

Vyčleňovanie súborov litologických typov a hodnovernosť inžinierskogeologickej mapy

IVAN VOJTAŠKO

IGHP, n. p., závod Bratislava, Geologická 18, 825 64 Bratislava

Doručené 5. 5. 1987

Вычленение наборов литологических типов и годнovernosť инженерногеологических карт

Сравнением 16-ти троек карт набора литологических типов компактных глин одной территории на основании коэффициентов подобности определена относительно большая нагрузочная ошибка при предлагаемой нормальной густоте документирующих точек. При помощи „транзитной гайки“ определяются предполагаемые возможности встречи того или иного набора литологических типов в 5-ти метровом интервале керна скважины, так как это известно только причленением по одному или двух метровым интервалам керна. Использовано лишь условие 2/3 большинства осадков алевролитов-пелитических осадков пannonского возраста района Пезинок. Предлагаются некоторые советы последовательности вычленения наборов литологических типов в инженерногеологических картах масштабов 1 : 25 000 — 1 : 10 000.

Selection of lithological type sets and the reliability of engineering geological map

Comparison of 16 triples of engineering geological map pairs of lithological type sets (cohesive, sandy and combined soils) from the same territory allowed to state, on the base of congruence coefficient, a relatively great error loading if the recommended documentation point density has been used. With the means of a transition matrix, the probability of occurrence of the same lithological type set is given for a 5 m long drilling core interval in the case that it is known only from 1 m or 2 m long interval. The criterion of two-third majority is used in aleuritic-pelitic sediments of Pannonian age in Pezinok area (Western Slovakia). Recommended processes of lithological type set selection are given for engineering geological maps of 1 : 25,000 and 1 : 10,000 scale.

Zostavenie každej inžinierskogeologickej mapy je prognóznou úlohou s väčšou alebo menšou mierou deficitu vstupných informácií. Tvorbu mapy ovplyvňuje: zložitosť a celkový stupeň znalosti geologickej stavby (1); hustota, rozmiestnenie a druh dokumentačných bodov (2); kvalita a dostupnosť všetkých použiteľných informácií (3); metodika, časová dĺžka a rozsah mapovacích a vyhodnocovacích prác

(4); geomorfologické pomery a identifikačná hodnota terénnych prvkov, členitosť, prístupnosť a odkrytosť terénu (5); účel, rozsah a mierka mapy (6); odborná kvalifikácia, individuálne schopnosti, skúsenosti a intuícia geológa.

Hlavným cieľom mnohoúčelových inžinierskogeologických máp, na rozdiel od niektorých druhov analytických či syntetických máp zhodnotenia, ktoré sa môžu týkať iba jednej zložky, alebo naopak zahŕňať príliš veľa prvkov rôznych zložiek inžinierskogeologického prostredia (IAEG-UNESCO, 1976), je sprostredkovanie spoľahlivej informácie o priestorovom rozšírení horninových jednotiek. Užitočnosť tohto typu máp teda v prvom rade spočíva v schopnosti hodnoverne predpovedať výskyt určitého typu horninovej jednotky na ktoromkoľvek mieste mapovaného územia, ale aj v kompletnosti katalógu horninových jednotiek tej istej kategórie a rovnorodosti („stabilite“) inžinierskogeologických charakteristík.

Z takéhoto hľadiska sa hodnovernosť a spoľahlivosť máp skúma len veľmi málo. Odrádza najmä komplexnosť vzťahov a celková zložitosť problému, ktorého štúdium z tohto dôvodu ovplyvňuje príliš veľa zdrojov chýb. Presnosť geologických máp voľne komentuje napr. Kupfer (1966) a jeho takmer esejistický štýl, zdá sa, aj dnes rovnako priliehavo vystihuje zjavné alebo latentné vplyvy subjektu. Bažynski (1969) klasifikuje dokumentačné body podľa ich informačného obsahu, porovnáva jestvujúce smernice a odporúčania optimálnej hustoty dokumentačných bodov pre rôzne mierky a navrhuje vlastné kritériá pre rovinaté územie. Doposiaľ najvyčerpávajúcejšou štúdiou logiky geologických máp z hľadiska ich interpretácie a použitia pre inžinierske účely je monografia Varnesa (1974), v ktorej sa autor najprv zaoberá všeobecnými otázkami klasifikácie, hierarchie a vzájomných

vzťahov v mapách i filozofickými aspektmi ich tvorby, ďalej charakterizuje rôzne formálnologické postupy, ktorými sa spravidla riadia geológovia pri zostavovaní máp. Prácu dopĺňajú a názorne ilustrujú mnohé príklady inžinierskogeologických máp z celého sveta a úvahy o praktických aspektoch ich interpretácie a aplikácie. Pravdepodobne jediným príspevkom k problematike hodnovernosti inžinierskogeologických máp u nás je práca Zemana (1981). Autor triedi a porovnáva podmienky zostavovania inžinierskogeologických máp z rôznych hľadísk a na príkladoch hodnotí ich presnosť a spoľahlivosť v závislosti od viacerých vplyvov. Rozdielnosť existujúcich podmienok v použitých príkladoch však nedovoľuje jednoznačné posúdenie miery vplyvu jednotlivých faktorov. Burrough et al. (1971) na viacerých konkrétnych príkladoch analyzujú vzťahy medzi nákladmi a užitočnosťou pedologických máp rôznej mierky, zohľadňujúc tak aj metódy ich zostavenia. Práca predstavuje kvalitatívny krok v posudzovaní prognostickej hodnoty máp (tu znázorňujúcich výskyt a rozšírenie pôdnych druhov) v závislosti od spôsobu a podmienok ich zostavovania. Vzťahy sú vyjadrené číselno-quantitatívnymi údajmi a zahŕňajú aj párové regresné vzťahy parametrov skúmaných atribútov. Výsledky sú teda objektívne porovnateľné a dajú sa overovať.

Už tento prehľad citovaných prác naznačuje, že praktické potreby zvyšovania spoľahlivosti výpovede v mapových podkladoch niektorých aplikovaných odvetví vied o zemi — v tomto prípade inžinierskej geológie a pedológie — vyžadujú systematickejší prístup a exaktnejší spôsob hodnotenia vzťahov (Matula, 1979). V inžinierskej geológii to platí najmä o mnohoúčelových základných mapách, kde kvantitatívne zhodnotenie vplyvu zaužívaných postupov pri vyčleňovaní niektorých kategórií horninových jednotiek môže pri-

spieť k lepšiemu chápaniu obsahu mapy i k objasneniu stupňa jej hodnovernosti, a tak poskytnúť urbanistom, projektantom, ako aj inžinierskym geológom a iným užívateľom názornejšiu predstavu o rozsahu možných chýb.

Výber horninovej jednotky, metód porovnávaní a testovaného územia

Pri voľbe kategórie horninovej jednotky, metód skúmania a charakteru testovaného územia sme vychádzali z predpokladu, že platnosť výsledkov závisí od prijatých podmienok a zjednodušení, frekvencie výskytu mapovej jednotky, jednoduchosti metodiky a reprezentatívnosti, resp. využiteľnosti výsledkov pre väčšie územné celky v rámci Slovenska. Problém, ktorým sa budeme ďalej zaoberať, sa týka predovšetkým mnohoúčelových máp inžinierskogeologických pomerov v mierke 1:25 000 a 1:10 000, kde najčastejšie vyčleňovanými horninovými jednotkami tak v zmysle smernice SGÚ a ČGÚ z roku 1970, ako aj v zmysle odporúčaní medzinárodnej komisie pre inžinierskogeologické mapovanie pri IAEG (IAEG-UNESCO, 1976) sú litologické komplexy a litologické typy. Litologické typy sú tu základnou a najmenšou horninovou jednotkou, no v praxi sa spravidla dajú vyčleňovať iba kombinácie — súbory litologických typov. Pritom sa často stretávame s podmienkami, kde:

— výskyt telies rôznych litologických typov, napr. pieskov a štrkov alebo pieskov a hlin, je približne rovnomerno-nepravidelný;

— rozmery telies litologických typov sú menšie než veľkosť plošiek v mape, ktoré sa dajú technicky znázorniť, t. j. maximálne niekoľko metrov až desiatky metrov;

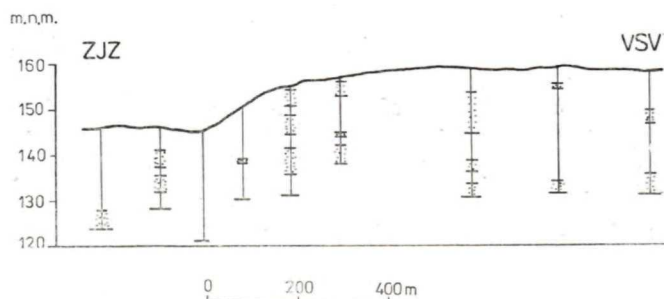
— trend zmien v priestore, pokiaľ ide o výskyt telies litologických typov a ich rozmery, nie je preukázateľný alebo pravdepodobný;

— rozšírenie litologických typov sa viaže na litologické komplexy väčšieho plošného rozsahu (niekoľko km² až niekoľko stoviek km²);

— reliéf je rovinný alebo nížinný s takmer „nulovou“ identifikačnou hodnotou terénnych prvkov, resp. morfológia paleogeografického prostredia vzniku geologických telies — litologických komplexov (spravidla predkvartérneho veku) sa dá len ťažko rekonštruovať;

— skúmaný horninový masív nie je dostatočne prístupný bezprostrednému pozorovaniu, k dispozícii sú len bodové údaje (vrty, šachty).

Príkladom takýchto súborov litologických typov sú „prevažne súdržné zeminy“ (h), „prevažne nesúdržné piesčité zeminy“ (p), „kombinácia nesúdržných piesčitých a súdržných zemín“ (k) fluviálnych sedimentov nívnych facií aluviálnej roviny alebo litologického komplexu nížin-



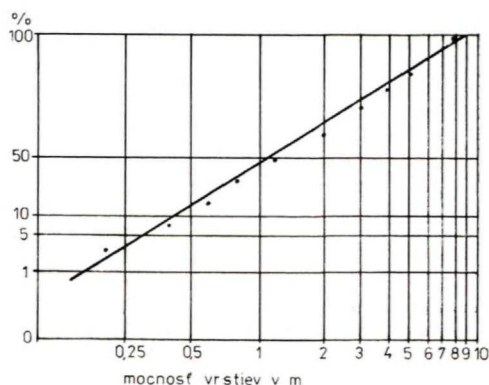
Obr. 1. Schematický rez testovaným územím s vyznačením návrťov piesku v súvrství prevažne pelitických sedimentov miocénu

Fig. 1. Schematic cross-section of the test area indicating drill core intervals of sand in prevalingly pelitic sediments of Miocene age

ných tokov. Obdobné sú kombinácie zemín litologických komplexov molasovej formácie, s akými sa stretávame vo vnútrokarpatských panvách i inde. Postup, ktorý sa pri vyčleňovaní súborov litologických typov v mnohoúčelových základných mapách ujal, sa dá označiť ako kritérium $\frac{2}{3}$ väčšiny: ak v návrtoch z viac ako $\frac{2}{3}$ prevládajú súdržné zeminy, horninové masív sa v mape pričlení k súboru litologických typov súdržných zemín (h, i). Rovnaký postup platí pre nesúdržné zeminy (p, š). V ostatných prípadoch pôjde o kombináciu nesúdržných piesčitých a súdržných hlinitých (ílovitých) zemín (k), či nesúdržných piesčitých a štrkovitých zemín (n).

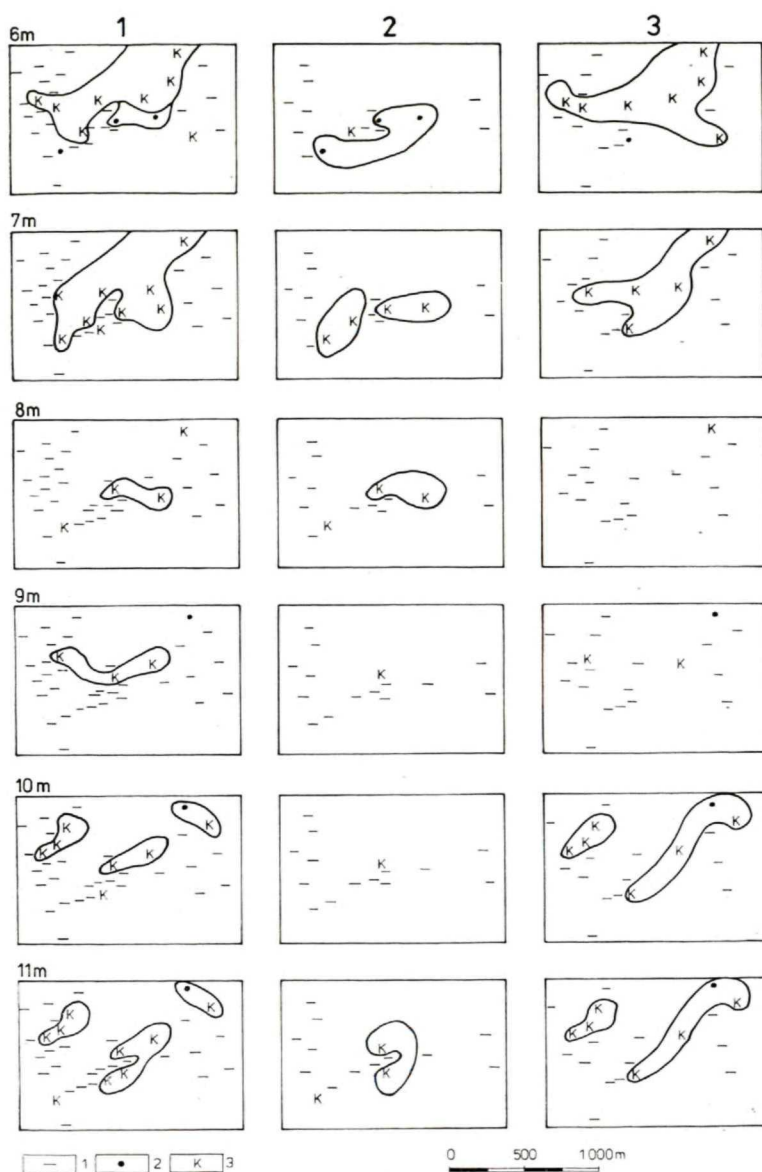
Na zhodnotenie rozdielov výskytu a rozsahu plôšiek rovnakej kombinácie litologických typov (postup ich vyčleňovania opisujeme v nasledujúcej časti) v závislosti od rozmiestnenia alebo hustoty dokumentačných bodov sme zvolili koeficient zhody, t. j. mieru prekrytia porovnávaných plôšok rovnakých kombinácií litologických typov vyjadrenú v %. Metóda sa používa napr. vo fyzickej geografii. Pomocou tranzičnej matice (opisuje ju napr. Davis, 1973, s. 278—280) sme zisťovali vplyv rozdielnej hĺbky návrtného na výsledné zaradenie k jednotlivým súborom litologických typov. Porovnávali sme rozdiely v zaradení medzi 1 m a 5 m návrtným a 2 m a 5 m návrtným.

Pri výbere testovaného územia sme dbali na to, aby miera ovplyvnenia výsledkov chybou bola zanedbateľná a aby typ územia slúžil ako vhodný príklad, pokiaľ ide o druh problémov, s akými sa zostavovatelia máp bežne stretávajú. Zvolené územie sa nachádza na južnom okraji Pezinka, má mierne zvlnený reliéf a plochu 1,5 km². Tvorí ho panónsky brakický a sladkovodný íl, prach a piesok molasovej formácie okraja panónskej panvy len niekoľko km na JV od styku s Malými



Obr. 2. Graf kumulatívnej početnosti mocností vrstiev piesku z testovaného územia
Fig. 2. Cumulative frequency distribution of sand bed thicknesses in the test area

Karpatmi. Na základe štúdia desiatok vrtových profilov v širšom okolí sme sa presvedčili, že ide o územie s jednotvárnou geologickou stavbou, bez náznakov výskytu anomálií v litologickej skladbe horninového masívu. Zámerne sme zvolili územie s vyššou hustotou dokumentačných bodov, než odporúčajú smernice SGÚ z roku 1970 pre mapy M = 1 : 25 000. Použili sme vyhodnotenie 35 nepravidelne rozmiestnených vrtov v území obdĺžnikového tvaru 1,5×1,0 km s vyhovujúcim hĺbkovým dosahom a primeranou kvalitou dokumentácie. Pri hĺbke vrtov 18 až 22 m bola najmenšia zaznamenaná mocnosť vrstiev piesku 0,2 m. Z geologických rezov (zostavených z údajov sond) v rôznych smeroch sa dalo usudzovať, že rozmiestnenie vrstiev piesku v priestore je akoby náhodné (obr. 1). Z niekoľkých možných variantov interpretácie horninového masívu za najpravdepodobnejšiu považujeme alternatívu izolovaných, subhorizontálne uložených šošoviek piesku v súvrstvách aleuriticko-pelitických sedimentov. Od konkrétneho znázornenia takejto šošovkovitej stavby v reze sme upustili pre predpokladaný malý laterálny dosah šošoviek (metre, zriedkavo desiatky metrov)



Obr. 3. Mapky súborov litologických typov vyčlenených v miocénnych sedimentoch testovaného územia v hĺbkových intervaloch 6 až 11 m z rôzneho počtu sond. 1. stĺpec — 35 sond, 2. stĺpec — 15 sond, 3. stĺpec — 20 sond. 1 — prevládajú fly, 2 — prevládajú piesky, 3 — striedajú sa fly a piesky

Fig. 3. Maps of lithological type sets selected for Miocene sediments in the test area at the depth levels of 6 m to 11 m for various numbers of drillings. 1 st column — 35 drillings, 2nd column — 15 drillings, 3rd column — 20 drillings. 1 — prevailing clay, 2 — prevailing sand, 3 — alternating clay and sand

a 10-násobné prevýšenie rezu: okrem príliš veľkej schematizácie by bol značne skreslený aj celkový optický vnem obrazu. Po vynesení histogramu mocností pieskových vrstiev do tzv. pravdepodobnostného papiera sme zistili, že mocnosti majú log-normálne rozdelenie, t. j. body tu ležia približne na priamke (obr. 2). Z celkového počtu 51 meraní vo vrtoch majú $\frac{2}{3}$ vrstiev piesku mocnosť (dĺžku návrto) menej ako 2 m. Druh rozdelenia sa bežne vyskytuje u sedimentárnych formácií tohto typu. Celkový podiel dĺžky návrto v pieskových vrstvách dosahuje 28 %.

Koeficienty zhody

Porovnávali sme vždy 3 mapky získané na základe zhodnotenia plošného rozmiestnenia výskytu rôznych súborov litologických typov v jednotlivých bodoch (vrtoch) pri 3 rôznych kombináciách vrtnéj siete: úplnej (35 vrto) a 2 redukovaných, zodpovedajúcich 2 vzájomne sa dopĺňujúcim výberovým súborom (15, resp. 20 vrto). Výberové súbory sme získali rozdelením úplnej vrtnéj siete pomocou tabuľky náhodných čísel, ktorú uvádza Marsal (1967). Snažili sme sa tak čo najviac znížiť vplyv subjektívneho rozhodovania. Hustota dokumentačných bodov pri úplnej vrtnéj sieti (cca 23 d. b./km²) zodpovedá v zmysle smernice SGÚ orientačnej hodnote pre mapy $M = 1 : 10\,000$, v zložitých inžinierskogeologických pomeroch, t. j. 25 d. b./km², hustota dokumentačných bodov oboch výberových súborov (10, resp. 13 d. b./km²) zodpovedá približne hodnote uvádzanej pre mapy $M = 1 : 25\,000$ v jednoduchých, resp. zložitých inžinierskogeologických pomeroch, t. j. 8, resp. 14 d. b./km² (SGÚ, 1970).

Na zostavenie inžinierskogeologickej mapy sme zvolili 3 súbory litologických typov: „prevažne súdržné zeminy“ (i), „prevažne nesúdržné piesčité zeminy“ (p)

a „kombináciu, striedanie súdržných a nesúdržných piesčitých zemín“ (k). Zaradenie hornín v jednotlivých vrtoch k určitému súboru sme vykonali podľa kritéria $\frac{2}{3}$ väčšiny, vždy pre 5 m návrt (hlbkový interval 0 až 5 m). Pri skresľovaní mapiek, t. j. znázorňovaní výskytu, rozsahu a tvaru plôšok zvolených súborov litologických typov sme sa riadili týmito zásadami:

— plôšky určitého súboru litologických typov sme znázorňovali iba vtedy, ak boli doložené v najmenej 2—3 susedných vrtoch;

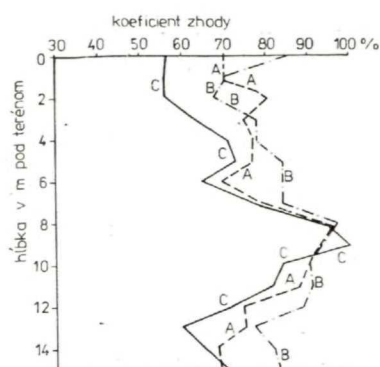
— podľa zaužívanej praxe sme zakresľovali iba plôšky dlhšie ako 400—500 m;

— plôšky súborov litologických typov „p“ a „k“, vzhľadom na podradné zastúpenie vrstiev piesku, sme interpretovali ako izolované výskyty („ostrovy“) v prevládajúcom súvrství aleuriticko-pelitic-kých sedimentov; „p“ v ojedinelých vrtoch boli podľa možnosti pričlenené k plôškam „k“;

— volili sme zaoblené tvary, plôškam bizarných tvarov sme sa snažili vyhnúť.

Je zrejmé, že zakresľovanie plôšok súborov litologických typov, najmä pokiaľ ide o výklad 2 posledných zásad, dovoľuje niekedy značne odlišné chápanie. Aby sme znížili mieru subjektívneho vplyvu, vypočítali sme koeficienty zhody pre 16 trojíc porovnávaných mapiek z testovaného územia. Zvolili sme iba rozdielne hlbkové úrovne (v 1 m intervale) tej istej siete vrto, ktoré môžeme považovať za fiktívne denudačné plochy. Dostatočná hĺbka vrto dovolila meniť denudačný (nulový) povrch v rozpätí od 0 do 15 m pod úroveň recentného reliéfu. Časť porovnávaných trojíc mapiek súborov litologických typov (pre hlbkové úrovne 6 až 11 m) je znázornená na obr. 3.

Skutočná stavba horninového masívu v celom testovanom priestore však nie je známa, preto sme museli zvoliť mapku



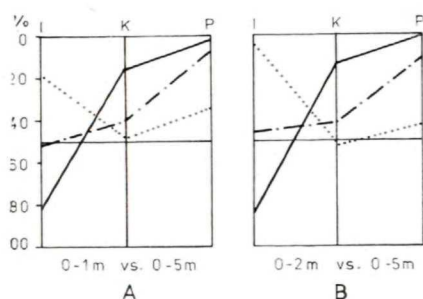
Obr. 4. Graf vertikálneho priebehu koeficientov zhody (v %) troch dvojíc mapiek litologických súborov pre hĺbkové úrovne 0 až 15 m zostavených z údajov: A — 35 a 15 sond (1. a 2. stĺpec obr. 3), B — 35 a 20 sond (1. a 3. stĺpec na obr. 3), C — 15 a 20 sond (2. a 3. stĺpec na obr. 3)

Fig. 4. Vertical trends of the congruence coefficient value (in %) for 3 pairs of lithological type sets for the 0 to 15 m depth levels compiled on the base of: A — 35 and 15 drillings (1st and 2nd column of fig. 3), B — 35 and 20 drillings (1st and 3rd column of fig. 3), C — 15 and 20 drillings (2nd and 3rd column of fig. 3)

s úplnou vrtnou sieťou (obr. 3, stĺpec 1) za „najlepšiu“ litologickú mapku, ktorú sme potom porovnávali s každou z 2 mapiek s redukovaným počtom dokumentačných bodov z hľadiska rozsahu prekrytia plôšok tých istých súborov litologických typov. Porovnávali sme aj páry mapiek s redukovaným počtom dokumentačných bodov, t. j. mapky s približne rovnakou hustotou dokumentačných bodov. Pre každý porovnávaný pár mapiek bol pomocou jednoduchšej grafickej metódy vypočítaný koeficient zhody v %. Možná chyba nepresahuje 1 %.

Už samotný pohľad na trojice mapiek dáva približnú predstavu o tom, aké veľké môžu byť rozdiely a ako v jednotlivých trojiciach kolíše (obr. 3). Oveľa spoľahlivejšiu informáciu poskytnú číselné hodnoty koeficientov zhody. Z histogramov hod-

nôt koeficientov pre rôzne páry mapiek vyplýva, že vyššie hodnoty — v priemere okolo 80 % — majú tie páry, ktorých aspoň jedna z mapiek bola zostavená na základe väčšieho počtu dokumentačných bodov. Na rozdiel od toho priemerná hodnota koeficientov zhody párov mapiek s redukovanou sieťou vrtov je takmer o 10 % nižšia a má oveľa vyšší rozptyl hodnôt. Trend zmien koeficientov zhody s hĺbkou (obr. 4) je vo všetkých porovnávaných pároch veľmi podobný, pričom narastanie hodnôt (maximum je pri hĺbkovej úrovni 8 a 9 m) zjavne súvisí s ubúdaním telies piesku (obr. 3, 4). Pri narastajúcej prevahe jedného súboru teda narastá aj koeficient zhody: ak plošné zastúpenie niektorého súboru litologických typov pre-



Obr. 5. Grafické vyjadrenie zmien zaradenia hornín k 3 rôznym súborom litologických typov (v %) v závislosti od zmien hĺbok porovnávaných návrto: A — pri prechode z jednometrového na päťmetrový návrť, B — pri prechode z dvojmetrového na päťmetrový návrť. Typ čiar vyjadruje pôvodné zaradenie hornín (t. j. pri kratšom návrte) k ílom (plná čiara), ílom a pieskom (bodkovaná čiara) alebo k pieskom (bodkovaná čiara). I — íly, P — piesky, K — kombinácia pieskov a ílov

Fig. 5. Changes of rock unit classification with three different lithological type sets (in %) in relation to depth change of the compared drilling intervals: A — change from 1 m to 5 m interval, B — change from 2 m to 5 m interval. The type of line represents original classification (smaller interval) into clay (full line), clay and sand (dots and lines) or sand (dots). I — clay, P — sand, K — clay and sand

TAB. 1
Tranzičná matica zmien litológie v závislosti na hĺbke
Transition matrix of lithological changes in relation with
depth

Interval 0-1m vs. 0-5m (A)						Interval 0-2m vs. 0-5m (B)							
rel. výskyt			v %			rel. výskyt			v %				
I	K	P	I	K	P	I	K	P	I	K	P		
I	389	75	14	81	16	3	I	394	66	5	85	14	1
K	31	24	5	52	40	8	K	43	39	11	46	42	12
P	25	67	48	13	48	34	P	5	64	52	4	53	43

Úmerné tranzitívne matice vyjadrujúce tendenciu zmien zaradenia hornín k rôznym súborom litologických typov v závislosti od zmien hĺbky návrtnu: A — pri prechode z jednometrového na päťmetrový návrtn, B — pri prechode z dvojmetrového na päťmetrový návrtn

siahne cca 70 %, stúpne zhruba nad 70 % aj koeficient zhody.

Ak pripustíme, že „najlepšia“ litologická mapa tu reprezentuje skutočnú stavbu skúmaného horninového masívu, potom priemerná chyba mapy $M = 1 : 25\,000$, t. j. inžinierskogeologickej mapy zostavenej z nepravidelnej siete vrtnov s hustotou 10–13 d. b./km², bude v daných geologických pomeroch predstavovať cca 20 % pri celkovom rozsahu chýb v rozmedzí 5 až 35 %. Pri porovnaní párov mapiek zostavených na základe 2 rôznych sietí vrtnov s hustotou zodpovedajúcou $M = 1 : 25\,000$ (10 a 13 d. b./km²) však rozdiel podľa koeficientov zhody predstavuje vo viac ako polovici prípadov 30 až 45 % (obr. 4).

Tranzičné matice

S otázkou hodnovernosti vyčleňovania súborov litologických typov v mape úzko súvisí aj vplyv rozdielnych skúmaných hĺbkových intervalov. Len zriedkakedy totiž býva mapa doložená sieťou dokumentačných bodov poskytujúcich informáciu o litologickom zložení vždy v celom skúmanom intervale, t. j. spravidla 0–5 m.

Mnohé sondy poskytujú iba údaje z kratších hĺbkových intervalov a užívateľ nemá predstavu o tom, do akej miery je vymedzenie určitého súboru litologických

typov zafažené chybou z dôvodu rozdielnych doložených návrtnov sond v skúmanom horninovom masíve.

Na posúdenie rozdielov v zaradení k rôznym súborom litologických typov v závislosti od hĺbky doloženého návrtnu sme použili dokumentáciu 18 vrtnov z vyššie opísaného testovaného územia. Podobným spôsobom, ako sa zostavuje tranzičná matica, boli spracované aj údaje o pravdepodobnosti výskytu jedného z troch skúmaných súborov litologických typov v návrtnu s intervalom 0–5 m, ak je známy výskyt v návrtnu s intervalom 0–1 m, resp. 0–2 m. V tab. 1 sú zostavené údaje vyjadrené v percentách i počtom relatívnych výskytov. Pri zostavení matice sa s intervalom 1 m použili údaje zo všetkých možných hĺbkových úrovní. Napr. údaj 389 v ľavej časti tab. 1 znamená, že z celkove 478 prípadov výskytu súboru „prevažne súdržných zemín“ v návrtnu s intervalom 0–1 m (podľa pomerneho zastúpenia súdržných a nesúdržných piesčitých zemín na základe kritéria $\frac{2}{3}$ väčšiny) sa v 389 prípadoch, t. j. 81 %, zistil ten istý výskyt zároveň aj v návrtnu s intervalom 0–5 m.

Z hodnôt vyjadrených v percentách vyplýva, že účinnosť predpovede výskytu určitého súboru litologických typov (s výnimkou súdržných zemín) v intervale

0—5 m (na základe informácie z intervalu 0—1 m a 0—2 m) je veľmi nízka: pri kombinovanom type („k“) — 40, resp. 42 %, pri piesku („p“) — 34, resp. 43 %. Pri súdržných zeminách je odhad naopak uspokojivý — 81 %, resp. 85 % — čo súvisí s ich prevládajúcim zastúpením. Rozdiely, najmä pri „k“ a „p“, veľmi názorne demonštruje obr. 5. Zarážajúce sú nepatrné rozdiely medzi porovnávanými dvojicami intervalov (obr. 5). Uvedené výsledky sa vzťahujú iba na podmienky bližšie špecifikované v predchádzajúcich častiach.

Záver

Empirické zhodnotenie niektorých bežných praktík vyčleňovania súborov litologických typov v inžinierskogeologických mapách pomocou koeficientu zhody a tranzičnej matice poskytlo názornú predstavu o veľkosti relatívnej chyby, ktorou je zaťažaná ich presnosť a spoľahlivosť.

Z hodnôt koeficientov zhody v 16 trojiciach párov mapiek z toho istého územia vyplýva, že v analogických podmienkach možno u mapiek súborov litologických typov s hustotou 10—13 d. b./km² na základe porovnania s „najlepšou“ litologickou mapkou (v tomto prípade zostrojenou z vrtnej siete s hustotou 23 d. b./km²) očakávať 5 až 35 %, v priemere 20 % relatívnu chybu. Pri porovnaní 16 párov mapiek zostrojených na základe 2 rozdielnych sietí vrtov pri podobnej hustote preskúmanosti (10, resp. 13 d. b./km²) bola zistená relatívna chyba v cca polovici prípadov 30 až 45 % a v priemere asi o 10 % vyššia.

Na veľkosť chyby vplyva vzájomný plošný pomer a počet vyčleňovaných súborov litologických typov, ako aj hustota dokumentačných bodov. Mapky súborov litologických typov zostavované bežným postupom majú pri dodržaní orientačných hodnôt hustoty dokumentačných bodov

v zmysle odporúčaní smernice nízku hodnotovnosť a zostavovateľ by mal:

- upustiť od vyčleňovania takýchto malých plôšok,
- vyčleňovať ich pri najmenej dvojnásobnej hustote dokumentačných bodov, než odporúča smernica pre zložité pomery v danej mierke,
- vypočítať zaťaženie relatívnou chybou na konkrétnom príklade alebo, pri analogických pomeroch, informovať užívateľa o pravdepodobnej relatívnej chybe na základe skúseností.

Ako ukázali údaje uvedené v tranzičnej matici, implikovať výskyt „prevažne piesčitých zemín“ alebo „kombinácie piesčitých a súdržných zemín“ v 5m návrte na základe ich výskytu v 1m, resp. 2m návrte nie je v obdobných geologických podmienkach — na rozdiel od „prevažne súdržných zemín“ — opodstatnené. Zostavovateľ mapy by mal zvoliť buď plytší interval, podľa prevládajúcej hĺbky návrtov u existujúcich dokumentačných bodov, alebo pri zaužívanom intervale 5 m by nemal brať do úvahy zaradenie k „p“ a „k“ pri 1m a 2m intervale, alebo by mal odlišnú hĺbku návrtov vyznačiť v mape dokumentácie.

Pri hodnotení získaných výsledkov treba mať na zreteli, že stavba horninového masívu nie je dostatočne overená a bežne zaužívané postupy nezohľadňujú ani niektoré známe skutočnosti, ako sú rozmery a relácie geologických telies. Vrstvy piesku majú podľa nášho odhadu, opierajúceho sa o štúdium v širšom okolí testovaného územia, 20 až 80-násobne menší laterálny dosah (horizontálny rozmer) než najmenšie v mape vyčlenené plôšky „prevažne piesčitých zemín“. Vytvorenie reálneho obrazu o horninovom masíve by vyžadovalo informácie zo siete dokumentačných bodov v priemernej vzdialenosti aspoň 3—4 m, čo predstavuje hustotu minimálne 60 000 d. b./km².

Dalšie štúdium hodnovernosti vyčleňovania súborov litologických typov bude preto vyžadovať nahromadenie väčšieho počtu empirických poznatkov podobného druhu, ako sme použili my, zahrňujúc rôzne typy inžinierskogeologického prostredia a rôzne postupy, algoritmy zostavovania máp.

Za perspektívne metódy hľadania vhodného algoritmu a hodnotenia hodnovernosti vyčleňovania súborov litologických typov považujeme štúdium výnimočne dobre preskúmaných reálnych horninových masívov, napr. systematicky dokumentovaných ložísk nerastných surovín, a komplexnú analýzu vhodného modelu vytvoreného simuláciou sedimentačných procesov pomocou samočinného počítača.

Literatúra

- Bażyński, J. 1969: Dokładność map geologiczno-inżynierskich w zależności od skali i ilości punktów dokumentacyjnych. *Przegl. geol.*, 9, 444—449.
- Burrough, P. A. — Beckett, P. H. T. — Jarvis, M. G. 1971: The relation between cost and utility in soil survey (I—III). *J. Soil Sci.*, 22, 3, 359—393.
- Davis, J. C. 1973: Statistics and data analysis in geology. *New York, Wiley.*
- IAEG-UNESCO, 1976: Engineering geological maps. *Paris, Unesco Press.*
- Kupfer, D. H. 1966: Accuracy in geological maps. *Goetmes*, 3, 11—14.
- Marsal, D. 1967: Statistische Methoden fuer Erdwissenschaftler. *Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.*
- Matula, M. 1979: Regional engineering geological evaluation for planning purposes. *Bull. Int. Assoc. Engng. Geol.*, 19, 18—24.
- Varnes, D. J. 1974: The logic of geological maps with reference to their interpretation and use for engineering purposes. *Geol. Surv. Prof. Paper*, 837, 48 s.
- Vojtaško, I. 1975: Inžinierskogeologická mapa 1:25 000, list Pezinok. *Manuskript — IGHP Bratislava.*
- SGÚ, 1970: Vykonávacie predpisy pre inžinierskogeologické mapovanie. *Smernice SGÚ (Bratislava).*
- Zeman, M. 1981: Přesnost a spolehlivost inženýrskogeologických map. *Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol.*, 15, 41—60.

Selection of lithological type sets and the reliability of engineering geological map

Hitherto no significant attention was paid to the investigation of reliability of spatial delimitation of lithological type sets representing fundamental rock unit used in multi-purpose engineering geological maps of 1:10,000 and 1:25,00 scale. Quantitative expression of prognostic value of these maps in relation to the mode and conditions of their compilation is hitherto registered only by Burrough et al. (1971) who derived relation between expenses and utility of pedological unit maps. Efforts to improve the quality of engineering geological maps led to analogical experiments. Accordingly, the quantitative evaluation of the influence of hitherto used procedures in rock unit selection may considerably contribute to the proper evaluation of map content and submits to the urbanist or designer and engineering geologist a better idea on the extent of possible errors.

With the aim to examine the reliability of

engineering geological maps, occurrences and areal extension of lithological type sets (combinations) were chosen which are represented in a multi-purpose engineering geological map of 1:25,000 scale for the area to the south of Pezinok town and attaining 1.5×1.0 km surface size. The area is covered by brackish to freshwater aleuritic to pelitic sediments with subordinated psammitic bodies of Pannonian age participating in the filling of the Podunajská nížina basin. The sediments of molasse formation are horizontally deposited and reveal lense-like structure. Sand bodies are steadily and irregularly distributed with horizontal size attaining several meters or tens of meters. The lowland relief does not have, from the viewpoint of occurrence prognosis and size of sand bodies, any identification value. Areal distribution of sand bodies is a quasi-random one (fig. 1) with lognormal distribution of thickness values (fig. 2) and

with a general share of 28 % in the lithology, taking into account the length of drill-hole cores.

Based on the two-third majority criterion, three sets of lithological types have been selected: "mainly cohesive soil" (i), "pre-vaillingly cohesionless arenaceous soil" (p), and "combination of cohesive and cohesionless arenaceous soils" (k). Documentation of 35 core drillings irregularly distributed on 1.5 km² surface area was available with depths fluctuating between 18 m and 22 m. Two characteristics of maps have been investigated during the tests:

- differences in occurrence and size of mapped lithological type sets in relation with documentation point density using the congruence coefficient expressing the overlap between compared areas of rock units in per cents,

- the influence of core drilling interval depth onto the resulting classification of the rock mass in the drilling into single lithological type sets has been evaluated with the use of a transition matrix (Davis, 1973, p. 278—280).

The selected areal type and the geological structure of the area are common for Slovak territory hence the obtained results may frequently be used in analogical situations.

On the base of congruence coefficient values, mutual comparison was made between three maps of lithological type sets from the same area compiled with the aid of the complete drilling network (35 drillings), with the use of 1st selection set (15 drillings) and the 2nd selection set (20 drillings). Selection sets have been obtained dividing the drilling network by the use of labelled random numbers (Marsal, 1967). Drilled rocks have been classified using the criterion of the total share in 5 m drill-core interval. For the compilation of the lithological type set maps, some rules have been introduced:

- areal surfaces of lithological type sets are only represented in the case of occurrence at least in 2—3 neighbour drillings,

- their longer size are to attain at least 400—500 m.

- occurrences of "p" and "k" are considered assumed as isolated ones,

- "po" is to be added to "k", and

- single areas are represented by rounded outlines.

Altogether the congruence coefficients have been computed for 16 trials of map pairs, i. e.

the degree of areal surface overlap of identical rock units has been tested in maps compiled on the base of the entire drilling network and the 1st and 2nd selection set (together 3 pairs) in 16 different depth levels. Drilling depths allowed to select, at the 1 m interval, beside the real surface also 15 fictive erosion levels. Part of maps (for the 6 to 11 m depth interval) is represented in fig. 3. Maps compiled from the total drilling network may be assigned as the "best" lithological maps.

According to the results (fig. 4), higher values of congruence coefficient (about 80 % in average) reveal the map pairs from which one has been compiled from the entire drilling network. The degree of overlap between the 1st and 2nd selection sets (i. e. using lower documentation point density) was by 10 % lower with higher dispersion of values. Trends of congruence coefficient changes with the depth are for all three pairs of maps very similar (fig. 4) and follow from different share of sand bodies (figs. 3 and 4). The comparison of maps compiled on the base of the 1st and 2nd selection set, both achieving documentation point densities recommended by rules of 1 : 25,000 scale maps, reveals that differences (expressed by the error size using the congruence coefficient value) are in more than half of cases as high as 30 to 40 % (fig. 4).

The transition matrix (Tab. 1) compiled on the base of 18 drillings of the same depth and using all possible depth levels (the 1 m interval) gives the probability of occurrence of one from three lithological type sets in a 5 m drill-core interval if the occurrence in 1 m (A) or 2 m (B) interval is known. E. g. the number 389 in the left part of Tab. 1 means that from 478 occurrences of the "i" set in 1 m interval (using the two-third majority criterion), similar occurrence has been found in 389 cases (81 %) also in the 5 m drill-core interval. The graphical plot (fig. 5) yields highly expressive image on the low prognostic value of "p" and "k" sets (max. 43 %).

As follows from the congruence coefficient values, the prognostic value of maps applying the recommended documentation point density according to the Slovak Geological Bureau's rule is loaded by high error. In similar geological conditions, it is better to abandon the selection of such small areal surface units and to realize selections in two-time higher documentation point density than the recommended one by the rule. This means at least 20—25 documentation points over

1 km² area of 1:25,000 scale maps and 40–50 points in the 1:10,000 scale map, are needed to avoid resulting error loading.

Selection of lithological type sets based on drilling core intervals of the same length needs care. If the map is compiled from data of 5 m long intervals, then the "p" and "k" data (obtained from 1 m intervals using the two-third majority criterion) should be neglected. In the case of highly fluctuating documentation, it is better to choose smaller interval or to mark the different drilling core intervals in the documentation map.

It should be stressed out that the used mode of integrating point data into areal surfaces is only the common formal logical procedure. To express the real horizontal sizes of sand bodies, at least 60,000 drillings over 1 km² surface are necessary. Alternative to the examination of reliability of areal units applying the indicated empirical procedure is the study of sufficiently known real geological bodies (e. g. a thoroughly explored deposit of mineral raw), or appropriate simulation of sedimentation processes by mathematical methods.

ZO ŽIVOTA SPOLOČNOSTI

J. Michalík — E. Halásová — A. Ondrejčíková: **Korelácia vertikálneho rozšírenia vrchnojurských až spodnokriedových organizmov v profile Hlboč v Malých Karpatoch** (Bratislava 22. 10. 1987)

Na seminári paleontologickej odbornej skupiny Slovenskej geologickej spoločnosti v Lip-tovskom Jáne v máji 1985 venovanom problémom kriedovej stratigrafie bol prijatý program komplexného biostratigrafického výskumu vybraných spodnokriedových profilov, ktoré by v budúcnosti mohli zohrať úlohu národných stratotypov pre Západné Karpaty. V rámci tohto výskumu by sa dali riešiť disproporcie v jednotlivých parabiostatigrafických škálach, založených na sukcesii rozličných skupín organizmov. Prvým z profilov sa stal profil na svahu Malej Lateršárne pri Smoleniciach v doline Hlboč, odkrývajúci oxfordské až hoterivské súvrstvia vysokého príkrovu.

Vrchnojurský úsek profilu zastupuje čorštýnske súvrstvie červených hľuznatých vápen-cov. Ich spodná časť („spodný hľuznatý vá-penec“) na báze obsahuje okrem oxfordských mikrofosílií *Colomisphaera fibrata* (Nagy) a *Cadosina parvula* Nagy i rádiolárie *Podo-burza triacantha* (Fischli) a *Emiliviva* sp. Oje-dinele sa rádiolárie zachovali i v strednej, silicifikovanej časti sekvencie. Hoci sú v celej sekvencii bežné, sú zväčša kalcifikované a rekryštalizované. „Vrchné hľuznaté vápen-ce“ na báze obsahujú kimeridžské mikrofosi-lie *Stomiosphaera moluccana* Wanner a *Carpistomiosphaera borzai* (Nagy), vyššie spod-notitónske *Parastomiosphaera malmica* (Bor-za), *Colomisphaera pulla* (Borza) a *Carpisto-miosphaera tithonica* Nowak. V strednej časti

sa vyskytujú chitinoidey (*Ch. dobeni* Borza, *Ch. slovenica* Borza etc.), nad nimi *Praetintinnopsella andrusovi* Borza a napokon mikro-fosílie vrchnotitónskej zóny Crassicollaria. Zvláštnosťou najvyššej časti sú brekciovité horizonty s materiálom starších častí sú-vrstvia.

Najstrmšie skalné steny tvorí súvrstvie Padlej vody. V bazálnej časti vystupuje sedi-mentárna brekcia z úlomkov vrchnotitónskych i spodnoberiaských vápencov, nad ňou ležia masívne rohovcové vápence zóny Calpionella. V hornej časti súvrstvia sa objavujú mikro-fosílie zóny Calpionellopsis spolu s asociáciou nanokónov.

Veľkú časť spodnokriedovej sekvencie vy-sockej jednotky tvoria doskovité až bridlíč-naté slienité rohovcové vápence. Obsahujú zriedkavé, zle zachované kalpionely zóny Calpionellites a asociáciu nanokónov *Nanno-conus steinmanni*, *N. colonii*, *N. globulus* (vzorky z hĺbky 62, 63, 70, 82, 95, 96, 98, 113, 122, 125, 127 a 128 m). V najvyššej časti sú-vrstvia vystupujú biomikritové vápence, v ktorých z tintinid ostala už len *Tintinnop-sella carpathica* (Murg. et Filip.). Tu sa poda-rilo nájsť vápnitý nanoplanktón zastúpený druhom *Ellipsagellosphaera keftalrempti* a neúplným jedincom *Manivitella pemmatoidea* (128 m). Nadložné súvrstvie (bohatské) v pro-file nevystupuje.

Hoci spodnokriedové horniny vysockej jed-notky pre silnú rekryštalizáciu a tektonizáciu nie sú práve najlepším médiom na zachova-nie makro a mikrofauny, mikro a nanoflóry, získané výsledky predsa len ukazujú cestu k nádejnej spolupráci odborníkov z rozličných špecializácií biostratigrafického výskumu, v ktorej treba pokračovať.