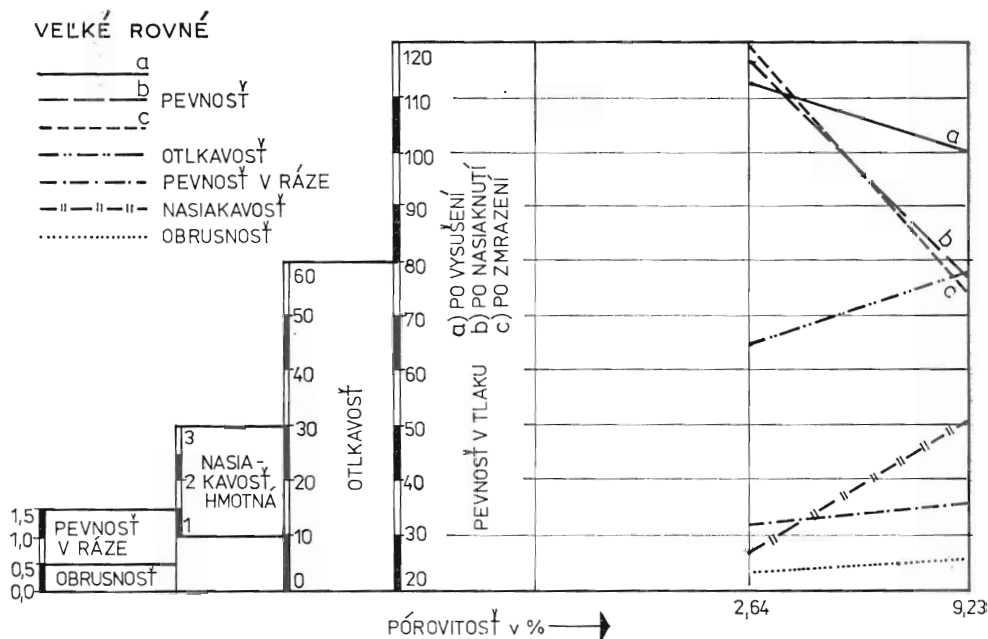
Podrobnejšie bolo možno študovať pórovitosť pieskovcov makovických a strihovských vrstiev magurského flyša na východnom Slovensku. Počet skúšok fyzikálno-mechanických vlastností vrátane pórovitosti, ktoré sa vykonali v rámci geologického prieskumu (J. Varcholová, V. Dojčáková, P. Valko 1975) na vzorkách uvedených pieskovcov, umožnil štatisticky zhodnotiť fyzikálno-mechanické vlastnosti, testovať súbory hodnôt, ako i konfrontovať ich s mineralogicko-petrografickou charakteristikou (D. Čabalová 1975). Výskum pieskovcov makovických a strihovských vrstiev sa vykonával s cieľom získať komplexný pohľad na ich inžinierskogeologickú charakteristiku, pretože sú perspektívnou surovinou na získavanie stavebného kameňa na východnom Slovensku.

Z údajov tab. 2 a obr. 3 vychodí, že vyššie hodnoty pórovitosti majú pieskovce makovických vrstiev. Podľa vykonaných planimetrických analýz možno uviesť, že pieskovce makovických vrstiev majú 25,9 % kalcitového tmelu a ílovito-vápnitej základnej hmoty (priemerná hodnota z 5 analýz), zatiaľ čo pieskovce strihovských vrstiev len 14,4 % (priemer zo 6 analýz). Väčší predpoklad porušenia vnútrostrukturálnych väzieb tmeliacej hmoty, a teda aj vzniku vyšších hodnôt pórovitosti je v pieskovcoch makovických vrstiev. Tento predpoklad potvrdzujú aj výsledky skúšok urýchleného zvetrávania v agresívnom prostredí kyseliny sírovej a dusičnej, pri ktorých boli odolnejšie vzorky pieskovcov strihovských vrstiev.



Obr. 1. Vplyv zvyšujúcej sa hodnoty pórovitosti na inžinierskogeologické vlastnosti pieskovca s vápnitým tmelom (Papradno)

Fig. 1. Influence of increasing porosity value on the said engineering geological properties of sandstone with calcareous cement (Papradno)

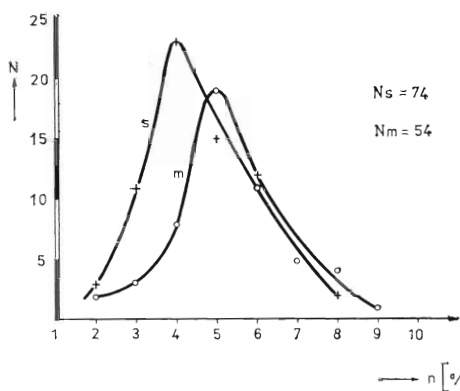


Obr. 2. Vplyv zvyšujúcej sa hodnoty pórovitosti na inžinierskogeologické vlastnosti pieskovca s kremíťm tmeľom (Velké Rovné)

Fig. 2. Influence of increasing porosity value on the said engineering geological properties of sandstone with quartz cement (Velké Rovné)

Tab. 2

Pórovitosť	Pieskovce			
	Makovických vrstiev		Strihovských vrstiev	
	n	‰	n	‰
1—2	2	3,703	3	4,054
2—3	3	5,555	11	14,864
3—4	8	14,814	23	31,081
4—5	19	35,185	15	20,270
5—6	11	20,370	12	16,316
6—7	5	9,259	7	9,459
7—8	4	7,407	2	2,702
8—9	1	1,851	0	0,000
9—10	1	1,851	0	0,000
10—11			0	0,000
11—12			1	1,351
Rozsah súboru	54		74	
Aritmet. priemer X	4,822		4,245	
Median M	4,63		3,93	
Modus M	4,50		3,50	
Kvartyl I. Q ₁	4,00		3,14	
Kvartyl III. Q ₃	5,63		5,27	
Standard. odchýlka σ	1,533		1,575	
Koeficient variácie v ‰	31		37	



Obr. 3. Diagram početnosti $\%$ pórovitosti pieskovcov makovických a strihovských vrstiev magurského flyša na východnom Slovensku

Fig. 3. Porosity frequency diagram of sandstones of the makovické and strihovské strata of the Magura flysch in Eastern Slovakia

uvedené vzťahy nie sú jednoduchými funkčnými závislosťami, ale podliehajú stochastickej zákonitosti, v ktorej pri spevnených sedimentoch vystupuje viacej vzájomne sa ovplyvňujúcich veličín. Vypočítaný koeficient korelácie pri pieskovcoch makovických vrstiev, ktoré majú vyššie hodnoty pórovitosti, je 0,710. Koeficient korelácie pieskovcov strihovských vrstiev má hodnotu 0,436. Podľa výsledkov štatistického štúdia možno konštatovať, že pevnostné charakteristiky jemnozrnných (medián zŕn 0,09 mm), ale pórovitejších pieskovcov makovických vrstiev majú nižšie hodnoty ako hrubozrnnnejšie (medián zŕn 0,30 mm), menej pórovité pieskovce strihovských vrstiev.

Doručené 4. 4. 1977

Odporučil A. Hyánková

LITERATÚRA

- Čabalová, D. 1975: Inžinierskogeologické vlastnosti a technická využiteľnosť niektorých slovenských pieskovcov. [Habilitačná práca.]
 Janko, J. 1958: Statistické tabuľky. Praha, Nakl. ČSAV.
 Varcholová, J. — Dojčáková, V. — Valko, P. 1975: Záverečná správa a výpočet zásob Svidník — stavebný kameň. Manuskript — Geofond Bratislava.

Contribution to the study of engineering geological properties of several sandstone complexes of Slovakia with particular regard to porosity

DARINA ČABALOVÁ

The study of porosity is of great importance for the engineering geological characteristic of consolidated sediments of psammitic nature. Porosity condi-

Distribúcie hodnôt pórovitosti skúmaných súborov sme prehodnotili metódou Kolmogorovho — Smirnovovho testu dobrej zhody (J. Janko 1958). Pri testovaní sa porovnávali distribúcie pieskovcov makovických a strihovských vrstiev. Z vypočítaných hodnôt možno usudzovať, že charakteristiky pórovitosti pieskovcov makovických a strihovských vrstiev zodpovedajú jednej teoretickej distribúcií.

Výsledky štúdia korelačných závislostí potvrdzujú, že medzi pórovitosťou na jednej strane a objemovou hmotnosťou a nasiakavosťou na druhej strane je lineárna závislosť. Vypočítané koeficienty korelácie majú hodnotu od 0,96 do 0,98 pri oboch typoch pieskovcov. Pri sledovaní korelačných závislostí medzi pórovitosťou a pevnosťou v prostom tlaku sa potvrdila skutočnosť, že

tions the rock consistency, its strength, deformation properties, water capacity, influences its permeability, resistance against weathering, frost, seismic constance and other properties, important for the evaluation of sandstones from the view point of their use in technical practice.

The present paper gives partial results of study of porosity of sandstone complexes of Slovakia.

1. On the example of given minimum and maximum values of porosity for the Triassic, Cretaceous and Paleogene psammitic consolidated sediments is interpreted the law of porosity reduction by the depth, age, epigenetic transformation of rocks. (Trias, minim. value 1.98 ‰, maxim. 4.42 ‰, Cretaceous, min. 1.07 ‰, max. 10.1 ‰, Paleogene, min. 0.17 ‰, max. 18.18 ‰).

2. Table 2 gives the results of statistical evaluation of sandstones of the makovické and strihovské strata of the Magura flysch in Eastern Slovakia. Higher porosity values present sandstones of the makovické strata ($\bar{X} = 4.82$ $M = 4.63$ $M = 4.50$) as compared with sandstones of strihovské strata ($\bar{X} = 4.24$ $M = 3.93$ $M = 3.50$). Results of statistical evaluation of both sets were tested by the Kolmogorov — Smirnov distribution method test of good agreement. Based on the calculation results it was found that there did not appear statistically important differences in the divisions of porosity of both sets, due to which it can be assumed that these characteristics follow one theoretical distribution.

3. The results of study of correlated relationships between porosity and other physical properties confirm a very close relationship. Coefficients of correlation attain values 0.96 to 0.98.

4. Based on the study of correlation relationships between porosity and uniaxial strength it can be stated that more porous sandstones of the makovické strata have a correlation coefficient of 0.710, less porous sandstones of the strihovské strata have a correlation coefficient of 0.430.

5. Based on comparison of increasing quartz content in the Paleogene sandstones and their physical-mechanical properties it can be stated that there did not appear noticeable relationships.

6. Following the present study of sandstone rocks it can be assumed that porosity and character of cement are more significant factors affecting their engineering geological characteristics than the percentual content of individual minerals and rock fragments, eventually grain size.

To conclude it is necessary to underline the fact that sandstone complexes of Slovakia were not so far subjected to engineering geological study, so that no possibility was given to compare the obtained results. The mentioned rocks, thanks to syngenetic and epigenetic processes, represent a relatively complicated matter of engineering geological investigation. Therefore it is necessary to accumulate the biggest quantity of facts on their properties and laws. Binding us to it is also the fundamental principle of economic use of the raw material base of Slovakia in the sphere of construction stone.

Preložil E. Bleho

Príklad interpretácie čerpacích skúšok simulovaním na modeli

(1 obr. a 2 tab. v texte)

DUŠAN JALČ — PETER NĚMETHY*

Пример интерпретации опытных откачек моделированием на модели

В статье рассматривается применение моделирования на ЭЦВМ на основе данных разведочных работ для определения коэффициента фильтрационной анизотропии. Этот метод позволяет учесть неоднородность напластования и в других отделить эту от собственной анизотропии. Применение этого метода рассматривается на конкретных примерах в условиях поймы реки Ваг, приводятся поступательные схемы, оцениваются полученные результаты и рассматривается реальность их применения на практике.

An example of pumping test interpretation by simulation on a model

The paper gives a description of possibility to verify interpretation of pumping test by modelling through method of nets based on the output data investigation works. Its application is shown on concrete examples under conditions prevailing in the near Váh river zone.

Súčasná inžinierske úlohy čoraz naliehavjšie vyžadujú od hydrogeologického prieskumu informáciu o zvodnenom prostredí vystihujúcu špecifické prírodné danosti geologických a hydrogeologických pomerov a charakterizujúcu ich filtračnými parametrami v priestorovom rozložení. V prieskumnej činnosti sa zaužívala schematizácia prírodných pomerov formou homogenizácie zvodnenej vrstvy s určením jej koeficienta filtrácie, ktorý predstavuje priemernú hodnotu pre skúmaný priestor. Je prirodzené, že takáto schematizácia je prípustná len v istých prípadoch. V prírode však častejšie obraz o geologickom vývoji prostredia dokumentujú štruktúrno-textúrne znaky, litologické a faciálne danosti vytvárajúce komplex rôznorodých prvkov, pre ktorý je z hľadiska filtrácie podzemnej vody zaužívaný termín heterogénne alebo vrstvovo-heterogénne prostredie. Národným príkladom takéhoto prostredia sú riečne sedimenty, v ktorých má na prúdenie podzemnej vody vplyv vzájomné usporiadanie vrstiev, ako aj anizotropia každej z nich, podmienená uložením jednotlivých častí vrstvy.

Metodike výpočtu filtračnej anizotropie v podmienkach neustáleného a ustáleného prúdenia sa venoval rad autorov. Nedostatkom mnohých však je schematický prístup k posudzovaniu filtračnej anizotropie a vrstvovej heterogenity. Riešenie otázok anizotropie a vrstvovej heterogenity je aktuálne v súčasnej

* RNDr. Dušan Jalč — RNDr. Peter Němethy, IGHP, n. p., Geologická ulica 18, 834 37 Bratislava.

prieskumnej praxi. Nie menej dôležitá je aj otázka navrhovania, vykonávania a nákladnosti prieskumných prác v takýchto zvodnených vrstvách.

V príspevku uvádzame výsledky z interpretácie čerpacích skúšok modelovaním na počítači metódou sietí v podmienkach zvodneného vrstvomého prostredia, ktorú navrhol I. Mucha (1977). Aplikovali sme ju pri riešení a overovaní filtračnej anizotropie a vrstvomovej heterogenity vo vrstvách riečnych náplavov Váhu medzi Selicami a Zemným. Na tomto príklade opíšeme použitie metódy, získané výsledky a poznatky. Prednosťou metódy je okrem nenáročnosti a rýchlosti prác v rámci možnosti jestvujúcej prieskumnej techniky aj komplexnejší prístup pri zvažovaní informácií z prieskumných prác (hmotná dokumentácia, granulometrické analýzy, čerpacie skúšky, reometrické merania atď.), pri hodnotení skutočných prírodných pomerov a overovaní hodnôt ich filtračnej anizotropie a heterogenity.

Hydrogeologické pomery lokalít

Metódu sme aplikovali pri hodnotení hydrogeologických pomerov poriečnej nivy Váhu pri Seliciach, Komoči a Zemnom ako podklad pre voľbu najvhodnejšieho umiestnenia navrhovaného riečneho energetického stupňa.

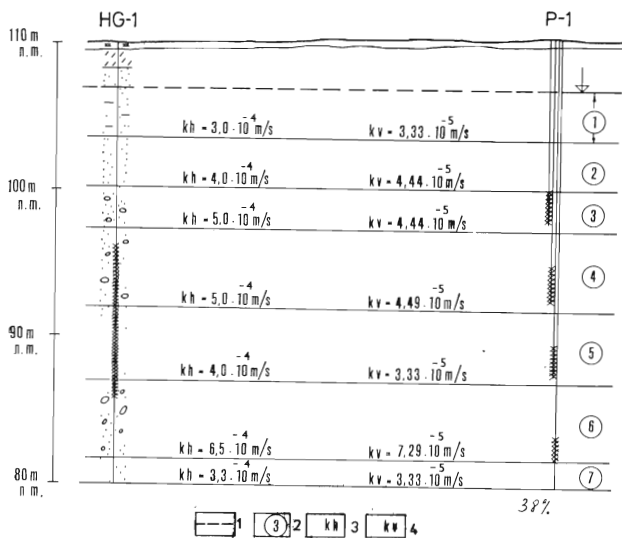
Hydrogeologickou tepnou územia je rieka Váh. Dôležitým faktorom, ktorý ovplyvnil vývoj hydrogeologických pomerov širšieho územia, je tektonická činnosť, ktorá podmienila syngenetické uloženie vážskych sedimentov na podložné limnické sedimenty levantu. Rieka Váh je určujúcim dynamickým činiteľom pri tvorbe režimu podzemnej vody v jej pririečnom území. Jeho charakteristickým znakom je, že veľkosť rozkvyv hladiny podzemnej vody a zotrvanie na určitej výške závisí od oscilácie hladiny Váhu. Vplyv podielu zrážkových úhrnov v tomto území je podradný a viaže sa na koniec zimného polroka hydrologických rokov. Využívanie vážskej vody na energetické účely v hornom a strednom toku ovplyvňuje prírodné hydrodynamické pomery pririečnej zóny. Prevádzkou vodných diel sa mení prietokové množstvo na Váhu prevažne v dňových intervaloch. Prevláda ovplyvnený režim infiltrujúcej vody do pririečného územia a opätovné vyprázdňovanie zvodnenej vrstvy medzi špičkami energetických stupňov, ale mení sa aj vodnosť toku v dlhšom období. Výsledkom pôsobnosti prírodných a umelých činiteľov je laterálny prúd podzemnej vody s voľnou hladinou pohybujúci sa generálnym smerom od SSZ na JJV.

Kolektorom podzemnej vody s voľnou hladinou sú fluvialne a limnické sedimenty pririečnej zóny. Tvoria ich prevažne jemné a strednozrnné rovnozrnné piesky. Veľmi časté sú polohy silne zaílovaného piesku, vložky a šošovky piesčitého ílu a ílu. Litologické rozhranie medzi typickými vážskymi a limnickými sedimentmi je v dôsledku obdobného litologického charakteru makroskopicky nerozlíšiteľné. Obidva sú súčasťou jedného kolektora podzemnej vody, ktorého mocnosť je 60 až 100 m. Zvodnený komplex sa vyznačuje značnou vrstvomovou heterogenitou a anizotropiou.

Metodika hodnotenia prieskumných prác

Filtračné parametre zvodnenej vrstvy na skúmaných lokalitách overil 1 čerpací vrt, 1 piezometrický vrt so 4 zabudovanými úrovňami doplnenými 4—6 plytkými pozorovacími objektmi na 1 smerovom lúči. Z čerpacej skúšky nameraných údajov na pozorovacích objektoch, spresnených priebežnými reometrickými meraniami na určenie prítoku vody a jeho rozloženia v perforovanej časti vrtu, sa vypočíta koeficient filtrácie, prietokovosti a anizotropie.

Metóda modelovania čerpacích skúšok podľa programu I. Muchu (1977) umožňuje zahrnúť aj vrstvomovú heterogenitu a aspoň v hrubých črtách ju odlíšiť



Obr. 1. Vrstvová schematizácia zvodnenej vrstvy pre modelovanie na lokalite Komoča

Vysvetlivky: 1 — hladina podzemnej vody, 2 — číslo vrstvy, 3 — koeficient filtrácie v horizontálnom smere, 4 — koeficient filtrácie vo vertikálnom smere

od anizotropie. Modelovanie sa zakladá na princípe dvojrozsmernej odporovo-kapacitnej siete v cylindrických súradniciach, v ktorých čerpací vrt prechádza ich osou. Pozorovacie vrty so zabudovanými piezometrami v rozličnej hĺbke sú v uzloch siete. Výhodiskové podklady na modelovanie sa získavajú z makroskopického a laboratórneho hodnotenia prevŕtaných hornín, z čerpaciej skúšky a priebežnou registráciou hladiny podzemnej vody v pozorovacích objektoch a reometrovaní v čerpacom vrte.

Podľa princípov tejto metódy sa zvodnená vrstva záujmových lokalít rozčlenila na vrstvy podľa overených litologických a úložných pomerov, kriviek zrnitosti odobratých vzoriek a reometrovania s uvažovaním nameraných zmien tlaku na pozorovacích objektoch zodpovedajúcich úrovni charakteristických vrstiev. V uzle výpočtovej siete, ktorý pripadá na Váh, sa zadalo $H = \text{konšt.}$ Vlastný výpočet prebieha tak, že sa pre jednotlivé vrstvy určí hodnota koeficienta filtrácie v horizontálnom smere, vertikálnom smere, storativita, koeficient anizotropie a čerpané množstvo vody a postupným približovaním sa hľadajú také zníženia, ktoré boli namerané pri čerpaciej skúške v prírode. Približovanie sa robí korektúrou zadaných vstupných hodnôt v modeli.

Výsledky prieskumných prác

Hydrogeologický prieskum sa realizoval na všetkých záujmových lokalitách rovnakou metódou. Pre názornosť ilustrujeme schematické rozdelenie zvodnenej vrstvy a umiestnenie filtra čerpacieho a pozorovacieho vrtu na obrázku lokalitou Komoča. V tab. 1 sú koeficienty filtrácie v horizontálnom i vertikálnom smere pre každú vrstvu získané modelovaním.

Vierohodnosť takto získaných údajov podľa uvedenej metódy sa overovala podľa výpočtových schém Jacoba a Bakuškina (vzorce 3.1 a 3.2), a to porovnateľné hodnoty koeficienta prietoku T a koeficienta filtrácie k_h , predstavujúce priemernú hodnotu pre celú hrúbku zvodnenej vrstvy

$$T = 0,1832 \frac{Q (\log t_2 - \log t_1)}{\Delta s} \quad (3.1)$$

$$k_h = \frac{0,16 Q}{l s} \operatorname{arsh} \frac{l}{r} \quad (3.2)$$

Tab. 1

Číslo vrst.	Hĺbka od terénu (m)	Hrúbka vrstvy (m)	k_h (m/s)	k_v $3,33 \cdot 10^{-5}$
1	3,0 — 6,4	3,4	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,33 \cdot 10^{-5}$
2	6,4 — 9,8	3,4	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
3	9,8 — 12,6	2,8	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
4	12,6 — 18,0	5,4	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
5	18,0 — 23,0	5,0	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,44 \cdot 10^{-5}$
6	23,0 — 28,4	5,4	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$7,22 \cdot 10^{-5}$
7	28,4 — 33,8	5,4	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,33 \cdot 10^{-5}$

Tab. 2

	T (m^2/s)	$\varnothing k_h$ (m/s)	$\varnothing k_v$ (m/s)	λ
Selice				
modelovanie	$2,97 \cdot 10^{-3}$	$8,49 \cdot 10^{-5}$	$5,49 \cdot 10^{-6}$	15,5
vzorec (3.1)	$3,28 \cdot 10^{-3}$			
vzorec (3.2)		$8,53 \cdot 10^{-5}$		
K o m o č a				
modelovanie	$1,36 \cdot 10^{-2}$	$4,42 \cdot 10^{-4}$	$4,13 \cdot 10^{-5}$	10,7
vzorec (3.1)	$3,81 \cdot 10^{-2}$			
vzorec (3.2)		$4,33 \cdot 10^{-4}$		
Z e m n é — N e d e d				
modelovanie	$2,97 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-4}$	$2,18 \cdot 10^{-6}$	58,7
vzorec (3.1)	$5,85 \cdot 10^{-3}$			
vzorec (3.2)		$6,05 \cdot 10^{-5}$		

Použité symboly

- T — koeficient prietochnosti v m^2/s
 k_h — koeficient filtrácie v horizontálnom smere v m/s
 k_v — koeficient filtrácie vo vertikálnom smere v m/s
 λ — koeficient filtračnej anizotropie
 t_1, t_2 — čas v s
 l — prírastok zníženia v m
 Δs — aktívna dĺžka filtra v m
 r — vzdialenosť pozorovacieho vrtu od čerpaceho v m

Priemerné filtračné charakteristiky zo všetkých troch lokalít získané tromi spôsobmi uvádza tab. 2.

Hodnota k_h zo vzorca 3.2 je vypočítaná pre krátky filter za predpokladu veľkej hĺbky nepriepustného podložia. Výsledky na lokalitách Komoča a Zemné—Neded poukazujú na to, že podložie je vo väčšej hĺbke, ako sa predpokladalo pri zostavovaní modelu.

Záver

Príspevok poukázal na možnosť overiť vypočítané parametre modelovaním črpacej skúšky a získať ďalšie parametre, ako koeficient filtrácie vo vertikálnom smere, príp. anizotropie. Výhodou opísaného spôsobu hodnotenia výsledkov črpacej skúšky je, že umožňuje odlišiť vrstvovú heterogenitu od anizotropie, čo pri doterajších postupoch nebolo možné. Tento fakt má praktický význam v hydrotechnickom staviteľstve a vodohospodárskej praxi, najmä pri navrhovaní umiestnenia filtrových častí studní na zásobovanie pitnou vodou.

Doručené 15.4. 1977
Odporučil P. Bujalka

LITERATÚRA

- Altovskij, M. E. 1962: Spravočnik godrogeologa. Moskva, 586 s.
Hálek, V. — Švec, J. 1973: Hydraulika podzemní vody. Praha, Academia, 375 s.
Mucha, I. et al. 1974: Metódy hydrogeologického výskumu. Skriptum. Bratislava.
Mucha, I. — Banský, V. 1975: Hydrogeologický prieskum anizotropného prostredia a výpočet využiteľných zásob. Sbor. predn. Výpočty využ. množství podz. vod, Brno.
Mucha, I. 1977: Modelovanie ustáleného a neustáleného prúdenia podzemnej vody k studni metódou sietí na číslicových počítačoch. Mineralia slov. (v tlači).
Vadovič, I. 1976: Vodné dielo Komoča — inž.-geol. a hydrogeologický prieskum. Manuskript — IGHP Bratislava.

An example of pumping test interpretation by stimulation on a model

DUŠAN JALČ — PETER NÉMETHY

The presented paper gives the results from the application of the method of detecting the filtration coefficient of anisotropy by modelling a pumping

test in cylindrical coordinates. Its priority in evaluating the pumping tests is in the possibility of distinguishing the strata heterogeneity from anisotropy which was not possible in recent methods. The solution is made by computer modelling. It is based on the principle of a two-dimensional resistance-capacity grid in cylindrical coordinates where the pumping well passes through their axis and observation wells are in the grid nodes. The output data for modelling are taken from current results of the investigation works. The calculation proper takes place by giving individual strata the filtration coefficient values in horizontal and vertical direction, storativity and anisotropy, pumped amount and by gradual approach such drawdowns in the model are looked for that were measured in field pumping test.

This method was applied in 3 localities of the near Váh river zone. By comparing the average values of k_h and T obtained by this method with the classical methods it was found that the results obtained by modelling are real and applicable in practice.

Preložil E. Bleho

Výpočet filtračného prúdenia podzemnej vody

KAROL HARTEL — IVO KAZDA*

Решение некоторых задач фильтрационного тока подземных вод с помощью вычислительной техники

В статье рассматриваются возможности решения некоторых плоскостных задач установившегося и неуставившегося течения подземных вод с применением системы программ ФЭФИ при помощи ЭЦВМ. Система программ была разработана в рамках исследовательской задачи 'Применение вычислительной техники при проектировании сооружений'. Для решения такого типа задач применяется метод конечных элементов позволяющий внести в расчеты более сложную форму области фильтрации, неоднородный и анизотропный состав поровой среды и сложные краевые условия.

Solution of some ground water filtration flow problems by computer

The paper informs on the possibilities of solving planar problems of ground water steady and unsteady flow by using the FEFI computer system of programs. The system of programs was developed within the frame of the research task „Use of computer in the design of constructions“. The solution of such problems uses the method of final elements, enabling introduction into the calculation a more complicated geometrical form of seepage area, non homogeneous and anisotropic composition of porous environment and complicated marginal conditions.

Na výpočet prúdenia podzemnej vody sa používajú najmä diferenčné metódy a najnovšie metóda konečných prvkov (МКР), ktorá umožňuje ľahšie zaviesť do výpočtu zložitejší geometrický tvar oblastí, nehomogénne a anizotropné zloženie pórovitého prostredia a zložité okrajové podmienky.

Výsledkom bádania filtračného prúdenia podzemnej vody je systém programov FEFI, ktorý vznikol syntézou programov určených na výpočet ustáleného tlakového filtračného prúdenia, ustáleného prúdenia s voľnou hladinou a neustáleného filtračného prúdenia.

Metóda konečných prvkov sa najskôr uplatnila pri riešení problémov mechaniky kontinua. Vo svojich počiatkoch nadväzovala na tradičné inžinierske disciplíny, najmä na stavebnú mechaniku, pružnosť a pevnosť. Neskôr sa uplatnila aj v geotechnike, a to vďaka všeobecnejšiemu vyjadrovaniu základných vzá-

* RNDr. Ing. Karol Hartel, Slovenské výskumné a vývojové centrum urbanizmu a architektúry, Drieňova, 829 00 Bratislava

Doc. Ing. Ivo K a z d a, CSc., Katedra hydrotechniky ČVUT, Praha.

hov. Ako najvhodnejšia sa ukázala variačná formulácia okrajových úloh. Najznámejšou rovnicou, pomocou ktorej možno riešiť aj celý rad úloh prúdenia podzemnej vody, je Leplaceova rovnica. Tým sa pole možností aplikovať MKP podstatne rozšírilo a metóda sa značne zovšeobecnila.

1. Tlakové filtračné prúdenie

Vypočítať ustálené filtračné prúdenie v nestlačiteľnom nehomogénnom a anizotropnom prostredí (subrutina FEFI) je jednou z troch možností, ktoré poskytuje systém programov FEFI. Možno ho použiť predovšetkým pri stanovení vztlaku, ktorým prúdiaca podzemná voda pôsobí na základovú škáru hydrotechnických stavieb, ako sú priehrady, vodné elektrárne, hate a pod. Vzhľadom na svoju všeobecnosť MKP umožňuje riešiť aj také úlohy, ktoré nemožno splniť analytickými a klasickými numerickými metódami a ktoré spôsobujú veľké ťažkosti i pri použití analógových metód.

Zadaním zodpovedajúcich Dirichletových okrajových podmienok možno matematicky modelovať účinok vonkajších aj vnútorných potrubných drénov, pričom možno ľahko zaviesť aj čiastočné zlyhanie ich funkcie. Rovnako možno ľahko modelovať aj účinok trhlín v tesnení kanálov, injekčnej clone alebo v podzemnej stene, ktorými preniká voda pod plným alebo čiastočne zníženým hydrostatickým tlakom.

Algoritmus výpočtu tlakového filtračného prúdenia, pomocou ktorého bol zostavený program, resp. subrutina FEFI 0 (I. K a z d a 1975), je celkom analógický s algoritmom riešenia lineárnych úloh mechaniky kontinua metódou konečných prvkov, súčasne tvorí jadro zložitejších algoritmov určených na výpočet ustáleného a neustáleného filtračného prúdenia s voľnou hladinou.

2. Ustálené filtračné prúdenie s voľnou hladinou

Pri takomto prúdení sa v praxi vyskytuje len Dirichletova (stabilná) okrajová podmienka a Neumanova (nestabilná) okrajová podmienka. Filtračné prúdenie s voľnou hladinou (subrutina FEFI 1) sa rieši pomerne zložito, pretože poloha voľnej hladiny nie je vopred známa. Preto sa niektorí autori pokúsili nájsť metódu spočívajúcu v dvojstupňovom iteračnom procese, pričom sa na nájdenie správnej polohy depresnej krivky musia splniť dve okrajové podmienky.

Program FEFI 1 vychádza z trojuholníkových konečných prvkov s lineárnym polynómom ako náhradnej funkcie. Oblasť môže mať všeobecný tvar s hranicou tvorenou stranami trojuholníkov.

Vo vrcholoch, ktoré ležia na hranici oblasti, možno zadať hodnotu piezometrickej výšky (Dirichletova okrajová podmienka). Hranica oblasti, kde nie je Dirichletova okrajová podmienka zadaná, sa automaticky interpretuje ako nepriepustné ohraničenie (špeciálny typ Neumanovej okrajovej podmienky).

Program (subrutina) FEFI 1 umožňuje riešiť priesak s voľnou hladinou ľubovoľnými zemnými telesami (svahy stavebných jám, telesá sypaných priehrad, cestné násypy a pod.). Umožňuje nielen výpočet celkového priesakového množstva, ale aj piezometrickú výšku v každom vrchole a zložky filtračných rýchlostí v každom prvku.

3. Neustálené filtračné prúdenie s voľnou hladinou

Neustálené filtračné prúdenie s voľnou hladinou (subrutina — program FEFI 2) predstavuje pomerne ťažký problém najmä vtedy, ak má skúmaná oblasť všeobecnejší tvar a priepustné prostredie je nehomogénne a anizotropné. V takom prípade sa najčastejšie používajú experimentálne metódy. Numerické riešenie sa v podstate obmedzuje na MKP, ktorá ako jediná vyhovuje pre inžiniersku prax.

Preto pri tomto probléme a zostavení algoritmu programu (subrutiny) FEFI 2 bolo výhodné nahradiť počiatočnú úlohu variačným problémom (I. K a z d a 1973, 1975).

Pri numerickom výpočte neustáleného filtračného prúdenia metódou konečných prvkov sa v podstate postupuje tak, že sa časová závislosť aproximuje postupnosťou kvázistacionárnych stavov. V každom uvažovanom stave sa nájde pole filtračných rýchlostí a z neho sa odvodí rýchlosti v uzloch, ktoré ležia na aproximácii voľnej hladiny. Z týchto rýchlostí sa určí nová poloha voľnej hladiny pre nasledujúci stav, ktorý nastane po uplynutí časového intervalu Δt_i .

Program FEFI 2 je určený na numerické riešenie nestacionárneho filtračného prúdenia s voľnou hladinou MKP. Predpokladá sa, že priepustné prostredie je homogénne a anizotropné a pri poklese hladiny podzemnej vody nenastávajú objemové zmeny.

V programe sa používajú trojuholníkové konečné prvky. Vo vrcholoch, ktoré ležia na hranici oblasti, možno zadať hodnotu piezometrickej výšky.

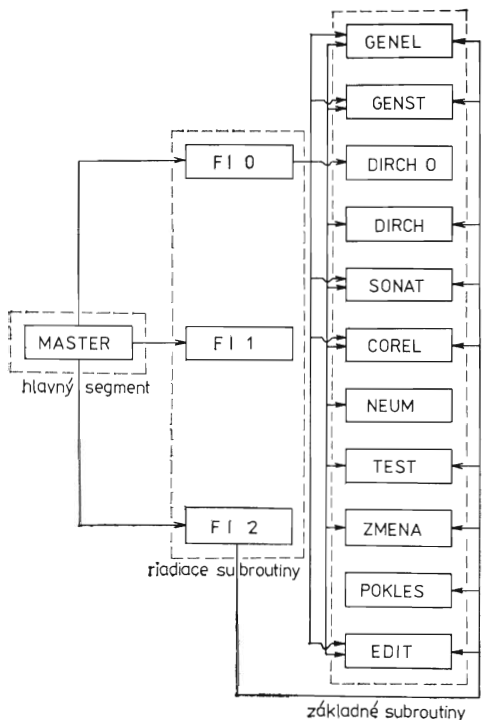
4. Štruktúra systému programov FEFI

Systém programov FEFI vznikol syntézou postupne vyvíjaných štandardných programov FEFI 0, FEFI 1, FEFI 2. Je určený na výpočet ustáleného tlakového filtračného prúdenia i ustáleného prúdenia s voľnou hladinou a na riešenie neustáleného prúdenia vyvolaného v zemnom telese náhlým poklesom hladiny. Systém FEFI má segmentovú štruktúru umožňujúcu viacnásobne využiť väčšinu subrutín (obr. 1).

Hlavný segment (MASTER) systému FEFI identifikuje makroinštrukciu a typ úlohy. Pri ustálenom tlakovom filtračnom prúdení sa vyvoláva riadiaca sub-

Obr. 1. Hrubá bloková schéma systému programov FEFI

Fig. 1. Gross block scheme of the FEFI system of programs.



rutina FI 0, pri ustálenom prúdeňi s voľnou hladinou riadiaca subrutina FI 1 a pri neustálenom filtračnom prúdeňi s voľnou hladinou FI 2. Každá z uvedených subrutín vyvoláva ďalšie základné subrutiny podľa riešeného problému.

Základných subrutín je v systéme FEFI jedenásť. Napr. pri tlakovom filtračnom prúdeňi sa najskôr čítajú a generujú prvky a uzly subrutinami GENEL a GENST (obr. 1). Potom sa pomocou subrutiny DIRCHO zavedú okrajové

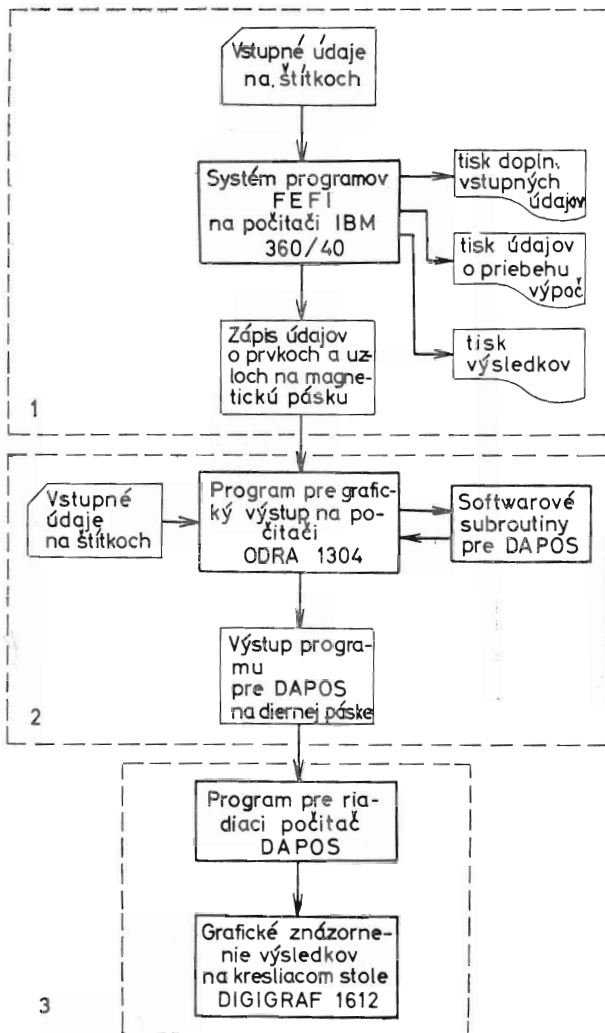
podmienky Dirichletovho typu. Zostaví sa subrutina SOMAT, matica sústavy výsledných rovníc a subrutinou COREL sa táto sústava rieši. Výsledky výpočtu sa vytlačia subrutinou EDIT v prehľadných stránkových tabuľkách. V prípade tlakového prúdeňa je teda algoritmus výpočtu veľmi jednoduchý.

Podobný algoritmus je aj pri ostatných problémoch tak, ako sme to stručne opísali v časti 2 a 3.

5. Automatická kontrola vstupných dát a zhodnocovanie výstupných údajov. Příklad výpočtu

Pri programoch zostavených podľa metódy konečných prvkov je veľmi dôležitá príprava a kontrola vstupných údajov, ktorých je zvyčajne veľa.

Pri použití systému FEFI má programátor znížiť počet vstupných údajov, ak sa mu podarí nájsť vhodný spôsob, ako doplniť chýbajúce údaje výpočtom v rámci programu (generovanie prvkov). Automatické generovanie prvkov (údajov) má veľký význam: urých-



Obr. 2. Hrubá bloková schéma spracovania výsledkov výpočtu a ich grafického zobrazenia vynášačom off-line

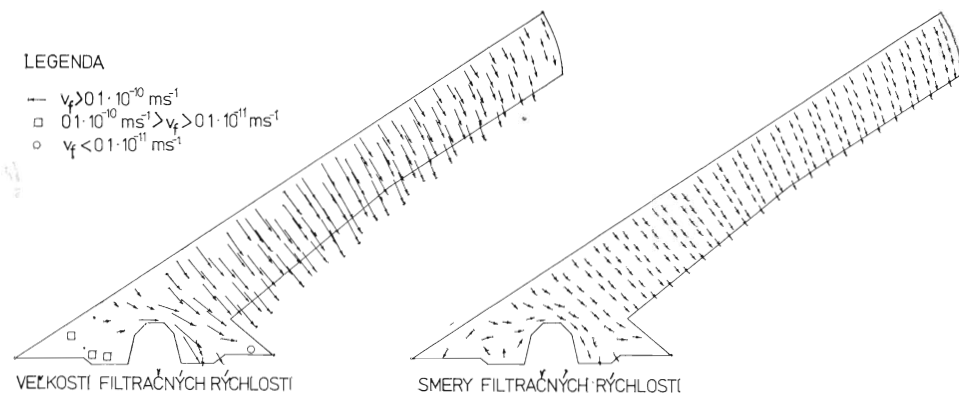
Fig. 2. Gross block scheme of calculation result processing and its graphical presentation by the off-line plotter.

tuje prípravu vstupných údajov, znižuje nároky na dierovanie, obmedzuje vznik chýb, šetrí strojočas.

Počas vývoja tohto systému FEFI a jeho praktického využívania sa osvedčilo robiť jednoduchú kontrolu počítačom a zadanú sieť dať vykresliť vynášačom. Kontrolou pomocou grafického zobrazenia možno ľahko a rýchlo zistiť aj inak ťažko zistiteľné chyby.

Za tým účelom bol v rámci spomínanej štátnej úlohy vyvinutý súbor programov GRAF (K. Hartel) určený na kontrolu vstupných údajov a na grafické spracovanie výsledkov výpočtov uskutočnených pomocou systémov FENL a FEFI. Na to však okrem počítača treba mať kresliaci stôl s príslušným malým riadiacom počítačom. (Na CUA je na tento účel k dispozícii počítač TPA 70 a kresliaci stôl DIGIGRAF.) Postup takéhoto výpočtu aj s grafickou kontrolou a hodnotením je schematicky znázornený na obr. 2 (postup off-line).

Prednosti opisovaného systému programov FEFI a GRAF presvedčivo dokumentujú nasledujúce príklady z praxe. Na obr. 3 je príklad použitia uvedených systémov pri riešení filtračného prúdenia tesniaceho jadra zemnej hrádze Žlutice (I. Kazda 1976). Na základe systému GRAF sú pomocou DIGIGRAFU vynesené smery a veľkosti filtračných rýchlostí (obr. 3). V ťažisku každého prvku sa vynesol vektor, ktorý má smer a vo zvolenej mierke zobrazuje ich veľkosť. Ak je filtračná rýchlosť menšia ako zadaná hranica, prvok sa automaticky vynechá. Takéto spracovanie výsledkov dáva veľmi dobrú predstavu o namáhaní tesniaceho jadra prúdovým tlakom.



Obr. 3. Priesak tesniacim jadrom hrádze vodného diela Želivka

Fig. 3. Seepage through the tightening core of the VD Želivka dam

Problém filtračného prúdenia podzemnej vody sa rieši aj naďalej v rámci štátnej úlohy P04-521-293-08. Je zameraný na praktickú aplikáciu automatizovaného výpočtu priestorových úloh pri zvolených okrajových podmienkach. Doručené 31. 3. 1977

Odporučil I. Mucha

LITERATÚRA

Hartel, K. 1975: Podsystem Základové konštrukcie. Záverečná správa čiastkovej úlohy 08 štátnej výskumnej úlohy 08 štátnej výskumnej úlohy P04-521-086 Využitie výpočtovej techniky v projektovaní stavieb.

- K a z d a, I. 1973: Nestacionárne prúdenie podzemnej vody v pórovitom prostredí (Systém programov FEFI). Etapa čiastkovej výskumnej úlohy P041521-086-08, pod-systém Základové konštrukcie.
- K a z d a, I. 1975: Tlaková filtrácia podzemných vôd. Etapa čiastkovej úlohy P04-521-086, podsystém Základové konštrukcie.
- K a z d a, I. 1976: Programy pre grafický výstup MKP. Technická správa etapy čiastkovej úlohy P04-521-086-08, podsystém Základové konštrukcie.

Solution of some ground water filtration flow problems by computer

KAROL HARTEL — IVO KAZDA

The solution of ground water filtration flow in engineering practice has the greatest justification in foundation engineering, slopes and cuts stability assessment, design of fill dam tightening and tightening elements in the dam base. Solution of such problems is often very pretentious and arduous. In many cases traditional analytical and experimental methods are not sufficient. It is why in the recent time, with the development of computer techniques to solve these problems, the numerical methods acquire an always increasing importance, mainly the method of finite elements (MFE), enabling to introduce to the calculation a more complicated geometric form of a seepage area, non homogeneous and anisotropic composition of porous environment and complicated marginal conditions.

For this purpose with regard to requirements of design practice, the problem of groundwater filtration flow, as planar task, was solved within the frame of the State research task "Use of computer techniques in design practice — subsystem", "Foundation construction".

The result of these problems solution is the FEFI system of programs which came into being by the synthesis of programs:

FEFI 0 "Solution of pressure steady filtration flow".

FEFI 1 "Solution of filtration flow with unconfined waterlevel".

FEFI 2 "Solution of unsteady filtration flow with unconfined waterlevel".

In setting up individual programs and of the whole system the MFE was successfully applied. The FEFI system has a segment structure, enabling a multifold use of most subroutines (programs). The use of this system enables an automatic generation of individual elements thus quickening substantially the preparation of input data and decreasing the risk of error occurrence, saving the computer time.

For purposes of automatic check and evaluation of results of the FEFI system computation, a GRAF system of programs was also developed which draws graphically the network of ordered elements and course of individual magnitudes in the elected scale (off-line).

For purposes of practical use in solving the groundwater filtration flow, (spaces of the task) henceforth in the said research program (1977—78).

Preložil E. Bleho

Použitie štatistických metód pri výskume puklinovosti

(5 obr. v texte)

RUDOLF ONDRÁŠIK — HELENA HANDZUŠOVÁ*

Применение статистических методов при изучении трещиноватости горных пород

На статистическую обработку трещин и на наши представления о трещиноватости горных пород оказывают влияние уровень полевой документации, отклонения ориентации трещин разной протяженности, искажение реального распределения трещин, наклонных по отношению к простиранию обнажения и неоднородность массива. Со сказанного вытекают и требования к подходящему применению статистических методов, являющиеся содержанием настоящей статьи.

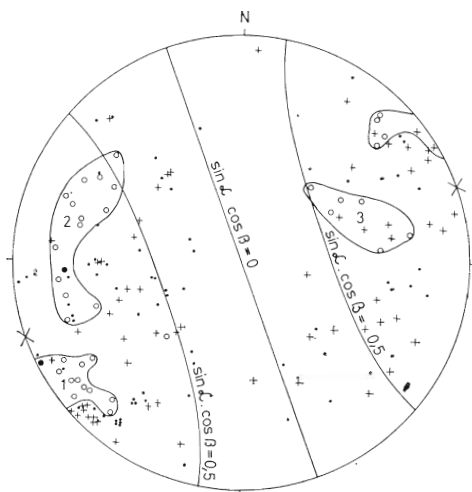
Use of statistical methods in the research of jointing

Statistical evaluation of joints and by it also our conceptions on rock mass jointing can be affected by the level of field documentation, deviations in the strike of joints of varied length, misrepresenting the real representation of joints in systems aslant to the outcrop surface and also by heterogeneity of the mass. Requirements deriving from it for a suitable use of statistical methods are also the subject matter of this paper.

Inžinierskogeologické vlastnosti skalných horninových masívov sú do veľkej miery ovplyvnené puklinami. Preto je štúdium puklín neoddeliteľnou súčasťou inžinierskogeologického výskumu skalných horninových masívov a metódam výskumu puklinovosti sa venuje stále väčšia pozornosť (L. Müller 1963; R. D. Terzaghi 1965; M. V. Rac — S. N. Černyšev 1970, D. R. Piteau 1973). Pretože v našej literatúre doteraz podobné práce, okrem zriedkavých výnimiek (M. Hrašna 1969), nie sú, štatistické metódy zisťovania puklinovosti a terénna dokumentácia sa používajú nekriticky a často aj nevhodne. V príspevku upozorňujeme na niektoré dôležité zásady pri terénnom výskume a pri štatistickom spracúvaní puklinovosti.

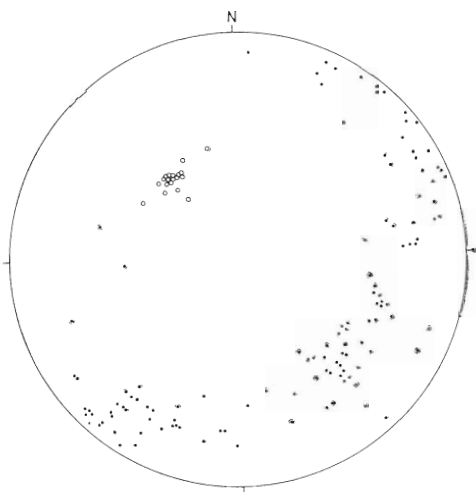
Priestorová sieť zahŕňa všetky pukliny príslušnej časti masívu. Spravidla ju tvorí niekoľko systémov puklín (zvyčajne 3—4), zriedkavo chaoticky orientované pukliny, ktoré nepredstavujú systém. Priesečnice puklín s ľubovoľne orientovanou plochou vytvárajú plošnú sieť puklín a priesečnice puklín s ľubovoľne orientovanou priamkou lineárnu sieť puklín. Systémom puklín nazývame súhrn približne paralelných puklín. Tento termín je čiste geometrický a nemá nijaký genetický význam.

* Doc. RNDr. Rudolf Ondrášik, CSc., Helena Handzušová, Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, Zadunajská 15, 811 00 Bratislava.



Obr. 1. Polárny diagram v Lambertovej projekcii puklín granodioritového masívu v záreze štátnej cesty pri Strečne. Krúžkami sú označené pukliny prestupujúce odkryvom, plnými krúžkami tektonické poruchy, krížikmi pukliny končiace sa v odkryve, bodkami pukliny v rámci odkryvu. Kontúrami sú ohraničené systémy puklín prestupujúce odkryvom. Veľké krížiky na kružnici vyznačujú meranú líniu.

Fig. 1. Polar diagram in the Lambert's joint transmission of a granodiorite mass in the cut of the national road near Strečno. Small circles indicate joints overstepping the outcrop (full circles indicate the tectonic dislocations), small crosses indicate joints ending in the outcrop, points indicate joints within the outcrop frame. Contours are limiting the systems of joints overstepping the outcrop.

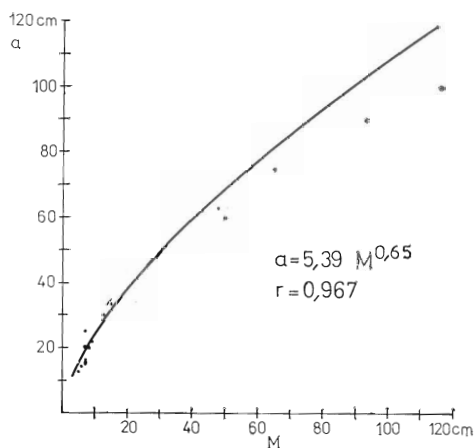


Obr. 2. Polárny diagram v Lambertovej projekcii puklín flyšového masívu v záreze cesty pri Toporci v Popradskej kotline. Krúžkami sú označené póly priebežných puklín (plochy lavicovej odlučnosti) a bodkami póly nepriebežných puklín.

Fig. 2. Polar diagram in the Lambert's joint transmission of a flysch mass in the road cut near Toporec in the Poprad basin. Small circles indicate continuity poles of joints (planes of bench parting) and points indicate poles of uncontinuous joints.

Obr. 3. Grafické znázornenie vzťahu medzi vzdialenosťou priebežných puklín (M) a vzdialenosťou na ne zhruba kolmých nepriebežných puklín (a) v pieskovcoch flyšového súvrstvia pri Toporci, ktorého polárny diagram je na obr. 2.

Fig. 3. Graphical plotting of relationship between the distance of continuous joints (M) and the distance of uncontinuous joints roughly perpendicular to them (a) in the sandstones of flysch strata-series near Toporec whose polar diagram is in Fig. 2.



Systémy puklín sa určujú pomocou štatistického spracovania výsledkov meraní orientácie puklín, najčastejšie vo forme diagramu. V ostatnom období sa najčastejšie uplatňuje zobrazovanie pólov puklinových plôch v plochojavnej Lambertovej projekcii spodnej orientovanej pologule (polárny diagram obr. 1, 2) a pri dostatočnom počte údajov ich štatistické hodnotenie vo forme kontúrového diagramu (obr. 1). Kontúry (izolinie) ohraničujú sústredenie pólov puklinových plôch. Ťažiská plôch ohraničených izoliniami predstavujú priemernú orientáciu normál (pólov) puklinových plôch jednotlivých systémov.

Pri takomto spracúvaní meraní puklinovosti treba brať do úvahy, že na výsledky môžu vplývať: a) odchýlky v orientácii puklín s rozličnou priebežnosťou; b) rozdiely vyplývajúce zo vzťahu medzi plošnou, príp. lineárnou a priestorovou sieťou puklín; c) nerovnorodosť horninového masívu.

Priebežnosť puklín

Priebežnosť puklín sa definuje ako dĺžkový dosah puklín. Na odkryvoch a v štôľňach sa ťažko pridržať škály priebežnosti puklín podľa ich absolútnej dĺžky. V každom prípade je však nevyhnutné zostaviť aspoň relatívnu škálu priebežnosti puklín. Podľa nej sa v odkryve dajú rozlíšiť pukliny: 1. prestupujúce odkryvom; 2. končiace sa v odkryve; 3. v rámci odkryvu. Iba pri puklinách v rámci odkryvu možno použiť absolútnu škálu priebežnosti. Osobitne treba vyčleňovať poruchové zóny.

Medzi puklinami rozličnej priebežnosti je vzťah. V niektorých prípadoch môžu byť všetky skupiny puklín podľa priebežnosti v rámci rovnakých systémov, ale môžu byť aj isté odchýlky (obr. 1 a 4), ba dokonca môžu byť aj v rozličných systémoch (obr. 2). Pri sedimentárnych horninách je navyše aj vzťah medzi vzdialenosťou priebežných puklín (M), reprezentovaných plochami lavicovej odlučnosti a vzdialenosťou nepriebežných puklín (a) naprieč lavicami (obr. 3), ktorý možno pri danom grafe vyjadriť vo forme $a = 5,39 \cdot M^{0,65}$ alebo vo všeobecnom tvare $a = c M^b$. Pri výskume horninových masívov sú určujúcimi pukliny prestupujúce odkryvom.

Vzťah medzi lineárnou a priestorovou sieťou puklín

V teréne nemožno merať priestorovú sieť puklín priamo. Jej model sa konštruuje na základe meraní parametrov lineárnych sietí puklín. Keď je prístupná iba jedna odkrytá plocha, príp. nesúvislé odkryvy s približne rovnakou orientáciou, skutočný pomer počtu puklín rozličných systémov sa skresľuje. Pukliny systémov, ktoré zvierajú s plochou odkryvu ostrý uhol, sú zastúpené slabšie, ako je to v skutočnosti. Dokonca ani pomerne husté pukliny systému zhruba rovnobežného s plochou odkryvu nemusia v odkryve vôbec vystupovať.

Pri štúdiu puklín v štôľňach a v zárezoch, kde prevláda jeden rozmer, o priestorovej sieti puklín usudzujeme prakticky iba z jednej lineárnej siete (obr. 4). V takomto prípade musíme skutočné zastúpenie puklín jednotlivých systémov vyjadriť priemernou vzdialenosťou, príp. hustotou puklín pre každý systém samostatne (obr. 5). Priemernú vzdialenosť puklín v systéme vypočítame podľa vzorca

$$\bar{a} = \frac{x \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta}{p}$$

kde $\bar{a}$ = priemerná vzdialenosť puklín v systéme v smere kolmom na plochu puklín;

x = vzdialenosť medzi krajnými bodmi na meranej línii v okryve;

α = rozdiel medzi priemerným uhlom sklonu puklín v systéme a uhlom sklonu meranej línii;

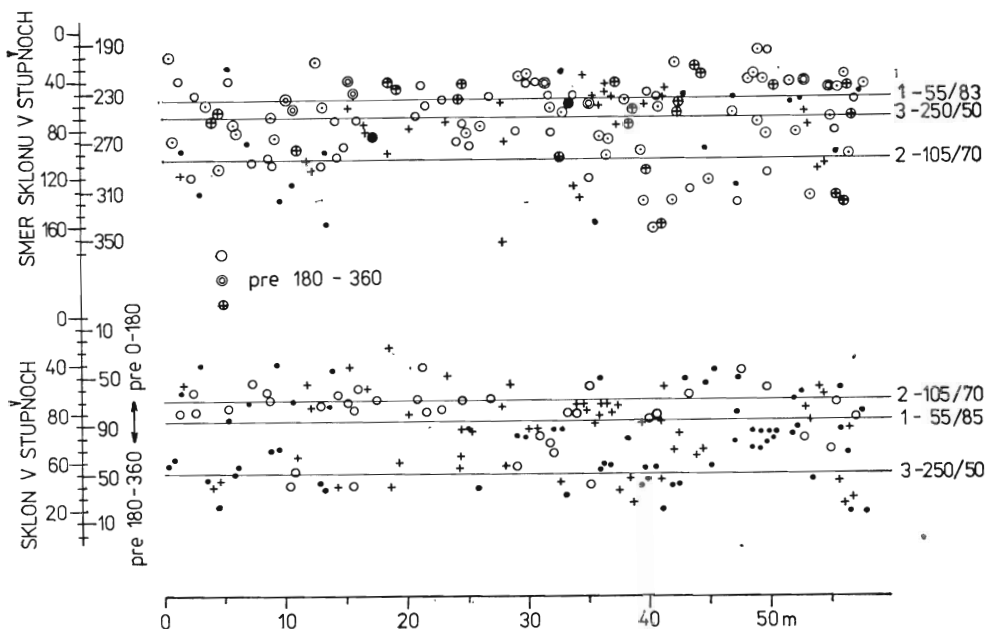
β = rozdiel medzi priemerným smerom sklonu plochy puklín v systéme a smerom meranej línii;

p = počet puklín v systéme pretínajúcich meranú líniu.

Pretože táto okolnosť môže veľmi ovplyvniť výsledky štatistického spracovania meraní puklinovosti v zárezoch a štôlnach, treba ju vyjadriť aj v polárnom diagrame (obr. 1). Pozdĺž slepej línii v diagrame (kolmej na os zárezu, štôlne) nemožno totiž vylúčiť existenciu ďalšieho systému puklín. Merania v širšom okolí zárezu, ktorý je na obr. 1, skutočne preukázali existenciu ďalšieho systému puklín s orientáciou okolo 170/60°.

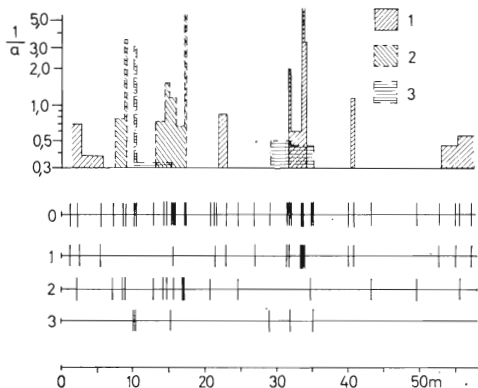
Nerovnorodosť horninového masívu

Rozmiestenie puklín v masíve i v rámci jednotlivých systémov je veľmi nepravidelné, čo vynikne najmä vtedy, ak z lineárnej siete vynesieme osobitne pukliny jednotlivých systémov (obr. 5). Zároveň možno v takto rozložených



Obr. 4. Diagram lineárnej siete puklín granodioritového masívu v záreze štátnej cesty pri Strečno v pravouhlej súradnicovej sieti. Značky puklín, ako aj systémov puklín (línii v grafe s číslom i hodnotami smeru sklonu a sklonu) sú vyznačené podľa polárneho diagramu na obr. 1.

Fig. 4. Diagram of linear pattern of joints of a granodiorite mass in the national road cut near Strečno in a right-angled coordinate pattern. Joints, as well as systems of joints are indicated according to polar diagram in Fig. 1.



Obr. 5. Spektrum lineárnej siete puklín (0) prestupujúcich odkryvom v granodioritovom masíve v zázere štátnej cesty pri Strečno rozložené pre jednotlivé systémy puklín (1, 2, 3) podľa polárneho diagramu na obr. 1 a grafické vyjadrenie hustoty puklín ($\frac{1}{a}$) jednotlivých systémov pozdĺž meranej línie.

Fig. 5. Spectrum of linear pattern of joints (0) overstepping the outcrop in a granodiorite mass in the national road cut near Strečno decomposed for individual systems of joints (1, 2, 3) according to polar diagram in Fig. 1 and graphical expression of joint density ($\frac{1}{a}$) for individual systems along the measured line.

priestorovej siete puklín treba mať dokumentáciu viacerých navzájom rozlične orientovaných plošných alebo lineárnych sietí puklín. Pri dokumentácii odkryvu alebo štólne len v jednej línii treba do polárneho (kontúrového) diagramu vyniesť aj orientáciu meranej línie, príp. aj slepú líniu diagramu. 4. V dokumentácii treba rozlíšiť pukliny podľa priebežnosti, a to absolútnej alebo relatívnej.

Doručené 5. 4. 1977
Odporučil R. Holzer

LITERATÚRA

- Hrašna, M. 1969: Štatistické spracovanie plôch deliteľnosti. Geolog. průzk., 11, 10, s. 298—302.
- Müller, L. 1963: Der Felsbau. 1. Auflage, Stuttgart, Enke Verlag, 624 S.
- Piteau, D. R. 1973: Characterizing and extrapolating rock joint properties in engineering practice. Rock Mechanics, Springer Verlag (Wien — New York), 5, Suppl. 2, p. 5—31.
- Rac, M. V. — Černyšev, S. N. 1970: Treščinovatosť i svojstva treščinovatých gorných porod. Moskva, Izdat. Nedra, 160 s.

puklinách jednotlivých systémov pozorovať istú harmonickosť ich rozmiestenia. Z nepravidelného rozloženia puklín v masíve zreteľne vidieť, že sa pri charakteristike puklinovosti pre konkrétny stavebný zásah do masívu nemožno uspokojiť so súhrnným štatistickým diagramom, ani s údajmi o priemernej vzdialenosti puklín. Priemernú vzdialenosť alebo hustotu puklín možno udávať iba pre jednotlivé vyčlenené časti masívu s približne rovnakou hustotou puklín daného systému. Tú možno najjednoduchšie zistiť pomocou grafu hustoty puklín jednotlivých systémov (obr. 5). Pomocou tohto grafu možno vyčleniť aj rovnorodé úseky s rovnakou kombináciou prevládajúcich systémov puklín.

Aby bolo hodnotenie puklinovosti z hľadiska potrieb inžinierskej geológie správne, musí splniť rad požiadaviek aj terénna dokumentácia: 1. V dokumentácii stien odkryvov a prieskumných diel musí byť zachytená poloha každej pukliny, a to pomocou plošnej alebo lineárnej siete puklín a prvkov orientácie puklín. 2. Musí byť presne situovaná aj poloha dokumentovanej plochy a jej orientácie. 3. Na čo najpresnejšie zobrazenie

Use of statistical methods in the Research of jointing

RUDOL ONDŘÁŠIK — HELENA HANDZUŠOVÁ

In the statistical processing of joint measurements it is necessary to take into account that the results may be affected by:

a) deviations in the strike of joints of different continuity; b) differences deriving from the relationship between planar, eventually linear and space network of joints; c) heterogeneity of rock mass.

The continuity of joints is characterized as a length range of joints. According to relative continuity of joints in the outcrop the following joints can be distinguished:

1. overstepping the outcrop; 2. ending in the outcrop; 3. within the outcrop frame. The absolute scale continuity can be used only in joints within the outcrop frame.

There exists a relationship between the individual joints of varied continuity. In some cases all groups of joints, according to continuity, may be within the frame of similar systems. There may, however, exist even certain deviations (Fig. 1 and 4) and moreover they may be also in various systems (Fig. 2). In sedimentary rocks there exists in plus also the relationship between the distance of continuous joints, represented by planes of bench parting and by uncontinuous joints across the benches (Fig. 3) which can be expressed in the form of $a = c M^b$.

When studying joints in galleries and cuts where one dimension predominates, the space pattern of joints is judged practically only from one linear pattern (Fig. 4). In such a case the real representation of joints of individual systems must be expressed by an average distance, eventually density of joints for each system separately. The average distance or density of joints can be given only for individually delineated parts of the mass within approximately similar density of joints of the given systems (Fig. 5). The average distance of joints in the system is calculated according to relationship:

$$\bar{a} = \frac{x \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta}{p}$$

where a is the average distance of joints in the system vertical to the plane of joints, x is the distance between the extreme points on the measured line in the outcrop, α is the difference between the angle of dipping in the system and dipping of the measured line, β is the difference between the average strike of dip of joints plane in the system and the strike of the measured line, γ is the number of joints in the system intersecting the measured line. As the linear pattern related to fissure systems may considerably affect the results of statistical processing of joint measurements in the cuts and galleries, it has to be expressed in a polar diagram (Fig. 1).

Preložil E. Bleho

Využitie leteckých snímok pri inžinierskogeologickom mapovaní Záhorskej nížiny

MIROSLAV HRAŠNA — LADISLAV ŠIKULA*

Использование аэроспимков при инженерно-геологическом картировании Загорской низменности

Для инженерно-геологического картирования в прикрытых территориях можно на черно-белых аэроспимках в качестве интерпретационных знаков геологической среды использовать в первую очередь морфологические проявления комплексов горных пород и геологических процессов, частично и контраст снимков и тип растительности. Определять можно некоторые геодинамические явления, слепые рукавы и древние русла рек, обнажения и карьеры, в некоторых случаях даже тектонические линии и литологические границы.

Use of aerial photographs in engineering geological mapping of the Záhorská nížina

In engineering geological mapping in terrains covered by vegetation and soil layer it is possible to use as interpretation symbols of properties of the geological environment on the aerial black and white photographs mainly the morphological manifestations of rock complexes and geological processes, partly even the phototon and vegetation. It is possible to determine some geodynamic phenomena, dead branches and old river beds of water courses, wetted spots, outcrops and surface mining of minerals, in some cases also tectonic lines and lithological boundaries.

Prevažne poľnohospodársky obrábaná Záhorská nížina a priľahlé, poväčšine zalesnené svahy Malých Karpát patria k oblastiam, v ktorých kvartérne sedimenty alebo horniny predkvartérneho podkladu vystupujú na povrch len zriedkavo. Spravidla ich zakrýva pôdna vrstva a väčšiu časť roka aj vegetácia. V takomto teréne možno ako interpretačné znaky vlastností geologického prostredia na čiernobielych leteckých fotosnímках využívať najmä rozličné morfológické prejavy horninových komplexov a geologických procesov, sčasti aj fototón. alebo vegetačný porast.

Morfológické pomery územia sú na snímkach dobre viditeľné vďaka stereoskopickému modelu. Na prevýšenom stereoskopickom modeli územia sa reliéf aj rad morfológických detailov javia veľmi výrazne, a to aj v terénoch, kde ich pri pozorovaní v prírode často zanedbávame.

Fototón sa na čiernobielych leteckých fotosnímках prejavuje rozličným odtieňom sivej farby, a to od sivobielej po sivočiernu. Je interpretačným znakom najmä pre skúmaný typ hornín (stupeň zvetrania, vlhkosť, typ a mocnosť pôd-

* RNDr. Miroslav Hrašna, Ladislav Šikula, Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie PF UK, Zadunajská 15, Bratislava.

neho pokryvu, typ vegetácie a pod.). Pri rovnakých podmienkach ho ovplyvňuje výška letu, uhol dopadajúceho svetla, kvalita a spracovanie filmového materiálu. Pri rovnakých podmienkach geologického a krajinného prostredia má teda klasifikačnú platnosť iba na sérii snímok vyhotovených na jednom filme v približne rovnakom čase.

Aerofotogeologické vlastnosti zastúpených geologických komplexov a petrografických typov hornín

Územie, ktoré tvorí komplex náplavov nížinných tokov, sa v skutočnosti aj na snímkach vyznačuje rovinným reliéfom, narušeným miestami zárezmi vodných tokov alebo vyvýšeninami menšieho rozsahu, ktoré tvorí na krátku vzdialenosť premiestnený eolický piesok. Fototón komplexu je svetlosivý až sivý, v území s vegetáciou sivý až tmavosivý. Miestami sa mení aj pre vyšší obsah vody alebo zvýšený obsah organických látok. Takéto časti územia sa na snímkach javia ako tmavšie plochy alebo pruhy a pre postupný prechod fototónu sa nedajú vždy presne ohraničiť.

V území tvorenom týmto komplexom sú pomerne časté aj zamokrené miesta a mŕtve ramená, ktoré sa spravidla vyznačujú tmavosivým až čiernosivým fototónom. Najmä mŕtve ramená sa prejavujú často aj morfológicky alebo odlišným vegetačným porastom, čo je na snímkach veľmi dobre viditeľné. Pri terénnej prehliadke územia sa zistilo, že niektoré zamokrené územia alebo mŕtve ramená, ktoré sa na snímkach dali dobre identifikovať, sú už vysušené a územie je skultivované. V niektorých častiach územia sme zo snímok zistili aj priebeh starých korýt vodných tokov, zavodňovacích aj odvodňovacích kanálov, ktoré sa už v teréne nevyskytujú a nezobrazujú ich ani novšie topografické podklady.

Územie, ktoré tvorí komplex eolických pieskov, zaberá najväčšiu časť Záhorskej nížiny. Morfológicky výrazne sa eolické piesky prejavujú najmä v centrálnej a severovýchodnej časti, kde vytvárajú zložité presypy a dunové komplexy. Na snímkach ich vidieť aj vtedy, keď je územie zalesnené. Niekedy sa podľa nich dá eolický komplex ohraničiť.

Údolia potokov sú na území rajónu často hlboko zarezané a majú strmé svahy, v ktorých piesok miestami vystupuje na povrch. V odkryvoch a pieskovniach má eolický piesok na snímkach sivobiely fototón. Inak je skoro celé územie zalesnené (sčasti poľnohospodársky obrábané) a má svetlosivý až sivý fototón. Tam, kde je fototón svetlejší, je územie so slabším vegetačným porastom, príp. odlesnené, resp. kde je aj v súčasnosti eolická činnosť. Tmavší fototón sa vyskytuje v miestach, kde je vysoká hladina podzemnej vody, zamokreniny alebo staré ramená potokov. Zamokrené územia sú najmä v medzidunových priestoroch a sú na snímkach zjavné okrem zmeny fototónu aj podľa zmien vo vegetačnom poraste.

Ostatné kvartérne horninové komplexy sledovaného územia sa na snímkach výraznejšie neprejavovali ani podľa fototónu ani morfológicky. Fluviálne terasové akumulácie Záhorskej nížiny sú spravidla tektonicky posunuté alebo morfológicky značne deštruované, príp. prekryté eolickými pieskami; preto sú na snímkach len ťažko pozorovateľné. Podobne proluviálne kužele sú v oblasti nížiny väčšinou tektonicky poklesnuté, takže sa neprejavujú morfológicky a postupne prechádzajú do fluvialného komplexu.

Deluviálne sedimenty sledujú morfológický tvar povrchu podložia a spravidla ich v celom rozsahu pokrýva vrstva pôdy a vegetácia. Ich typ preto nebolo možno zo snímok zistiť. O ich výskyte, príp. mocnosti sa dalo usudzovať niekedy podľa zmeny fototónu, sklonu svahov alebo podľa eróznej činnosti, ktorá sa v nich uplatňuje spravidla lepšie ako v horninách podkladu.

Z neogénnych sedimentov sa vďaka vyššiemu stupňu spevnenia morfológicky výrazne prejavuje najmä komplex štrkovitých sedimentov, ktoré vystupujú z okolných piesčitých a ílovitých neogénnych sedimentov alebo kvartérnych sedimentov vo forme pahorkov a lokálnych vyvýšení s pomerne strmými svahmi. Vyvýšeniny tvorené piesčitými a ílovitými neogénnymi komplexmi sú spravidla nižšie, zaoblenejšie a s miernejšími svahmi. Vďaka prevýšeniu sú však pri stereoskopickom pozorovaní dobre viditeľné aj pri nepatrnom vystupovaní nad okolie.

Fototón štrkovitých a piesčitých neogénnych sedimentov je svetlosivý až sivý, takže ich podľa neho spravidla nemožno rozlíšiť. Popri rozdielnom morfológickom vystupovaní je pri ich rozlišovaní istým vodidlom aj stupeň rozčlenenosti územia, ktorý je pre menšiu odolnosť voči erózii pri piesčitom komplexe vyšší (častý výskyt erózných rýh a pod.).

Územie tvorené komplexom ílovitých neogénnych sedimentov sa spravidla intenzívne poľnohospodársky obrába, príp. je zalesnené, s hojnou vegetáciou, podľa čoho ho niekedy možno odlišiť od susedných území s piesčitým alebo štrkovitým substrátom s menej bohatou vegetáciou, príp. vegetáciou iného typu. Fototón komplexu je o niečo tmavší ako pri predchádzajúcich komplexoch. Najmä v období po zrážkach, keď sa v pôvodnom horizonte a podloží ílovitých sedimentoch udržiava dlhšie voda, sú podľa tmavosivého odtieňa dobre ohraničiteľné voči okolným, prevažne nesúdržným kvartérnym alebo neogénnym sedimentom.

Predneogénne horninové komplexy v záujmovom území vystupujú na povrch iba na svahoch Malých Karpát. V území zobrazenom na leteckých snímkach, ktoré sme mali k dispozícii, sú zastúpené komplexy metamorfovaných hornín kryštalinika a komplex vápencovo-dolomitických hornín mezozoického veku.

Zo snímok nebolo možno rozlíšiť vysokometamorfované komplexy (ruly, svory, amfibolity) od nízkometamorfovaných (fylity, fylitické bridlice). Príčinou je najmä to, že horniny týchto komplexov nevystupujú priamo na povrch, ale zakrýva ich svahová hlina a lesný porast, ako aj to, že ich morfológické vystupovanie je približne rovnaké. Metamorfované horniny odkryté v kameňolomoch majú sivý fototón. Podľa neho ich možno rozlíšiť od kameňolomov v karbonátoch, ktorých fototón je spravidla svetlejší.

Na rozdiel od rájónov metamorfovaných hornín sú horniny vápencovo-dolomitického komplexu, najmä vo vyšších polohách a na príkřejších svahoch, pokryté tenšou vrstvou pôdy, príp. miestami vystupujú aj na povrch. V týchto častiach je spravidla chudobnejší vegetačný porast a svetlejší fototón, čo umožňuje identifikovať horniny komplexu a ohraničiť ich voči metamorfovaným horninám alebo voči územiu s mocnejším deluviálnym pokryvom. Najsvetlejší fototón v sledovanom území má jurský vápencový komplex v lomoch pri Borinke (svetlosivý až biely). Triasové vápence odkryté v lomoch pri Rohožníku majú sivý fototón. Podľa neho ich možno rozlíšiť od kameňolomov v karbonových komplexoch.

Vyhľadávanie lomov, odkryvov, ťažobných jám a geodynamických javov

Odkryvy, lomy a ťažobné jamy sa na snímkach prejavujú výrazným rozdielom fototónu oproti okolitému územiu. Vďaka prevýšenému stereoskopickému modelu sú veľmi dobre viditeľné aj ich morfológické tvary (prehĺbenie, strmosť svahov, príp. etáže). Niekedy možno posúdiť aj to, či sú v prevádzke alebo opustené. Napr. pieskoviská v eolických pieskoch Záhorskej nížiny, ktoré sú v prevádzke, majú sivobiely fototón, kým opustené pieskoviská majú trochu tmavší odtieň a miestami sa začínajú prejavovať aj vegetácia.

Výhoda vyhľadávať a hodnotiť uvedené objekty na leteckých snímkach je v tom, že ich geológ nemusí práčne vyhľadávať (často iba náhodou) v teréne, ako aj v tom, že už vopred môže usúdiť, v akých komplexoch sa bude pohybovať. Prejavuje sa najmä v územiach, kde sú k dispozícii iba staršie topografické alebo geologické podklady, ktoré nezachycujú novšie lomy a ťažobné jamy a geologické hranice sú v nich nepresné, resp. podľa starších predstáv. Naopak v územiach, z ktorých je novšia topografická mapa, umožňujú letecké snímky staršieho dátá lokalizovať prípadné staršie, už zasypané ťažobné jamy a časti lomov.

Možnosť vyhľadávať a hodnotiť geodynamické javy je jednou z najväčších predností aerofotogeologického výskumu územia. Z leteckých snímkov možno zisťovať najmä zosuvy a eróziu činnosť, ako aj niektoré prejavy krasovej a eolickej činnosti. Výhodné je najmä porovnávať snímky z rozličných období, podľa čoho možno usudzovať o dynamike procesov a robiť prognózu ich ďalšieho vývoja.

V mapovanom území sa pri hodnotení snímkov ani pri terénnom výskume nezistili nijaké zosuvy. Prejavy eróznej činnosti boli zistené najmä v deluviálnych a piesčitých neogénnych sedimentoch na úpätí Malých Karpát (ronová erózia), sčasti aj v eolických pieskoch Záhorskej nížiny (veterná erózia). Plošná erózia sa v porovnaní s okolným územím na snímkach prejavuje svetlejším fototónom, ostatné erózne javy, najmä erózne ryhy aj morfológickými tvarmi, ktoré sú na prevýšených snímkach dobre viditeľné aj pri ich malom hĺbkovom dosahu.

Zlomové a poruchové línie sa podľa viacerých autorov (M. N. Petrusevič 1962, J. Dornič 1975 a i.) prejavujú na snímkach zmenami fototónu, príp. morfológicky. Títo autori však opisujú odkrytý skalný terén, v ktorom je každá zmena fototónu prejavom litologickej zmeny alebo zlomovej, resp. poruchovej línie. Na zalesnených svahoch Malých Karpát pokrytých deluviálnymi sedimentmi sa nám podarilo identifikovať iba dva zlomy (pri Mariánke a Dúbravke), ktoré sa prejavovali v morfológii územia.

Záver

Najlepšie možno interpretovať čiernobiely letecké snímky odkrytého terénu bez vegetačného porastu a bez pôdneho pokryvu. V takomto teréne možno dobre interpretovať morfológické prejavy jednotlivých horninových komplexov a každá zmena fototónu indikuje litologickú zmenu, poruchové pásmo alebo vysokopoloženú hladinu podzemnej vody.

V území zakrytom vegetáciou a pôdnou vrstvou sú hlavným interpretačným znakom morfológické prejavy horninových komplexov, príp. aj vegetačný

porast alebo výskyt istých geodynamických javov. Okrem uvedených faktorov tu na fototón vplýva aj pôdny pokryv, vlhkosť a obsah organických látok.

Veľkým prínosom leteckých snímok je možnosť jednoducho vyhľadávať odkryvy, lomy, ťažobné jamy a geodynamické javy. Tieto objekty sa na snímkach spravidla prejavujú výraznou zmenou fototónu i morfológicky. Ak sú k dispozícii snímky z rozličných období, možno posúdiť aj dynamiku arobiť prognózu ďalšieho rozvoja procesov.

Významným prínosom je aj možnosť zisťovať staršie antropogénne zásahy do geologického prostredia, najmä staré korytá vodných tokov, zavodňovacie kanály, mŕtve ramená a zamokrené miesta, ktoré už v teréne a v novších topografických podkladoch nie sú (melioračné úpravy a pod.), avšak pod zarovnaným povrchom územia sa nachádzajú inžinierskogeologicky nepriaznivé organické a antropogénne sedimenty.

Doručené 15. 2. 1977

Odporučil J. Malgot

LITERATÚRA

Bañacký, V. — Sabol, A. 1973: Geologická mapa Záhorskej nížiny 1 : 50 000, GÚĎS Bratislava.

Dorníč, J. 1975: Aerofotogeologie. Praha, Knih. Ústř. úst. geol., sv. 49, 84 s.

Maheľ, M. 1972: Geologická mapa Malých Karpát 1 : 50 000. GÚĎS Bratislava.

Petrusevič, M. N. 1962: Aerometody pri geologičeskich issledovanijach. 1. izd., Moskva, Gosgeoltehnizdat.

Use of aerial photographs in engineering geological mapping of the Záhorská nížina

MIROSLAVA HRAŠNA — LADISLAV ŠIKULA

The predominantly agricultural Záhorská lowland and the adjacent mostly forested slopes of the Malé Karpáty range belong to areas where the Quaternary sediments, or rocks of the Pre-Quaternary basement emerge but rarely to the surface. Usually a soil layer covers them and for major part of the year even by vegetation. In such terrains it is possible to use as interpretation symbols of properties of the geological environment in the aerial black and white photographs mainly the morphological manifestations of rock complexes and geological processes, partly even the phototone and vegetation.

The morphological conditions of the area are well detectable in the photographs thanks to the stereoscopic model obtained by various types of stereoscopes and interpretoscopes. In an exaggerated stereoscopic model of area the relief and a series of morphologic details appear very expressively and this even in relatively flat terrains where they are frequently neglected when observed in the nature. Among the best observable forms in the studied area were the dunes of eolian sands which could be detected even when covered with dense vegetation. In some parts of the area it was just according to dunes that the complex of eolian sands could be delineated against the neighbouring

complexes. According to morphological emersion it was sometimes possible to determine from the photographs even complexes of neogene sediments, forming in the middle of Quaternary complexes of the lowland flat hills and hillocks. In the case of an evident morphological emersion it was possible to determine also the occurrence and extent of fluvial terrace sediments and piedmont sediments (piedmont cones). On the slopes of the Malé Karpáty range it was possible according to steepness of slopes and total character of the relief to distinguish the Mesozoic calcareous-dolomitic complex from the Paleozoic metamorphosed complexes. In the morphology of the area there appeared also some of the tectonic lines.

Expressively manifest by their forms were also the erosion furrows and dead branches of water courses. In some cases detectable from photographs of older date were at present abolished and in the terrain old levelled beds of water courses, irrigation and drainage channels. Very well detectable in the photographs are also accumulation forms and parting planes of landslides; these, however, did not occur in the studied area.

Phototone in aerial black and white photographs is given by a varied shade of the grey colour, within the range from the greyish-white to greyish-black. It is an interpretation symbol for the type of rocks under whose conditions they occur in the studied area (degree of weathering, humidity, type and thickness of soil layer, type of vegetation, etc.). Under similar conditions it is affected by the height of flight, angle of light fall and quality of processing the film material. It is therefore of qualification validity, in the case of similar conditions of geological and country environment, only in a series of photographs made on one film in approximately the same time.

In the area of the Záhorská lowland the phototone could be used mainly in identifying dead branches and wetted spots (darker shade against the environment), in seeking outcrops, faults and exploitation pits (lighter shade against the environment), as well as in determining the type of rocks in these areas. From geological processes it is possible according to phototone to determine sometimes planar erosion of soils, or wind-blown eolian sands (lighter shade of planes at the level of the surrounding terrain).

Dependence of vegetation cover on the properties of substratum in geological interpretation of aerial photographs can be used in areas with original vegetation cover or in knowing the system of the forest and soil management in a given area. An identification symbol to distinguish the type of vegetation is the phototone and structure (drawing) of the plane, eventually even drawing copying the groundplane form of bigger individuals of the single types of vegetation. For instance, coniferous trees in photographs have dark-gray phototone and a star form, deciduous trees are characterized by a lighter phototone and a round form of individuals. The phototone of deciduous trees, as well as of some other types of vegetation (for instance grass), however, changes along the year, meanwhile it is darker in Spring.

Preložil E. Bleho

Skalné zrútenie pri Podbieli ako dôsledok rozvolňovania tektonicky porušeného masívu

(4 obr. v texte)

MILAN SLIVOVSKÝ*

Обвал у с. Подбел как результат разуплотнения тектонически нарушенного массива

Вследствие разгрузки (эрозией, вырубом и др.) тектонически нарушенных массивов происходит у открытой поверхности перераспределение напряжений (вторичная напряженность) и последующее разуплотнение. На склонах долин образуются трещины, параллельные с открытой поверхностью, или массив разуплотняется по, в подходящем направлении простирающихся трещинах, например тектонического происхождения. Трещины раскрываются и отпущенные блоки вследствие ползучести деформируются. Зависит только от времени, или другого подходящего импульса (например антропогенного), чтобы такое движение ускорилося. Вышеприведенное иллюстрируем на примере обвала скальной стены у с. Подбел на Ораве в 1975 г.

Rock fall near Podbiel Due to loosening of tectonically dislocated rock mass (NW part of Slovakia)

Relieving (by erosion, excavation, etc.) the tectonically dislocated rock masses, stress redistribution (secondary stress) and subsequent loosening occur near the stripped surface. On the valley slopes there take place joints parallel with the stripped surface, or for loosening the rock mass takes advantage of the suitably oriented discontinuities, e. g. of tectonical origin. The joints open up and the loosened blocks are creep transformed. It is a question of time, or of an other suitable impulse (for instance, antropogeneous) to make such movements retransformed into a quicker one, as is shown by the example of gravitational failure of rock wall near Podbiel in Orava from 1975.

V januári 1975 vznikol na trati Kraľovany—Trstená v km 42,77/85 pri Podbieli skalný zával v kubatúre asi 22 000 m³ (77 200 Mp). Bariéra zrútených hornín zasiahla až do koryta Oravy, zatarasila trať a vyradila ju z prevádzky.

Trať v mieste skalného zrútenia prechádza úpäťm prirodzenej, až 145 m vysokej skalnej steny (azimutu 40 až 90°) čiastkového bradla „vnútorného bradlového pásma“ prechodného vývoja (tzv. podbielsky vývoj), ktoré je v topografickom a geologickom označení známe ako Červený kameň. Jeho stratigraficko-tektonickej kompozícii venoval pozornosť už D. Andrusov (1931, 1938). Bradlo je prevrášnenou tektonickou diapírovou šúpinou s obráteným stratigrafickým poradím vrstiev.

* RNDr. Ing. Milan Slivovský, Vysoká škola dopravná, 010 01 Žilina.

Jeho vrchnú časť budujú liasové horniny (škvrnité vápence, slieňovce, rádiolaritové a krinoidové vápence), v stredných a nižších častiach sú dogersko-malmské a kriedové horniny: hľuznaté rohovcové vápence, rádiolaritové jaspisy, slieňovce, vápence typu Biancone a bridličnaté slieňovce (obr. 1 a 2). Pri úpätí steny pod svahovými sedimentmi sú senónske pieskovce a zlepenice, ktoré prechádzajú pod náplavy Oravy. Smer vrstiev je rovnobežný až kolmý na stenu v sklonoch 15 až 80° so zapadaním do steny. Vo vyšších častiach steny prevláda sklon menší ako 30°. Hydrogeologický režim bradla je chudobný na súvislé horizonty podzemnej vody (bez krasového fenoménu), s výnimkou puklinovej vody vadózneho pôvodu, ktorá cirkuluje v zóne povrchového zvetrania a rozvoľnenia masívu. Napriek tomu sú v čase jarného topenia sa snehu, resp. po súvislejších dažďových cykloch faktorom, ktorý negatívne spolupôsobí pri porušovaní stability rozvoľnených častí steny.

Stena bradla je strmá (65 až 90°), lokálne s prevismi, mimoriadne ťažko prístupná, nemá lavičky, príp. iné stabilite prospievajúce úpravy. Už v minulosti

Obr. 1. Geologická situácia skalného zrútenia (M. Sli-vovský 1975 s použitím údajov D. Andrusova 1959)

a — zrútená hmota, b — redeponovaná zrútená hmota, c — náplavy Oravy, d — zvetraniny a svahové sedimenty. Jura: 1 — škvrnité slienité vápence a slienité vápence a slieňovce, 2 — rádiolaritové vápence, 3 — červené slieňovce a krinoidové vápence (1—3 lias), 4 — hľuznaté a rohovcové vápence, 5 a 6 — pestré a svetlé vápence Biancone (4—6 doger a malm).

Krieda: 7 — rohovcové vápence s bridlicami, 8 — tmavosivé slieňovce (alb — cenoman), 9 — pieskovce a zlepenice (senón).

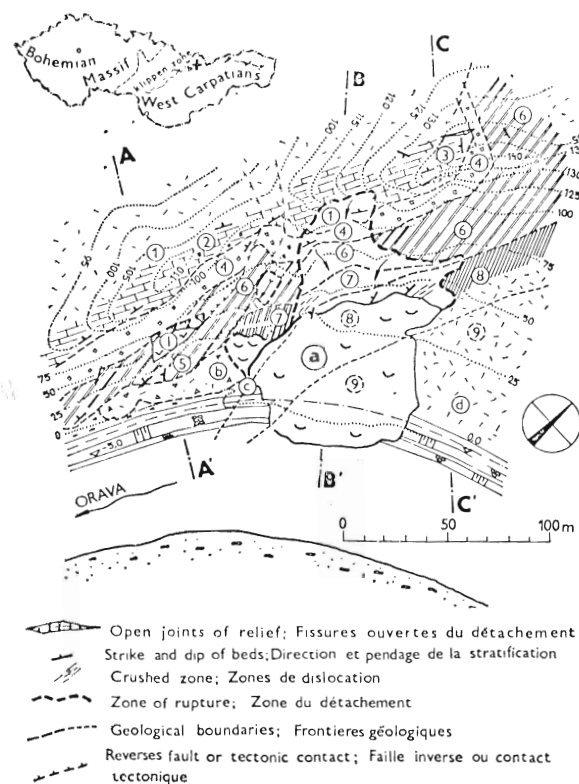
Fig. 1. Geological lay-out of the rock fall

a — fallen material, b — redeposited fallen material, c — alluvial deposits of the river Orava, d — weathered material and slope sediments.

Jurassic: 1 — mottled marly limestones and marlstones, 2 — radiolarite limestones,

3 — red marlstones and crinoidal limestones (1—3 Lias), 4 — nodular and cherty limestones, 5, 6 — variegated and light coloured limestones Biancone (4—6 Dogger and Malm).

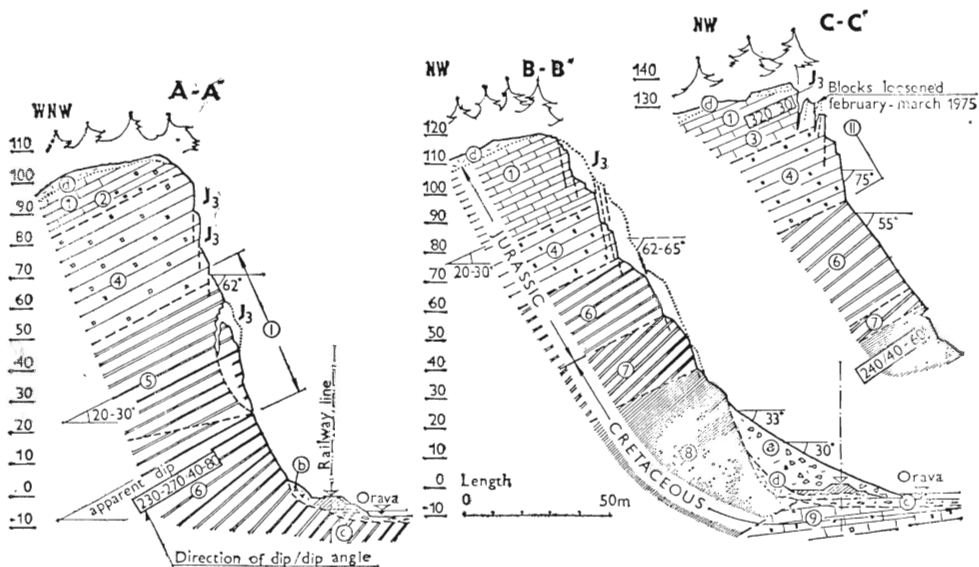
Cretaceous: 7 — cherty limestones with shales (Aptian), 8 — dark grey marlstones (Albian — Cenomanian), 9 — sandstones and conglomerates (Senonian).



sa zo steny odtrhávali a padali jednotlivé kamene a bloky a ohrozovali bezpečnosť dopravy.

Zrútenie v r. 1975 bolo dôsledkom odtrhnutia a zosunu hornín z výšky 125 až 50 m pozdĺž puklín paralelných s povrchom steny, tzv. puklín z rozvoľňovania masívu.

Uvoľňovaním napätí odľahčením masívu (eróziou, výrubom a pod.) môžu v nových modifikovaných konštitučných vzťahoch systému (sekundárna napätosť — pretvorenie — pevnosť — čas) vznikáť nové pukliny, alebo masív na rozvoľňovanie využíva pôvodné vhodne orientované tektonické diskontinuity. Ich dilatácia a postupná dezintegrácia masívu na individualizované bloky sa zvyčajne začína vo vyšších častiach svahu, lebo v nižších je svah opretý na dno údolia. Takýto vývoj môže indikovať počiatočné gravitačné porušovanie svahu. Zosunutie, resp. zrútenie uvoľnených blokov môže nastať relatívne rýchlo, príp. môžu mať deformácie charakter křípu, v ktorom bloky pretrvávajú počas dlhšieho geologického obdobia, kým sa ich pohyb nepretransformuje do rýchlejšieho. Antropogénny faktor môže transformáciu urýchliť. Demonštruje to príklad opisovaného skalného zrútenia v roku 1975 pri Podbieli.



Obr. 2. Geologické rezy

I, II — potenciálne časti na skalnej stene,

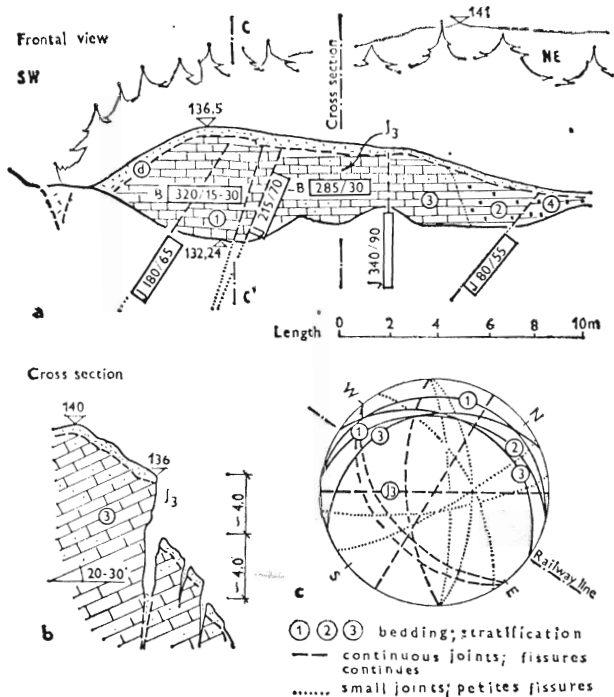
Fig. 2. Geological cross sections: I, II — potential parts on the rock face, J₃ — joints of relief, detail for section C—C in Fig. 3.

Podmienky a faktory porušenia stability

Primárnou podmienkou zrútenia je geologicko-tektonická stavba. Kvartérna erózia masív obnažila a umožnila jeho rozvoľňovanie.

Pretože poloha súvrství je pre stabilitu steny priaznivá, gravitačné porušovanie skalnej steny bradla Červený kameň súvisí s týmito ďalšími okolnosťami:

a) Viacnásobným vrásnením (kriedovým a pokriedovým) vznikli v bradle prešmyky, kataklázované zóny a pukliny. Z puklín (obr. 3) sú to: „malé“



Obr. 3. Puklina z odľahčenia masívu
a — pohľad, b — priečný rez, c — stereodiagram

Fig. 3. Joint from the relief of the rock mass
a — view, b — cross section, c — stereodiagram

„malé“ pukliny. V reze C—C' na obr. 2 a na obr. 3a, b je detail ďalšej veľkej otvorenej pukliny v hornej časti steny so zaklesnutými blokmi a dogersko-malmských hornín. Je mimo odtrhovej oblasti, takže jej rozbor je na analýzu zrútenia inštruktívny.

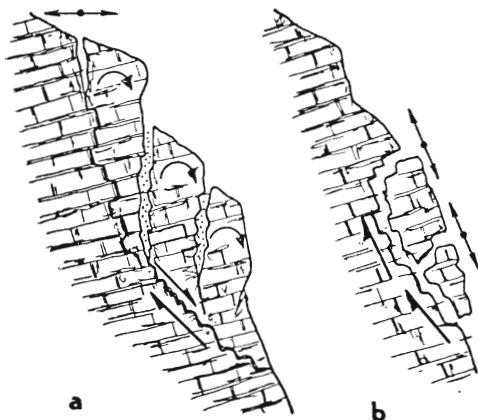
Poklesnutie blokov pod ňou s amplitúdou 4 až 5 m vytvára štruktúru stupňovitého poklesu eróznej hrany. Z hľadiska morfológie je tu analógia s rozpadom horských hrebeňov (Bergzereissung). V hornej časti steny sa v tvrdých rádiolaritových a hľuznatých vápencoch vytvorili previsy. Mechanizmus gravitačného porušovania prebieha tak, že sa pukliny z odľahčenia masívu najprv pootvorí a bloky sa čiastočne pootočia. Na stene sa vytvára potenciálny stav, v ktorom sa využíva rezerva šmykového odporu a zazubenia blokov na ich báze. Ak zaklinenie, resp. odpor v odtrhnutí nie je dostatočný, bloky sa ušmyknú alebo preklopia a zrútiť.

Z fenomenologického a štruktúrneho rozboru skálné zrútenie nastalo odtrhnutím previsov (Griffithovo porušenie) a rotáciou uvoľnených blokov a čiastočne ich ušmyknutím (obr. 4).

pukliny v rámci lavíc kompetentných vrstiev v dvoch vzájomne kolmých systémoch v strmých sklonoch na vrstvitost; pukliny v rámci súvrství (priebežné). Na smer vrstiev sú konformné alebo šikmé až kolmé. Niektoré z nich sú konformné s povrchom steny („J₃“ na obr. 3a, b, c).

b) Určujúcou diskontinuitou pre stabilitu sú pukliny konformné so stenou (J₃) v sklone 60 až 90° zapadajúce po stenu, ako aj do steny, zasahujúce až 30 m do jej okraja. Sú väčšinou tektonického pôvodu. Umožňujú rozvoľňovanie masívu. Na obr. 2 v reze A—A je blok s otvorenou puklinou šírky až 3 m (v roku 1974 iba 1,5 m). Jej priebeh určujú

- c) Treba zdôrazniť odľahčenie bradla vertikálnym eróznym účinkom Oravy až do výšky 140 m.
- d) Za významnú príčinu zrútenia v roku 1975 treba pokladať likvidáciu uvoľneného bloku v stene (okolo 6000 m³), vzdialeného asi 60 m od odtrhovej oblasti skalného zrútenia (blok I na obr. 2, rez A — A). Aby sa zabezpečila



Obr. 4. Mechanizmus porušovania skalnej steny

a — odtrhnutím a rotáciou, príp. ušmyknutím, b — odtrhnutím a ušmyknutím.
Fig. 4. Mechanism of the rock-face failure
a — rupture with rotation or shearing, b — rupture with shearing.

Vplyv vody sa prejavil aj v zmene konzistencie hlinitej výplne puklín a zvetraných slieňovcov alternujúcich medzi vrstvami vápencov.

Doručené 13. 6. 1977

Odporučil A. Nemčok

Rock Fall near Podbiel due to loosening of tectonically dislocated rock mass (NW part of Slovakia)

MILAN SLIVOVSKÝ

In tectonically overworked rock masses an important factor which forms its stress is the orogenesis and the related geodynamic processes of physical and chemical nature. By the relief of rock masses (trough erosion, etc.) there occur at the free surface redistribution of stress (secondary stress) and accompanying deformation phenomena. In the valley slopes there take place joints of relief, usually parallel with the surface, or the massif for loosening makes use of the suitably oriented discontinuities, for example, of tectonic origin. The joints open and the loosened blocks are cree transformed. It is a question of time or of a suitable impulse (for instance antropogeneous intervention), when their creep movement transforms into a quicker one — sliding or falling. There is

prevádzka na trati, rozhodli sa príslušné orgány likvidovať ho trhavinami (iné spôsoby sa pre neprístupnosť steny pokladali za neoperatívne). Odstrel sa vykonal v novembri r. 1974. Použilo sa 250 kg permonexu a nálož sa uložila do pukliny. Odstrelom sa blok likvidoval iba čiastočne, väčšia časť je doteraz na stene. Dynamický účinok sa však negatívne prejavil na stabilite okolitých častí steny a na previsoch, ktoré sa po odmäku zrútili. Približným výpočtom bezpečnej vzdialenosti „d“ v [m] (A. Dvořák) možno tento vplyv preukázať: $d = 10 N^{2/3}$, kde N je nálož v [kg]; $d = 396$ m, t. j. je $\gg 60,0$ m. K porušeniu stability však prispel aj ľad a hydrodynamický účinok vody za ľadovou clonou v puklinách pri povrchu steny.

given an example of such a gravitational failure of rock wall in Northern Slovakia from 1975 near Podbiel in the regional geological unit of the „inner klippen zone“ of the West Carpathians (Fig. 1, 2). Loosened blocks of limestones, radiolarites and marlites up to 22.000 m³ fell from a 145 m high rock wall and blocked a railway track.

The primary condition of a fall is the geological structure and a multifold tecto genesis of the rock mass. The Quaternary erosion relieved the rock mass and made possible its dilatation. However, an important factor of stability disturbance of the loosened wall was the effect of explosion, by which a bigger loosened block was removed to make accessible the wall, in the Fig. indicated by I. Two months later, after thawing in 1975 some other overhangs fell 60 m from this place also through influence of hydrodynamic effect of water in joints, weathering process and change of consistency of the joint clay-fill. One the joints of relief (J₃) is documented by Fig. 3; mechanism of disturbance on the wall — Fig. 4.

Preložil E. Bleho

Štvrtstoročné jubileum Katedry inžinierskej geológie a hydrogeológie Univerzity Komenského

MILAN MATULA

Uznesením vlády bola na začiatku školského roku 1952—53 zriadená na Univerzite Komenského Fakulta geologicko-geografických vied a na nej o. i. aj Katedra inžinierskej geológie. Mala pomôcť odstrániť disproporcie vo vývoji geológie, dovtedy jednostranne orientovanej na základný geologický výskum a vyhľadávanie nerastných surovín.

Možno povedať, že v roku 1952 na Slovensku odborníkov so špecializovaným inžinierskogeologickým vzdelaním nebolo. Niektorí inžinieri a geológovia spolupracovali pri projektovaní a stavbe vodných diel, železníc, tunelov a pod. Štúdium podzemných vôd bolo u nás predovšetkým doménou inžinierov — vodohospodárov. Časť poznatkov, ktoré patria do inžinierskej geológie, sa prednášala v rámci tzv. praktickej geológie poslucháčom Prírodovedeckej fakulty UK a Stavebnej fakulty SVŠT.

Novovzniknutej katedre pripadla nemalá úloha formovať nový aplikovaný odbor geológie, vychovať preň potrebné kádre odborníkov a vybudovať vlastnú vedeckovýskumnú základňu. Súčasne so zriadením katedry sa začalo špecializované štúdium inžinierskej geológie. Uskutočňovalo sa podľa 8-semesterových samostatných učebných plánov, neskôr — od septembra 1954 — bolo štúdium predĺžené na 10-semesterové. Katedra okrem toho až do septembra roku 1959 zabezpečovala výučbu geologických disciplín aj na Stavebnej fakulte SVŠT.

Učebný plán katedry je mimoriadne náročný. Okrem prípravných disciplín (spoločenské, matematicko-fyzikálne, chemické) má aj štyri odborné časti: geologickú, geotechnickú, inžinierskogeologickú a hydrogeologickú. Katedra sa vždy starala o ich obsadenie kvalitnými profesormi. Geologické disciplíny (vyučované v rovnakom rozsahu a spolu so smerom základnej geológie) vyučovali profesori Andrusov, Gorek, Kamenický, Koděra, Krist, Lukáč, Lukniš, Mazúr, Mišík, Švagrovský a ďalší. Inžinierske a geotechnické disciplíny prednášali takí vynikajúci odborníci, ako napr. profesori Chrobák, Jesenák, V. Mencl, J. Mencl, Peter, Tavoda a i. Disciplíny inžinierskej geológie a hydrogeológie vyučovali profesori Dub, Duba, Maheľ, Matula, Melioris, Nemčok, Ondrášik atď.

Okrem nich prednášky a cvičenia vykonávalo veľa ďalších prednášateľov z univerzity, SVŠT i z praxe. Im všetkým patrí vďaka za vykonanú prácu.

V rokoch 1952—1976 na katedre úspešne završilo štúdium 202 absolventov, z nich 23 v rámci diaľkového štúdia. Mnohí z nich dnes zaujímajú vedúce miesta a zodpovedné postavenie v odbornej praxi.

Od roku 1966 pôsobia pri katedre komisie pre rigorózne skúšky z inžinierskej geológie a z hydrogeológie. Do konca roku 1976 bolo udelených 52 titulov doktorov prírodovedy (RNDr.).

Katedra je školiacim pracoviskom vedeckých aspirantov v odboroch inžinierskej geológie a hydrogeológie a pôsobiskom komisií pre udeľovanie vedeckých hodností, pred ktorými obhájilo kandidátske dizertačné práce (CSc.) 21 inžinierskych geológov a hydrogeológov.

Katedra inžinierskej geológie FGGV vznikla reorganizáciou Geologického ústavu SVŠT, od ktorého prevzala základný inventár, miestnosti v budove Stavebnej fakulty SVŠT na Gottwaldovom námestí, ako aj pracovníkov a zamestnancov. Členovia malého a mladého kolektívu — Ing. M. Matula, asistenti dr. A. Nemčok, dr. J. Hanáček a J. Šajgalík — s elánom plnili nové organizačné, pedagogické i vedeckovýskumné úlohy.

V roku 1957 katedra vstúpila do zväzku novovytvoreného fakultného vedeckovýskumného geologicko-geografického ústavu, v ktorom odvtedy vykonáva všetku svoju výskumnú činnosť.

Významným medzníkom vo vývoji katedry bol rok 1958. Vedúci katedry doc. Matula si čoraz viac uvedomoval, že treba rozšíriť prípravu špecializovaných odborníkov aj v oblasti hydrogeológie. Po dlhšom rokovaní s poverenctvom školstva dosiahol, že na základe pozvania už v tom istom roku na katedre po celý semester prednášal a terénnu prax diplomantov a asistentov viedol vynikajúci hydrogeológ prof. A. M. Ovčinnikov z Moskovského geologicko-prieskumného inštitútu. Od toho času sa činnosť katedry rozšírila na jej dnešný vedecko-pedagogický profil, čo sa prejavilo aj v novom názve Katedra inžinierskej geológie a hydrogeológie.

V roku 1959 sa katedra vzhľadom na rozrastajúce sa úlohy pri výchove odborníkov i vo výskume zriekla pedagogickej činnosti na Stavebnej fakulte a uvoľnila pre novovzniknutú Katedru priehrad, zakladania stavieb a geológie (t. č. Katedra geotechniky) na SVŠT dr. A. Nemčoka a dr. J. Šajgalíka. V tom istom roku bola, žiaľ, zrušená aj Fakulta geologicko-geografických vied a včlenená do Prírodovedeckej fakulty UK.

Katedra počas 16 rokov (1952—1968) zaznamenala trojnásobný vzrast počtu pracovníkov. Z pôvodných 9 sa rozšírila na 26 a v súčasnosti na nej pracuje 30 pracovníkov.

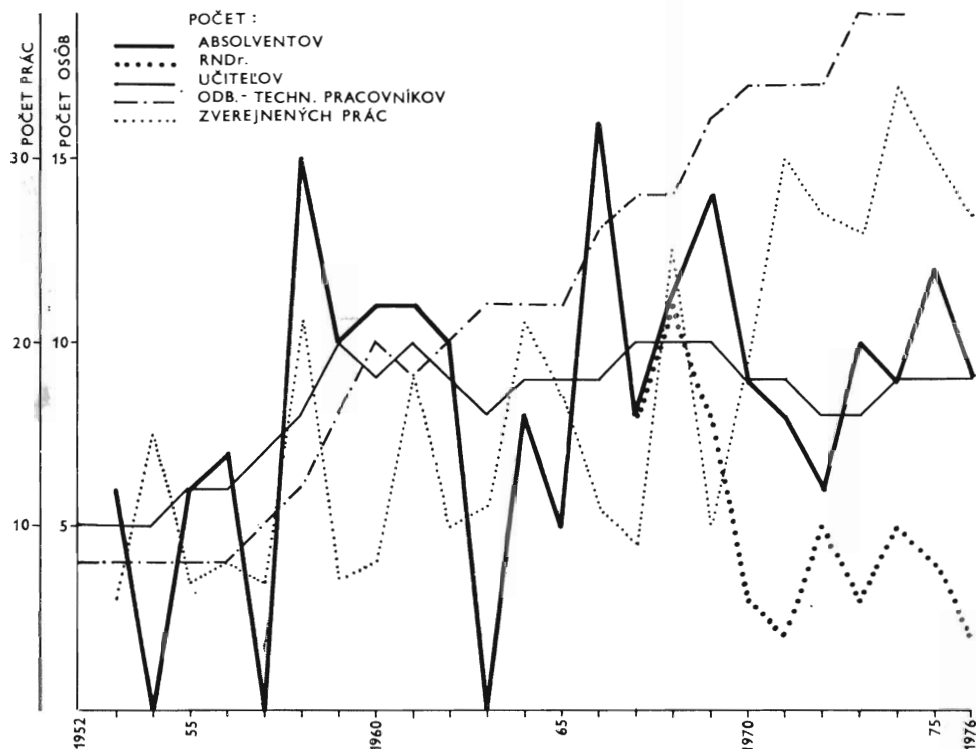
Počet pedagógov sa riadil potrebami učebného plánu a od roku 1958—1959 sa ustálil na 8—10 učiteľoch. Práve v tejto kategórii podstatne vrástla kvalifikácia: kým katedra začínala s 1 zástupcom profesora, 1 vedeckým aspirantom a 3 asistentmi, v súčasnosti sú na katedre 2 profesori, 3 docenti a 4 odborní asistenti. Rýchlejšie rástli počty pracovníkov vedeckovýskumnej základne. Pretože intenzívny výskum bol vždy jedným z oporných pilierov v koncepcii rozvoja katedry, preberala na seba stále viac a náročnejších výskumných úloh, na ktoré ministerstvá školstva i výstavby a techniky postupne prideliovali aj nové sily. Z pôvodných 4 technicko-administratívnych pracovníkov na katedre v roku 1960 vzrástol ich počet na 10 (budovanie odboru hydrogeológie, význam-

né inžinierskogeologické akcie v súvislosti s vodnými dielami na Dunaji). V súčasnosti sa na katedre okrem pedagógov na výskumnej práci zúčastňuje 20 pracovníkov (z toho 2 vedeckí, 7 odborných a 8 technických).

Katedra trpela najmä nedostatkom priestorov. Až do roku 1970 sa tiesnila v niekoľkých miestnostiach na Gottwaldovom námestí. Konečne sa podarilo vybudovať nových 18 miestností v Petržalke a zariadiť tu laboratória.

Vo výskume začínala katedra v roku 1952 doslova len s kladivom a kompasom. Nejestvovali dlhodobé plány výskumu, ale bolo mnoho požiadaviek rozličných štátnych inštitúcií na inžinierskogeologické posudky i výskum, ako aj dobrá tradícia využívať celú letnú sezónu na terénne práce, na ktorých sa pravidelne zúčastňovali aj študenti. V rokoch 1952—1963 boli výskumné práce zamerané hlavne na orientačný výskum podmienok budovania vodných diel na slovenských riekach, ako aj na podrobný prieskum pre niektoré veľké hydrotechnické stavby (Nosice, Dunaj I a III). Veľká pozornosť sa venovala prieskumu základovej pôdy mnohých miest, včítane Bratislavy. Veľký dôraz sa kládol na rozpracúvanie novej metodiky, ktorú si potom osvojovali aj pracovníci v praxi (napr. rajonizácia údolí na využitie vodných tokov, podrobné inžinierskogeologické mapy projektovaných vodných nádrží, komplexný podrobný prieskum oblasti Kravian pre vodné diela na Dunaji).

Koncom päťdesiatych rokov sa ťažisko prác presunulo na dlhodobé výskumné úlohy štátneho plánu. Orientovali sa na komplexný regionálny výskum, roz-



pracúvanie novej metodiky inžinierskogeologického mapovania (Zvolenská kotlina) a začínal sa robiť dlhodobý hydrogeologický výskum. Katedra si budovala laboratória mechaniky zemín, hydrochémie i novú terénnu techniku (strojnú i ručné vrtné súpravy, poľné laboratória, meracia technika atď.). Naša vedecko-výskumná i organizačná práca získala veľké uznanie, keď sa v rokoch 1961—1965 katedra stala celoštátnym koordinačným pracoviskom v inžinierskogeologickom a hydrogeologickom výskume rezortu ministerstva školstva (úloha 05.03 a — i). Nové úlohy boli tímové, dlhodobé a komplexné, prechádzali čoraz viac do oblastí metodologického a teoretického výskumu. Popri terénnych prácach sa postupne stále zvyšoval podiel náročných laboratórnych skúšok a pokusov. Konečným cieľom vždy však bolo praktické využitie výsledkov.

Výskum obdobia 3. päťročného plánu (1960—1965) bol tematicky orientovaný najmä na regionálne štúdium inžinierskogeologických a hydrogeologických pomerov na Slovensku, na inžinierskohydrogeologický výskum, na odvodňovanie ložísk nerastných surovín i na zavlažovanie a odvodňovanie poľnohospodárskych rajónov, na komplexný inžinierskogeologický, geotechnický a hydrogeologický výskum podmienok výstavby vodných diel na Dunaji, na riešenie úloh hydrauliky podzemných vôd s využitím metód modelovania na analógových počítačoch. V komisii RVHP sme spolupracovali na príprave novej metodiky a smerníc na zostavovanie inžinierskogeologických máp. Veľkú pozornosť sme venovali štúdiu a registrácii zosuvných procesov na Slovensku (1961—1964).

Po úspešných verejných oponentúrach výskumných úloh, ktoré odmenilo prémiami ministerstvo školstva, začala katedra pracovať na novom výskumnom programe 4. päťročného plánu (1966—1970) s týmto tematickým zameraním: systematický výskum hornín Slovenska a ich inžinierskogeologická typológia; štúdium vlastností hornín v kôre zvetrávania, štúdium preliačovania spraší, štúdium inžinierskogeologického významu krasu; inžinierskogeologická rajonizácia Slovenska; štúdium podzemných vôd na Slovensku z hľadiska stavebníctva (s osobitným zreteľom na ich agresívnosť); výskum neustáleného prúdenia preplynenej kvapaliny v pórovitom prostredí. Súčasne sa riešil rad ďalších úloh zameraných na komplexný inžinierskogeologický a hydrogeologický výskum povodia Nitry a Turca, na režimové štúdie podzemných vôd v nížinných oblastiach, ako aj v súvislosti s revíziou ochranných pásiem niektorých kúpeľov, s ochranou juhoslovenských uhoľných baní atď. Aj tieto úlohy boli úspešne skončené a ministerstvo školstva ich vysoko ocenilo.

Katedra znovu ako koordinátor hlavnej úlohy II-8-7 štátneho plánu bádateľského výskumu pokračovala v rokoch 5. päťročného plánu (1971—1975) v usilovnej práci a zo 14 čiastkových úloh tohto programu sama vyriešila štyri. Hlavná úloha bola zameraná na riešenie troch základných okruhov aktuálnej inžinierskogeologickej problematiky:

- a) Výskum horninového materiálu a horninových masívov (zostavenie Inžinierskogeologického atlasu hornín Slovenska; pasportizácia a typizácia hornín; racionalizácia ich výskumu; štúdium hornín v kôre zvetrávania a i.).
- b) Výskum svahových pohybov (klasifikácia, regionálny prehľad; svahové deformácie vo vysokých pohoriach, na okraji kotlín a v treťohorných panvách; meranie a modelovanie pohybov).
- c) Inžinierskogeologické mapovanie a rajonizácia (racionálne metódy včítane geofyzikálnych a hydrogeologických; typologická rajonizácia a geotechnické hodnotenie pomerov atď.).

Bohaté výsledky výskumu, na ktorom sa zúčastňovalo 8 vysokoškolských a akademických pracovísk z celej ČSSR, boli predložené širokej odbornej verejnosti na osobitnom celoštátnom Sympóziu o inžinierskogeologickom výskume horninového a krajinného prostredia, ktoré organizovala katedra 14.—15. júna 1976.

Celý výskum katedry sa vykonáva v rámci samostatného oddelenia inžinierskej geológie a hydrogeológie Geologického ústavu PF UK, ktorý je integrovaným pracoviskom všetkých geologických katedier fakulty. Je to doteraz jediné pracovisko vedeckovýskumnej základne na Slovensku v odbore inžinierskej geológie. Jeho výskum, ako vidieť, zasahuje veľmi široký okruh základných problémov inžinierskej geológie a hydrogeológie a vykonáva sa v rovine teoretického a metodologického bádania, zasahuje do aplikovaného výskumu, ba v mnohých dôležitých prípadoch (napr. pri výstavbe vodných diel) aj do priamej spolupráce pri tvorbe a realizácii projektov.

Na výskumnej práci sa vo veľkom rozsahu zúčastňujú študenti, najmä však väčšina diplomantov katedry. Celý rad rigorózných prác a kandidátskych dizertácií vychádza z výsledkov výskumných prác katedry.

Výraznou črtou vedeckovýskumnej práce katedry je:

- a) komplexnosť a kolektívnosť riešenia veľkých úloh;
- b) rozpracúvanie teoretických a metodologických problémov inžinierskej geológie;
- c) široká medzinárodná spolupráca a účasť katedry na medzinárodných programoch v rámci RVHP, Karpatsko-balkánskej geologickej asociácie (KBA) a Medzinárodnej asociácie inžinierskej geológie (IAEG) a UNESCO.

Výsledky vedeckej a odbornej činnosti katedry boli do r. 1976 zhrnuté v 275 publikáciách a 129 záverečných výskumných prácach.

Rozvíjajúc najširšiu spoluprácu s domácimi i zahraničnými partnermi, využívajúc mocné stimuly ustavičnej konfrontácie vlastnej práce s najlepšimi výsledkami iných pracovísk — to bola vždy súčasť koncepcie budovania Katedry inžinierskej geológie a hydrogeológie UK.

Preto sme stále presadzovali predovšetkým činnosť geologických katedier vlastnej fakulty v oblasti pedagogickej práce i v komplexnom riešení veľkých výskumných úloh, na čo vytvára spoločné vedecké pracovisko geologický ústav fakulty priaznivé predpoklady.

Široká je aj spolupráca so sesterskými katedrami iných vysokých škôl v ČSSR: s pracovníkmi Katedry geotechniky SVŠT v Bratislave (väčšina z nich sú naši absolventi alebo bývalí učitelia); s Katedrou geotechniky VUT Brno, najmä účasťou v spoločnom programe vedeckého výskumu; s Katedrou geotechniky ČVUT v Prahe, ktorej vedúci akademik Q. Záruba sa vždy veľmi rozhodne zasadzoval za jestvovanie a rozvoj našej katedry; s Katedrou hydrogeológie a inžinierskej geológie v Prahe, najmä v oblasti hydrogeologického výskumu.

Veľmi plodná spolupráca sa rozvinula v rokoch 1959—1965 s oddelením inžinierskej geológie Geologického ústavu ČSAV v Prahe (Ing. J. Pašek, CSc.) pri vypracúvaní novej metodiky zostavovania inžinierskogeologických máp a pri celoštátnej registrácii zosunov. Kolektív oddelenia mechaniky hornín Hornického ústavu ČSAV veľmi prispel k vybudovaniu nášho laboratória mechaniky hornín. S Geologickým ústavom D. Štúra jestvuje dlhodobé úzke spojenie v hydrogeologickom výskume a inžinierskogeologickom mapovaní.

Osobitne významná pre katedru bola dobrá spolupráca s Ústavom stavebnej

geológie a neskôr s národným podnikom Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum v Žiline. Po viac rokov sa medzi školou a podnikom uzatvárali a plnili obsažné dohody o vzájomnej spolupráci. ÚSG venoval katedre základné vybavenie laboratória mechaniky zemín. V roku 1958—1962 nadobudla najväčší rozsah spolupráca vo výskume v súvislosti s prípravou výstavby vodných diel na Dunaji. V minulých rokoch veľa diplomantov pripravilo svoje práce na pracoviskách podniku.

Tradičnou možno už nazvať spoluprácu katedry so sesterskými univerzitami socialistických štátov. Už od päťdesiatych rokov sa rozvíjali živé osobné a písomné styky, spoločné exkurzie, výmena materiálu i publikácií najmä s katedrami inžinierskej geológie a hydrogeológie na univerzite Lomonosova v Moskve (profesori Sergejev, Popov, Zolotarjev, Golodkovskaja), na Moskovskom geologickoprieskumnom inštitúte (prof. Ovčnikov, Kolomenskij, Komarov), Banskom inštitúte v Leningrade (prof. Lomtadze), na Univerzite vo Varšave (prof. Kowalski), na Bergakademie vo Freibergu (prof. Reuter), na Univerzite M. Luthera v Halle (prof. Hohl), na Geologickoprieskumnom inštitúte a v Akadémii vied v Sofii (prof. Kamenov, Antonov, Demirev), na Technickej univerzite v Budapešti (prof. Papp, Kertész), na Univerzite v Belehrade (prof. Janjič, Milojevič, Kujundžič, Filipovič, Perič), v Santiagu de Cuba, ako aj s ďalšími pracoviskami zahraničných vysokých škôl a akadémií socialistických štátov. Dobré styky udržiava katedra aj s mnohými ústavmi inžinierskej geológie na univerzitách vo Francúzsku, Anglicku, NSR, Švajčiarsku, Taliansku, USA, Kanade atď.

Kolektív Katedry inžinierskej geológie a hydrogeológie UK hrdo bilancuje úspechy svojej 25-ročnej pedagogickej i vedeckej činnosti. Veľmi kriticky vidí aj nedostatky. Má chuť i dobrú vôľu prácu ďalej rozvíjať na prospech našej socialistickej spoločnosti.

MINERALIA SLOVACA, roč. 9, č. 5 (41)

Vydal Geologický prieskum 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 slovaca, p. p. A-21, 040 51 Košice, Stará Spišská cesta, tel. 385 32

Vytlačili Východoslovenské tlačiarne, n. p., Košice

Rukopis zadaný v júli 1977, vytlačené v novembri 1977, 7,44 AH, 7,61 VH

Povolené Slovenským úradom pre tlač a informácie č. 9/11

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.

<i>Miroslav Hrašna — Ladislav Šikula: Využitie leteckých snímok pri inžiniersko-geologickom mapovaní Záhorskej nížiny — Use of aerial photographs in engineering mapping of the Záhorská nížina</i>	399
<i>Milan Slivovský: Skalné zrútenie pri Podbieli ako dôsledok rozvoľňovania tektonicky porušeného masívu — Rock fall near Podbiel Due to loosening of tectonically dislocated rock mass (NW part of Slovakia)</i>	405

RECENZIA

<i>Vladimír Letko: Inžinernaja geologija — Inžinernaja geodinamika (V. D. Lomtadze)</i>	374
---	-----

KRONIKA

<i>Milan Matula: Štvrtstoročné jubileum Katedry inžinierskej geológie a hydrogeológie Univerzity Komenského</i>	411
---	-----

SLOVENSKÝ
GEOLOGICKÝ ÚRAD
– BRATISLAVA

INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ
A HYDROGEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P., ŽILINA

NAFTA, K. P., GBELY

GEOLOGICKÝ
PRIESKUM, N. P.,
SPIŠSKÁ NOVÁ VES