

S ÚHRNNÝ REFERÁT

Aktuálne problémy inžinierskej geológie a hydrogeológie pri riešení úloh stavebníctva

PETER WAGNER

Katedra inžinierskej geológie PFUK, Zadunajská 15, 851 01 Bratislava

(3 obr. a 1 tab. v texte)

Doručené 9. 7. 1984

Актуальные проблемы инженерной геологии и гидрогеологии при решении задач строительства

Обработаны и комментированы основные мысли из 12 работ тематически направленных на задачи инженерногеологического исследования для разных типов строительства. Анализ проблем включённых в работы, отражает самые актуальные задачи инженерногеологической разведки, вытекающие из требований проектировщиков для разных типов в настоящее время реализованных построек.

Actual problems of engineering geology and hydrogeology in the solution of tasks of civil engineering

In the comprehensive report presented on Engineering Geological Symposium organized at the occasion of Prof. Ing. M. Matula DrSc's 60th birthday, the most substantial ideas from 12 contributions are treated and commented. These contributions turned attention to the tasks of engineering geological and hydrogeological research for various branches of civil engineering. An analysis of problems contained in contributions reflects the most actual targets of engineering geological research resulting from the requirements of designers for various kinds of constructions realized currently.

Analyzovať tesnú spätosť a tradície inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu pre stavebníctvo asi ani netreba, veď bez nadsádzky možno konštatovať, že vznik a vývoj inžinierskej geológie si vyžiadali aktuálne potreby každodennej praxe na staveniskách najrozmanitejšieho charakteru. Práve v stavebnej praxi sa najmarkantnejšie

prejavila potreba inžinierskogeologického a hydrogeologického hodnotenia územia bezprostredne aplikovateľného v jednotlivých štádiách projektovej prípravy stavieb.

Význam inžinierskogeologického prieskumu a hodnotenia územia stavenísk narastal úmerne s náročnosťou projektovaných stavieb. Ale postupom času sa ustálil tradičný okruh

inžinierskogeologických problémov špecifických pre základné obory stavebníctva — pre pozemné, priemyslové, dopravné, hydrotechnické aj podzemné stavby. Najpodstatnejšie zásady metodiky inžinierskogeologického prieskumu pre základné druhy stavebníctva sa už sformovali a charakterizujú ich viaceré príručky a učebnice, ktoré sa však na základe nových skúseností a náročnosti riešených problémov dopĺňajú a spresňujú.

Okruh sfér spoločensko-technickej činnosti vyžadujúcich odborné inžinierskogeologické hodnotenie sa ďalej rozširuje. Hneď v úvode chceme poukázať na netradičné a metodicky sa iba formujúce smery inžinierskogeologického prieskumu, ako je napr. inžinierskogeologický prieskum pre sanáciu a rekonštrukciu historických pamiatok, ako aj prieskum pre realizáciu odvalov banskej hlušiny a priemyselného odpadu.

Inžinierskogeologický prieskum pre sanáciu a rekonštrukciu historických pamiatok

Napriek tomu, že sa prieskum takéhoto zamerania sporadicky vykonával aj v minulosti, aktuálnosť problematiky sa výrazne prejavila najviac v poslednom období v súvislosti s novými aspektmi modernej výstavby, vplývajúcimi na dlhodobú stabilitu historických objektov (napr. náročné pozemné stavby v historických jadrách miest, negatívne vplyvy výstavby a prevádzky diaľnic, letísk,

podzemných stavieb atď.). Osobitosti a základné črty metodiky inžinierskogeologického prieskumu pre sanáciu a rekonštrukciu historických pamiatok na základe bohatých údajov z literatúry a aplikácie vlastných poznatkov zo štúdia podobného charakteru zhrnul J. Malgot (Inžinierskogeologické sympózium..., 1984, s. 74—87). Poukazuje na to, že hlavnou úlohou prieskumu je zistiť podmienky, faktory a príčiny porušenia študovaného historického objektu. Keďže príčinou porušenia nemusí byť iba negatívna interakcia s vlastným geologickým prostredím, nie je inžinierskogeologický prieskum realizovateľný bez úzkej spolupráce s radom špecialistov z rozličných odborov (tab. 1). Vlastný inžinierskogeologický prieskum vychádza z predstavy, že poruchy sú dôsledkom negatívnych zmien geologického prostredia, a preto sa zameriava predovšetkým na prieskum zmien zloženia a vlastností základovej pôdy (zvetrávanie podzákladia, presadenie spraše, sufózia, podkopanie a poddolovanie územia), prieskum zmien hladiny podzemnej vody (jej zvýšenie, resp. zníženie), na posudzovanie vplyvu zmien napätostného stavu v základovej pôde (zväčšenie zafazenia základovej pôdy pri sanácii, nerovnomerné sadnutie), vplyvu zmien stability svahov (gravitačné pohyby blokového typu, zosuvné pohyby), ako aj posudzovanie vplyvu dynamických účinkov (zemetrasenia, umelé otrasť). Iba objektívne zhodnotenie príčin porušenia objektu dovoľuje vypracovať návrh na jeho efektívnu sanáciu.

*Prieskum na zisťovanie príčin porušenia historického objektu
(podľa Malgota, 1984)
Investigations aimed to state the causes of failure of a historical object*

Tab. 1

Typ prieskumu	Náplň prieskumu
Stavebno-technický	Analýza zmien konštrukčného materiálu v čase Štúdium úprav nosných konštrukcií v minulosti
Architektonicko-historický	Prehodnotenie údajov o poruchách objektu v minulosti
Geotechnický	Analýza správnosti založenia objektu
Inžinierskogeologický	Analýza zmien geologického prostredia

Inžinierskogeologické hodnotenie realizácie odvalu banskej hlušiny a priemyselného odpadu

Napriek tomu, že táto problematika okrem inžinierskej geológie patrí aj do náplne viacerých oborov, považovala sa vždy za viacmenej okrajovú a jej vplyvu sa neprikladal mimoriadny praktický význam. Nesporne to súviselo s faktom, že sa haldy vytvárali v priestoroch mimo aktívneho dosahu stavebnej činnosti a ich prípadné porušenie nemalo z praktického hľadiska nijaký negatívny vplyv. Až v súvislosti so stálym zmenšovaním priestorov na ich zriaďovanie a s čoraz náročnejšími otázkami ochrany životného prostredia a s priamym negatívnym mechanickým vplyvom hald na priľahlé stavebné diela v oblasti ich vzájomného kontaktu sa začala tejto problematike venovať zaslúžená pozornosť. Azda najvýraznejším impulzom bola prietrž hrádze v bočnom údolí rieky Nitry, do ktorého sa naplavoval popolček z tepelnej elektrárne v Novákoch. Prívalová vlna vody a popolčeka výšky 10–12 m zaplavila údolie a vyznela do vzdialenosti 5–6 km. Koryto rieky sa zdvihlo o 0,5 m a na dlhší čas sa znehodnotila riečna a podzemná voda, ako aj príľahlá poľnohospodárska pôda až do vzdialenosti 110 km (Letko, Matys, Tavoda, 1980).

Je pochopiteľné, že starosti so zriaďovaním odvalov a hald sú najaktuálnejšie v oblastiach s intenzívnou banskou činnosťou, resp. v okolí rozsiahlych priemyselných aglomerácií. Ostravsko, s významnou koncentráciou ťažobného priemyslu a s ním súvisiacich zložiek, patrí z tohto hľadiska asi medzi najcharakteristickejšie územia. Podľa orientačných údajov je tu okolo $452 \cdot 10^6$ m³ hlušiny uložených v 90 evidovaných odvaloch. Na základe analýzy stability viacerých z nich dospel J. Nešvara (ibid., s. 160–169) k poznatku, že deformácia okrajov odvalov zásadne závisí od povahy podložia a intenzity sypania hlušiny. Podľa charakteru podložia rozlišuje odvaly na stabilnom podloží (mocná vrstva štrku, karbónske horniny), v ktorých sa až do výšky 80 m iba pomaly tvaruje odval od vlastnej hmotnosti bez výraznejšej zmeny pôvodnej formy, a na odvaly na relatívne nestabilnom podloží (ílovec kriedy, paleogénu alebo neogénu, príp. kvartérne súdržné sedimenty), ktorých stabilita úzko súvisí s výškou odvalu a rýchlosťou prifažovania. Po prekročení kritickej výšky (okolo 20 m na neogén-

nom podloží, 25–30 m na kriedovom ílovci) nastáva subhorizontálny posun čela odvalu a vytvára sa lomený svah (obr. 1a). Tieto prejavy sú oveľa intenzívnejšie pri vyšších odvaloch, kde v dôsledku vyššieho pórového a celkového napätia nastáva plastizácia väčšej oblasti podložia a intenzívnejšia deformácia predpolia odvalu do vzdialenosti 2,5 až 10 m. Deformácie tohto druhu v predpolí odvalu NHKG výrazne porušili viaceré objekty (obr. 1b).

Širšia analýza stabilitných problémov viedla k praktickému záveru, že medzná výška odvalov v miestnych podmienkach na neogénom íle je 20 m. Pri vyšších odvaloch treba počítať s deformáciami, ktorých charakter a dosah sa doteraz zvyčajne určujú iba metódou analógie a kvalifikovaného odhadu, pretože bežné výpočtové modely nie sú vhodné a určovať vstupné údaje na tieto výpočty je problematické (pre značnú heterogénnosť materiálu odvalov).

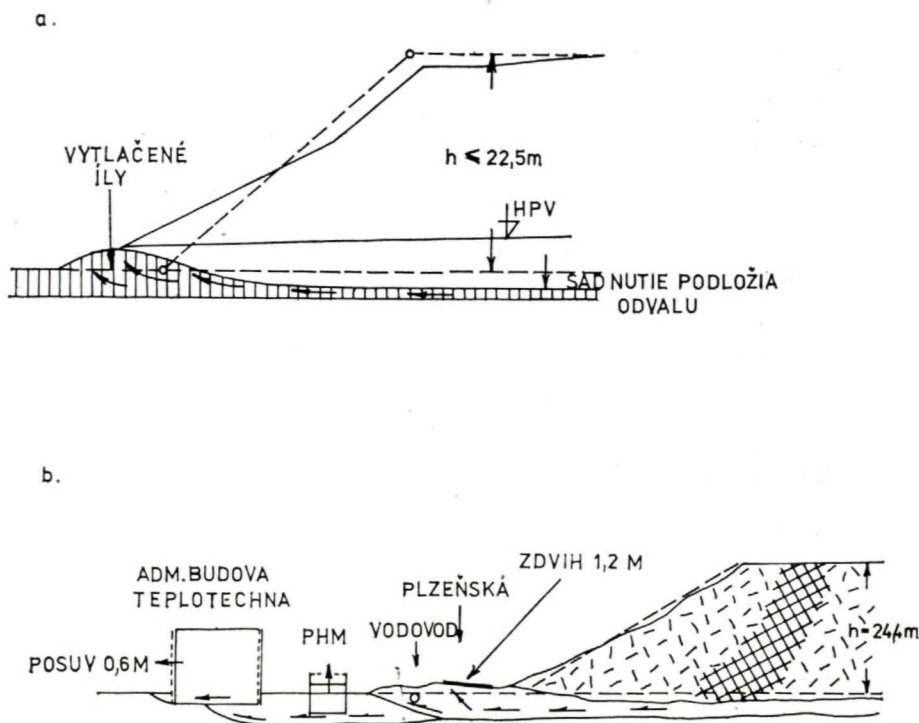
Inžinierska geológia v pozemnom a priemyselnom stavebníctve

Ako sme už uviedli, aj tradičný inžinierskogeologický výskum pre rozličné druhy stavieb nadobúda nové aspekty podmienené náročnosťou projekčných zámerov, ale aj požiadavkami na maximálnu detailnosť a súčasnú ekonomickosť prieskumu. Sotva dnes obstoja staršia predstava o tom, že v podstate najjednoduchšie sú inžinierskogeologické problémy pri pozemných a priemyslových stavbách. Stačí len spomenúť nároky, aké na inžinierskogeologický prieskum dnes kladú projekty rozsiahlych sídlisk v zložitých prírodných pomeroch (napr. v Handlovej, Košiciach, Zvolene a i., Nemčok, 1982) alebo projekty priemyslových komplexov, medzi ktoré možno zaradiť aj extrémne náročné posudzovanie základových pomerov pre výstavbu jadrových energetických zariadení (Otepalka — Hošek — Hrašna, 1981). Zaužívané posudzovanie stability územia, únosnosti a stlačiteľnosti základovej pôdy a hydrogeologických pomerov sa v takýchto prípadoch dostáva na kvalitatívne vyššiu úroveň, prípadne hodnotenie niektorých, často viacmenej schematicky posudzovaných črt prírodného prostredia (napr. neotektonickej aktivity častí územia, jeho seizmicity), sa dokonca stáva rozhodujúcim kritériom pre realizáciu istých druhov pozemných a priemyslových stavieb (napr. jadrových energetických zariadení).

Ale nemení sa iba druh a rozsah problémov posudzovaných inžinierskogeologickým prieskumom, lež aj jeho vlastná metodika. Národným príkladom je dôsledný inžinierskogeologický prístup vychádzajúci zo zásad regionálnej klasifikácie základových pôd, ktorý pri posudzovaní základových pomerov sídliska vo Vsetíne použil V. Mencl — A. Novák (ibid., s. 97—103). Stavenisko je vo veľmi pestrých geologických (zlinske vrstvy magurského flyšu s premenlivou mocnosťou zvetraninového plášťa, dve terasové úrovne pokryté nerovnakou mocnou svahovou aj náplavovou hlinou), geomorfologických (miestami svahy strmé viac ako 20°) a hydrogeologických (vysoká hladina podzemnej vody v prolúviálnych aj aluviálnych sedimentoch) pomeroch. Zásady

klasifikácie základových pôd dovolili rozdeliť územie na okrsky s približne rovnakými inžinierskogeologickými problémami výstavby a z nich vyplynuli stavebno-technické opatrenia a návrh najvhodnejšej lokalizácie objektov.

Okrem inžinierskogeologického hodnotenia zákonitostí geologickej stavby v priestore staveniska návrh technicky aj ekonomicky najvhodnejšieho spôsobu zakladania pozemných stavieb v značnej miere ovplyvňuje presnosť hodnotenia vlastností základovej pôdy. J. Škopek (ibid., s. 87—97) na základe dlhodobých pozorovaní sadania 30 objektov v rozmanitých typoch základovej pôdy konštatuje, že vypočítané hodnoty sú zvyčajne väčšie (niekedy až mnohokrát) ako skutočné sadnutie. Analýzou výpočtových vzťahov, ktoré udáva



Obr. 1. Svahové deformácie ostravských odvalov (Nešvara, 1984). a — deformovaný okraj odvalu na neogénnom íle (lomený svah — šmyková plocha v hlušine sa ešte nevytvorila), b — deformácia odvalu NHKG, ktorá výrazne narušila objekty Teplotechny a iných organizácií

Fig. 1. Slope movements on dumps in Ostrava (Nešvara, 1984). a — deformed dump margin on Neogene clay (slope warp; the shear surface in the waste did not yet create), b — dump deformation at the NHKG plant pronouncedly disturbing objects of Teplotechna and other firms

ČSN 73 1001, dospel k záveru, že príčinou takéhoto nesúladu sú nesprávne hodnoty modulov deformácie (moduly určené v laboratóriu sú totiž nižšie ako moduly in situ). Norma to berie do úvahy empirickou úpravou modulu deformácie koeficientom m_1 , resp. m_2 . Ale z porovnania vypočítaných sadnutí so skutočnými deformáciami rozličnej základovej pôdy vyplýva, pri ktorých typoch hornín je oprava dostatočná a kde by bolo vhodnejšie opravený koeficient pozmeniť. Najvýraznejšie rozdiely zistil v spraši pri nízkych hodnotách kontaktného napätia v základovej škáre (skutočný modul deformácie tu zodpovedá až päťnásobku laboratórne zisteného modulu), v prekonsolidovanom pevnom až tvrdom íle s piesčitými a štrkovými vložkami (skutočný modul deformácie je trojnásobkom laboratórne zisteného) a v eluviálnych pevných a tvrdých piesčito-ílovitých zeminách (skutočný modul deformácie je dvaapokrát väčší ako laboratórne zistený). Na základe dlhodobých pozorovaní sadania stavieb v iných geologických podmienkach treba zodpovedajúce opravné koeficienty odvodiť aj pre ďalšie typy základovej pôdy.

O význame hydrogeologických pomerov v stavebníctve názorne svedčí to, že okrem vlastností základovej pôdy môže práve hĺbka a charakter podzemnej vody s konečnou platnosťou rozhodnúť o type základov a postupe zakladania. Veľmi častým problémom nielen pri zakladaní pozemných a priemyslových stavieb, ale všeobecne pri výstavbe rozličného druhu je odvodňovanie stavebnej jamy a jeho časový predstih pred vŕkopovými prácami. Všeobecné zásady a úlohy hydrogeologického prieskumu pri odvodňovaní v stavebníctve zhrnul I. Mucha (ibid., s. 103—111). Okrem základných faktorov, ako je koeficient filtrácie a zásobnosti, návrh odvodnenia a odvodnenie zvodneného prostredia, závisí hlavne od správnej charakteristiky okrajových podmienok na hraniciach zvodnenej vrstvy, filtračnej anizotropie a heterogenosti, hĺbkového dosahu odvodnenia a iných možností napájania odvodňovaného geologického prostredia. Tieto faktory majú význam hlavne pri dlhodobom odvodňovaní a mnohé z nich možno ovplyvniť technickými prácami (napr. vysoká priepustnosť sa dá znížiť vybudovaním málo priepustných stien). Pre správne odvodnenie je dôležitý aj vhodný návrh a realizácia projektu hydrogeologických prieskumných prác, pričom treba pouká-

zať na možnosť využitia zákonitostí superpozície výsledkov hydrogeologického prieskumu.

Inžinierska geológia v dopravnom stavebníctve

Špecifické požiadavky na dopravné stavby rozšírili okruh problémov riešených inžinierskogeologickým prieskumom. Napriek tomu, že sa od základného okruhu otázok principiálne neodlišujú, predsa len sa napr. otázky stability svahov na základe rozsiahlých skúseností pokladajú za „najvlastnejšie“ práve pre dopravné stavebníctvo. Kým pri pozemných stavbách projektovaných na nestabilnom území je zvyčajne možnosť premiestniť stavenisko, resp. navrhnuť jednoduchú stabilizáciu, pri dopravných stavbách takej možnosti často niet, a preto treba posudzovať, resp. prijať trasu aj v nestabilných úsekoch, a to za cenu sanačných opatrení rozličného druhu a vysokých nákladov. To sa v ostatnom období zväzňuje pri vedení trás náročných komunikácií v hlbokých zárezoch a odrezoch v súdržnej zemine, kde sú stabilné riešenia veľmi zložitá (Slivovský — Svasta, 1978). Ani zaužívaný náhľad o stabilite skalných stien nie je vždy odôvodnený. Stačí spomenúť náročnú sanáciu svahov železničného zárezu vo zvetranom granodiorite pri Podkriváni (Slivovský, 1981) alebo haváriu a nasledujúcu sanáciu odrezu štátnej cesty v aglomerátovom tufe pri Zvolene (Ondrášik — Holzer — Hyánková — Wagner, 1984). Vplyv svahových porúch na vedenie takého náročného diela, akým je diaľnica, na konkrétnom príklade analyzuje T. Mahr — V. Jánová (ibid., s. 111—119). V súvislosti so stabilitnými otázkami sa v úseku diaľnice D1 medzi Kraľovanmi a Ivachnovou vypracovalo niekoľko alternatív vedenia trasy. O priechode okolo mesta Ružomberok sa v záseade rozhodovalo medzi podzemným variantom vedenia diaľnice popod vrch Čebrať a tzv. rozvinutou povrchovou trasou obchádzajúcou Čebrať z J. Ale sám vrch Čebrať je tektonickou troskou chočského príkrovu na križňanskej jednotke. Presunová plocha príkrovu pri intenzívnej bočnej erózii Váhu slúžila ako šmyková plocha na rozvoj mohutných blokových deformácií, v ktorých predpolí sa vytvorili zosuny prakticky na celom južnom svahu Čebrať. Navrhovaná rozvinutá trasa diaľnice pretína zosuny a vzhľadom na nákladnosť a neistý výsledok sanácie je z inžinierskogeologického hľadiska nevhodná. Rozbor prírodných podmienok teda poukazuje

na to, že fakty zistené inžinierskogeologickým prieskumom sú často rozhodujúce, že podmienajú výber vedenia trasy dopravných stavieb a môžu vyvolať aj jej zmenu.

Inžinierska geológia v hydrotechnickom stavebníctve

Stabilitné otázky sú spravidla prvoradé aj pri inžinierskogeologickom prieskume pre hydrotechnické stavby, ktoré sa všeobecne z hľadiska prieskumu, technickej realizácie a dlhodobej bezporuchovej prevádzky pokladajú za najnáročnejšie. Dôležitosť správneho hodnotenia stability svahov pri prieskume pre hydrotechnickú výstavbu zdôrazňuje F. Baliak (ibid., s. 119—128). Analyzuje a na príkladoch demonštruje negatívny vplyv svahových pohybov na základné funkčné prvky hydrotechnických stavieb — priehradný profil, brehy vodných nádrží a privádzače vody. Upozorňuje nielen na negatívny vplyv jestvujúcich svahových pohybov, ale aj na to, že hydrotechnické diela môžu vyvolať svahové poruchy pôvodne stabilných svahov. Okrem viacerých ilustračných príkladov zo zahraničnej a domácej praxe bezprostredne aplikuje teoretické poznatky pri prieskume pre nádrž Nová Bystrica, situovanú v horninách karpatského flyšu. Možno očakávať, že vzdutie vody v nej nepriaznivo ovplyvní stabilitné pomery zmapovaných zosunov.

Posudzovaním stability skalných svahov

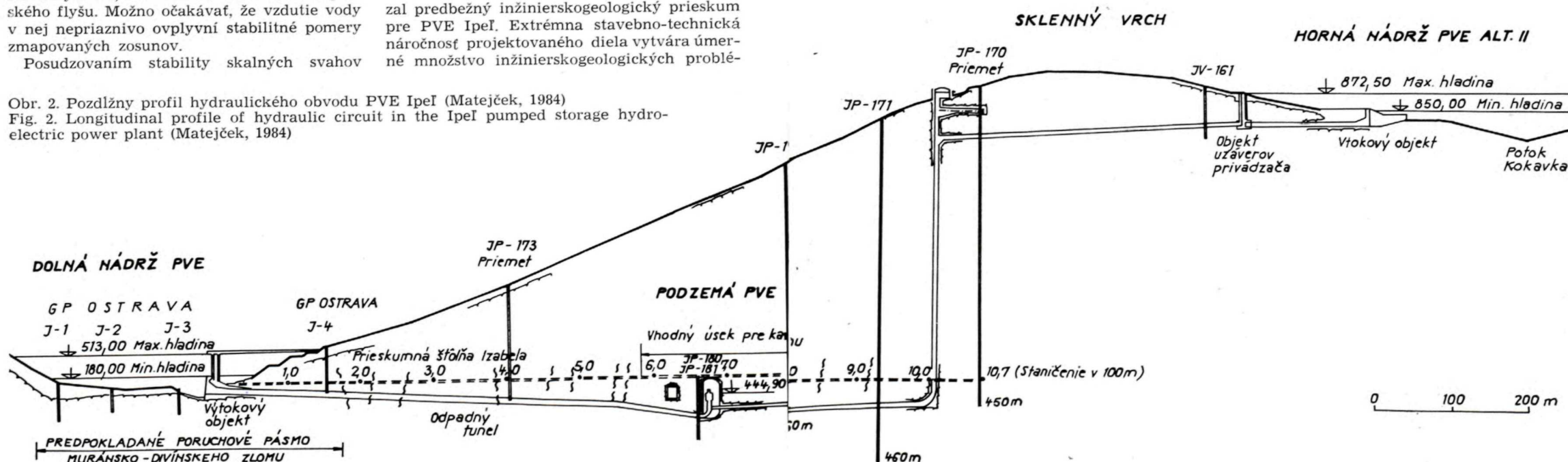
v súvislosti s hydrotechnickou výstavbou sa zaoberá A. Zemanová — R. Holzer (ibid., s. 128—142). Grafické riešenie aplikujú v území projektovanej hornej nádrže PVE Hoskora. Vychádzajú z jednoduchších grafických riešení (napr. metóda Marklanda, in John — Deutsch, 1974), v ktorých sa stabilita posudzuje v podstate na základe vzájomného vzťahu orientácie svahu, hlavných systémov diskontinuit a uhla trenia na plochách diskontinuit. Svahy, ktoré sú podľa tohto riešenia stabilné, sa analyzujú ďalej zložitejšími (a úplnejšími) metódami grafického hodnotenia, ktoré okrem spomenutých prvkov berú do úvahy účinkov seizmickej sily (riešenie Johna, 1968, in John — Deutsch, 1974) a napokon aj vplyv vztlaku vody na bloky horniny (podľa Johna — Deutscha, 1974). Po postupnej analýze stability skalných svahov po severnom obvode projektovanej hornej nádrže PVE Hoskora vyčleňujú nestabilné úseky a v nich kvantitatívne charakterizujú najnepriaznivejšie systémy diskontinuit. Riešenie má všeobecný metodický aj aplikačný význam, pretože otázky stability skalných svahov sú aktuálne nielen v hydrotechnickom, ale aj v iných druhoch stavebníctva (najmä v dopravnom).

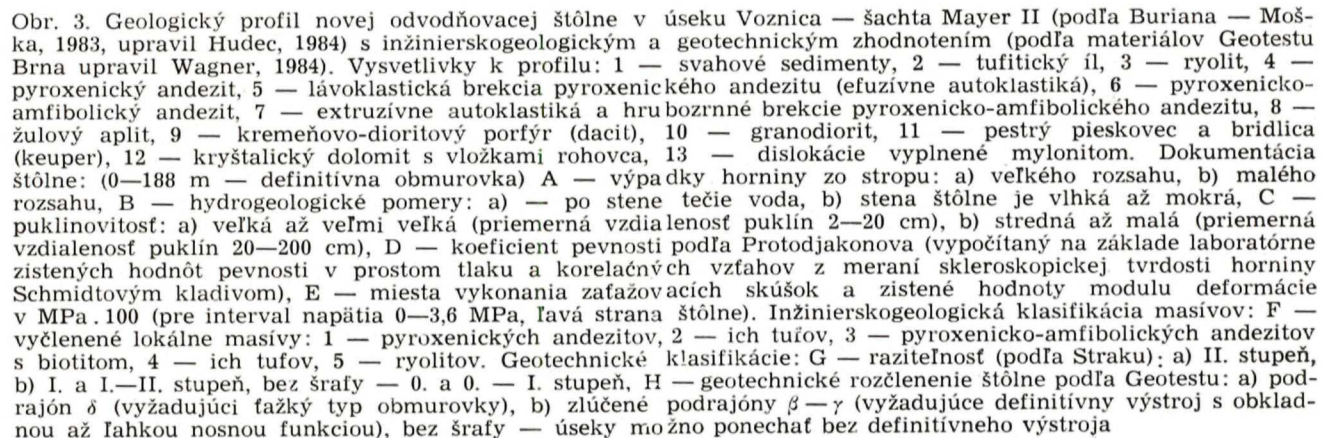
Na stabilitné problémy, ale v kontexte s ďalšími rovnako dôležitými otázkami poukázal predbežný inžinierskogeologický prieskum pre PVE Ipeľ. Extrémna stavebno-technická náročnosť projektovaného diela vytvára úmerné množstvo inžinierskogeologických problé-

mov, veď v podstate ide o vytvorenie dvoch vodných nádrží, ktoré sú funkčne spojené sústavou podzemných diel (teda bez možnosti situovať každý zo zložitých objektov samostatne v najvhodnejších inžinierskogeologických podmienkach). Komplex PVE Ipeľ (obr. 2) sa navyše projektuje do územia, v ktorom horniny veporického kryštalinika výrazne poznačil muránsko-divínsky zlom so sprievodnou poruchovou zónou širokou niekoľko 100 m s prevahou mylonitizovaných hornín. Intenzívne hĺbkové zvetrávanie po tektonických líniiach v neogéne a pleistocéne viedlo v ich okolí k vzniku poloskalných hornín až súdržných zemín (ilu) v hĺbke niekoľko 100 m. Hlavné inžinierskogeologické problémy, na ktoré poukázali výsledky predbežného prieskumu, zhrnul A. Matejček (ibid., s. 142—150). V profiloch hrádze dolnej nádrže sa overila najmä veľká mocnosť (20—25 m) prolúviálnych heterogénnych náplavov, hlboké zvetranie hornín podkladu spôsobujúce ich značnú priepustnosť, ako aj svahové deformácie v miestach pravostranného zaviazania hrádze. Situovanie podzemných diel (predovšetkým kaverny) najvýznamnejšie ovplyvnil priebeh a prejavy muránsko-divínskej zlomovej poruchy regionál-

neho významu. Oproti pôvodnému situovaniu kaverny (700—850 m od ústia prieskumnej štôlne) sa vytyčoval vhodnejší úsek medzi dvoma výraznými poruchovými zónami (v metráži 580—700 m, obr. 2). Ak prieskum pre PVE Ipeľ je rozsahom aj zložitostou v súčasnosti najnáročnejší na Slovensku, nesporné najvýznamnejším hydrotechnickým dielom už v štádiu stavebnej realizácie je vodné dielo Gabčíkovo — Nagymaros. Podstatne odlišné štádiá projektovanej dokumentácie sa odrážajú aj v náplni inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu, ktorý v prípade už realizujúceho sa diela rieši úzko špecializované otázky súvisiace s postupom stavebných prác. Ako je známe, vodná elektrárň a plavebné komory stupňa Gabčíkovo sa zakladajú na zvodnenom piesčitom štrku v dvoch samostatných stavebných jamách nachádzajúcich sa v špeciálnych vaniach, ktoré majú po obvode podzemnú tesniacu stenu a ich dno vytvára preinjektovaný vysokopriepustný štrkový materiál. Aby bolo možno stavebné jamy vyčerpať, projekt predpokladá, že množstvo presakujúcej vody bude zodpovedať koeficientu filtrácie podzemných stien $k = 2.10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ a injektovaného dna $k = 2.10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$. Jediným spôsobom kontro-

Obr. 2. Pozdĺžny profil hydraulického obvodu PVE Ipeľ (Matejček, 1984)
Fig. 2. Longitudinal profile of hydraulic circuit in the Ipeľ pumped storage hydroelectric power plant (Matejček, 1984)





ly utesnenia vane (a teda dodržania projektom zadaného priesaku) je overenie čerpaného množstva po jej vybudovaní. Na to sa v rámci prieskumu vytvorila overovacia vaňa s čerpacími studňami a pozorovacími objektmi a jej tesnosť sa hodnotila čerpacími skúškami po vykonaní každej zo štyroch etáp injektáže (základnej a doplňujúcej bentonitcementovej injektáže, chemickej a doplňujúcej chemickej injektáže). Výsledky experimentu, patriaceho do podetapy prevádzkového inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu, zhodnotil L. Varga (ibid., s. 150–160). Po znížení hladiny sa vnútri overovacieho úseku o cca 20 m čerpané množstvo po jednotlivých etapách injektovania znížilo zo 110 l.s^{-1} na 10 l.s^{-1} , pričom sa projektom stanovené hodnoty koeficienta filtrácie podzemných stien a injektovaného dna dosiahli už po chemickej injektáži. Možno konštatovať, že sa čerpaním na overovacom úseku v plnej miere preukázala požadovaná tesniaca schopnosť podzemných stien a injektovaného dna a získali sa cenné skúsenosti so zisťovaním menej tesných úsekov vane vodnej elektrárne.

Inžinierska geológia v podzemnom stavebníctve

Ešte donedávna zaužívaná predstava o istej výnimočnosti podzemných stavieb sa odrazila aj v zameraní a náplni inžinierskogeologického prieskumu. Napriek tomu, že ide o diela najtesnejšie späté s horninovým prostredím, posudzovanie ich realizácie sa často pokladalo za výlučne bankský, resp. geotechnický problém. Istú úlohu tu zohrala aj relatívna zriedkavosť výstavby takýchto diel. Až rozmach hydrotechnickej a dopravnej výstavby, osobitne pražského metra, poukázal na nevyhnutnosť kvalifikovaného inžinierskogeologického posudzovania podzemných diel.

Pri hodnotení inžinierskogeologických podmienok výstavby podzemných diel sa stále častejšie prejavuje úsilie o kvantitatívne vyjadrenie povahy horninového prostredia. Prehľadnú charakteristiku a kritický rozbor v podzemnom staviteľstve najpoužívanějších zatriedovacích systémov podáva J. Pašek (ibid., s. 169–177). Vychádza zo zhodnotenia starších klasifikácií, upozorňuje na úpravy niektorých z nich (napr. Protodyakonovho

Fig. 3. Geological profile of the new drainage adit in the Voznica — Majer II shaft section (according to Burian — Moško, 1983, modified by Hudec, 1984) with engineering geological evaluation (from the materials of Geotest Brno modified by Wagner, 1984). 1 — slope sediment, 2 — tuffitic clay, 3 — rhyolite, 4 — pyroxene andesite, 5 — clastic lava breccia of pyroxene andesite (effusive autoclásticos), 6 — pyroxene-amphibole andesite, 7 — extrusive autoclásticos and coarse-grained pyroxene-amphibole andesite breccia, 8 — aplite, 9 — quartz diorite porphyrite (dacite), 10 — granodiorite, 11 — variegated sandstone and shale (Keuper), 12 — crystalline dolomite with chert intercalations, 13 — dislocation with mylonite filling. Documentation of the adi (0–188 m — definite masonry lining): A — rock fall from the roof, a — extensive, b — of small dimension, B — hydrogeological conditions, a — water flow on the walls, b — moist to wet walls, C — jointing, a — extensive (average joint distance 2 to 20 cm), b — medium to small (average joint distance 20 to 200 cm), D — Protodyakonov's strength coefficient (calculated from laboratory tests of simple compression strength and correlations with data of scleroscopic rock hardness tested by Schmidt's hammer), E — sites of loading tests and stated values of deformation modulus in MPa. 100 (for 0–3,6 MPa stress interval, left side of adi). Engineering geological classification of massifs: F — local massifs distinguished: 1 — pyroxene andesite, 2 — pyroxene andesite tuff, 3 — pyroxene-amphibole andesite, biotite bearing, 4 — pyroxene-amphibole andesite tuff, 5 — rhyolite. Geotechnical classifications: G — suitability for heading drive (according to Straka), a — 2nd degree, b — 1st to 2nd degree, without hachure — zero and zero to 1st degree, H — geotechnical subdivision of the adi according to Geotest Brno data: a — subarea needing heavy types of lining, b — united subareas needing definite lining with the function of facing to light stiffening, without hachure — section which may be without definite lining

koeficienta f_p v závislosti od intenzity puklinovitosti hornín), až sa dostáva k analýze moderných klasifikačných systémov, ktoré berú do úvahy viac vlastností horninového masívu (klasifikácie RSR, NGI, OTS a RMR). Konštatuje, že nijaká klasifikácia nie je univerzálna na ľubovoľné geologické prostredie a pre ľubovoľnú technológiu razenia, a preto treba príslušné horninové prostredie klasifikovať podľa viacerých systémov a po ich zhodnotení odporúčať najvhodnejšiu technológiu a pracovné postupy razenia, ako aj typy definitívneho vystrojenia podzemného diela.

V istom zmysle je aplikačným príkladom použitia uvedených klasifikácií pri posudzovaní konkrétneho podzemného diela inžinierskogeologické hodnotenie prvého úseku trasy novej odvodňovacej štólne Voznica — Banská Štiavnica, ktoré vykonal L. Hudec (ibid., s. 177—188). Celková dĺžka novej odvodňovacej štólne je projektovaná na 13 830 m pri bežnom svetlom priereze 8,35 m² razenom beztrhavinovým kontinuálnym spôsobom tunelovacím strojom Wirth TB II. Napriek tomu, že hlavným účelom štólne je odvádzať banskú vodu zo štiavnicko-hodrušského revíru, možno povedať, že sa pri razení tohto unikátneho podzemného diela stretávajú záujmy a získavajú sa vedomosti z viacerých geologických disciplín. Technická náročnosť diela totiž znásobuje aj mimoriadna pestrosť geologických pomerov, ktorá sa prejavila už po vyrazení prvého úseku z Voznice do Hodruše (5650 m). Trasa NOŠ prechádzala v metrácii 0—3780 neovulkanickými horninami (pyroxenické a pyroxenovo-amfibolické andezity a ich tufy, obr. 3), ktoré sú na razenie veľmi vhodným horninovým prostredím (orientačná rýchlosť razenia v týchto horninách bola 3,5—5 m.hod⁻¹). V m 3780 až 4020 je ryolitové teleso vyplňajúce výraznú starú považiansku tektonickú poruchu a po jej prekonaní sa geologické podmienky podstatne menia: trasa prechádza intenzívne porušenými horninami mezozoika (troska krížňanského prikrovu), ako aj hydrotermálne premenenými a tektonicky porušenými neogénymi granitoidmi. Zložité geologické podmienky sa v tomto úseku štólne prejavili aj v rýchlosti razenia (orientačne klesla na 1—1,5 m.hod⁻¹) a vo vytváraní závalov, ktoré v dvoch prípadoch na dlhší čas znemožnili ďalší postup raziaceho stroja.

Základnou úlohou inžinierskogeologického prieskumu bolo posúdiť trasu štólne z hľadiska jej definitívneho výstroja. Na tento cieľ

pracovníci Geotestu Brno okrem podrobnej inžinierskogeologickej dokumentácie vykonali aj rozsiahly súbor laboratórnych a terénnych hodnotení vlastností hornín. Stavební geologie Praha urobila mikro seizmické merania celého vyrazeného úseku. Po zhodnotení vykonaných prác a pôvodnej geologickej dokumentácie (GP Spišská Nová Ves, úsek Banská Štiavnica) a po oklasifikovaní vyrazeného úseku viacerými geotechnickými klasifikačnými systémami (podľa Straku, Dvořáka, Protodjakonova) bola trasa štólne rozčlenená na geotechnické podrajóny (α , β , γ , δ) a pre ne sa navrhli typy definitívneho zabezpečenia. Klasifikácie, ktoré použil Geotest, sme doplnili o ďalšie (RSR, NGI, OTS) a vykonali sme aj inžinierskogeologickú klasifikáciu horninových masívov podľa Matulu, Golodkovskej, Šaumjanovej (in Fabian, 1984). Použitie tejto všeobecnejšej klasifikácie vytvára základný rámec pre integrovanú aplikáciu výsledkov zaužívaných geotechnických hodnotení horninového prostredia na tunelárske účely.

Záverom možno konštatovať, že analyzovaná problematika odráža najaktuálnejšie úlohy inžinierskogeologického prieskumu vychádzajúce z požiadaviek projektantov pre rozličné druhy v súčasnosti realizovaných stavieb. Okruh aj obsah problémov sa bude ďalej rozširovať úmerne s novými, stále náročnejšími technickými zámermi uskutočňovanými v zložitých prírodných pomeroch. Súčasne s tým sa musí spresňovať metodika a zdokonaľovať metódy inžinierskogeologického a hydrogeologického prieskumu s cieľom dosiahnuť čo najreprezentatívnejší obraz celkových pomerov pri dodržaní maximálnej úspornosti. Tento cieľ možno splniť použitím racionálneho komplexu metód inžinierskogeologického prieskumu, ktorého princípy zhrnul M. Matula (1982) do nasledujúcich zásad:

1. Využitím erudície a skúseností treba zostaviť vždy čo najobjektívnejšiu pracovnú hypotézu v podobe predbežného modelu štruktúry, hlavných parametrov vlastností a základných črt správania skúmaného geologického objektu,

2. technické práce treba používať vždy len ako prostriedok na preverenie, spresnenie a kvantifikáciu pracovného modelu,

3. zvážiť možnosti jednotlivých metód v rozličných inžinierskogeologických pomeroch z hľadiska rozličných účelov prieskumu,

4. vždy treba nájsť správny spôsob naj-

účelnejšej kombinácie a racionálneho doplnenia rozmanitých metód a postupov na rýchle a lacné dosiahnutie optimálnej úrovne informačných dát potrebných pri riešení úlohy.

Recenzoval O. Tavoda

LITERATÚRA

- Fabian, M. 1984: Realizácia podzemných diel z hľadiska štruktúry masívov. [Diplo-mová práca.] *Manuskript — Katedra inžinierskej geológie PF UK Bratislava*, 53 s.
- Inžinierskogeologické sympóziu k 60. narodeninám prof. Ing. M. Matulu, DrSc. Žilina, IGHP, 297 s.
- John, K. W. — Deutsch, R. 1974: Die Anwendung der Lagenkugel in der Geotechnik. In: *Festschrift L. Müller — Salzburg zum 65. Karlsruhe, Geburtstag*, S. 137—159.
- Letko, V. — Matys, M. — Tavoda, O. 1980: Stabilita dočasného odkaliska v No-

- vákoch. *Praha, Výsk. ústav vodohos. VTE* č. 4, s. 142—143.
- Matula, M. 1982: Engineering geological studies in mountainous areas. *4th IAGC Congress, panel report. New Delhi*.
- Nemčok, A. 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. *Bratislava, Veda, VSAV*, s. 243—260.
- Ondrášik, R. — Holzer, R. — Hyánková, A. — Wagner, P. 1984: Model horninového masívu pre riešenie odrezu cestnej komunikácie Veľká Stráž. *Acta polytechn. (Praha)*, 4, s. 103—108.
- Otepka, J. — Hošek, S. — Hrašna, M. 1981: Inžinierskogeologický prieskum pre jadroveenergetické zariadenia. In: *IV. slovenská geologická konferencia. Bratislava, SGÚ, Dom techniky ČSVTS*, s. 127—140.
- Slivovský, M. 1981: Diskontinuita granodioritov zárezu pri Podkriváni a jej vplyv na zabezpečenie jeho stability. In: *IV. slovenská geologická konferencia, 7. Bratislava, SGÚ, Dom techniky ČSVTS*, s. 155—157.
- Slivovský, M. — Svasta, M. 1978: K problémom navrhovania svahov zárezov v ílovitých zeminách s potrhanou textúrou. *Práce a štúdie VŠD v Žiline, sér. stav.*, 4, s. 25—41.

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

Osma konferencia paleontológov Poľskej geologickej spoločnosti

V dňoch 8.—10. júna 1984 usporiadalo Poľske Towarzystwo Geologiczne (PTG) 8. konferenciu paleontológov pod názvom Paleontologia mezozoika Tatr (Paleontológia mezozoika Tatier). Stretnutie poľských paleontológov sa konalo v znamení jubilej veľkých tatranských geológov: stého výročia narodenia Ferdynanda Rabowského a stodvadsiateho prvého výročia narodenia Mariana Raciborského. Úlohou konferencie bolo zhodnotiť dnešný stav poznania paleontologickej problematiky mezozoických súvrství poľských Západných a Vysokých Tatier.

Významným úspechom v riešení biostratigrafie klasticko-argilitických spodnotriasových uloženín bol po klasických nálezoch mäkkýšových faun objav výskytu megaspór (Fuglewicz, 1979). Nemé súvrstvie jalového karpatského „skýtu“ tak zas poskytlo ďalšie argumenty na biostratigrafickú koreláciu s inými vývojm.

V strednotriasových uloženínach poľských Tatier sa dosiahol aj rad významných paleontologických objavov: po Dolnom Sliezsku sú Tatry najsevernejším výskytom zvyškov diplopórových vápnitých rias; okrem Hainburgských vrchov Tatry sú doteraz jedinou oblasťou Západných Karpát, v ktorej sa úspešne použili krinoidy na stanovenie strednotriasových vápencových súvrství (Rabowski, Lefeld). Uloženiny tejto oblasti obsahujú nezvyčajne bohaté spoločenstvá strednotriasových mäkkýšov, brachiopódov, foraminifer, holotúrií, konodontov a dokonca plazov (pozri práce Alexandrowicza, Szewczyka, Bełku, Gaździckého, Zawidzkej a Kotańskiego).

Vrchnotriasové uloženiny jednotiek Vysokých Tatier neposkytujú veľa možností na paleontologický výskum. Bohaté kolekcie morských skamenenín sa získali až z rétskych súvrství. Na ich výskume sa zúčastnili aj slovenskí paleontológovia a geológovia. Navyše práve oni priniesli temer po storočí (od vydania Raciborského diela) nové poznatky o tomanovskom súvrství, údaje o zložení