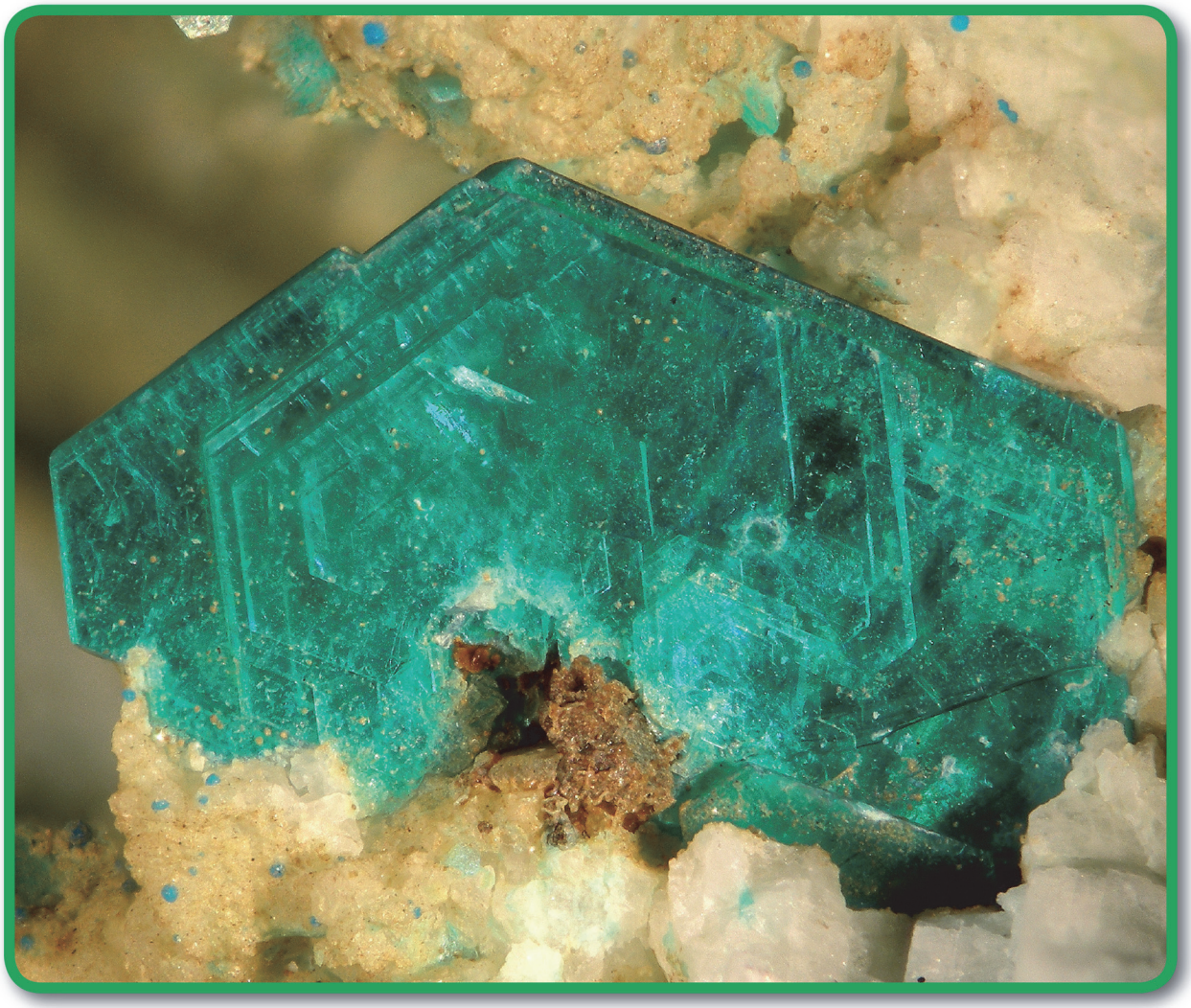
41/3/2009
ISSN 0369-2086

Mineralia Slovaca



Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

Mineralia Slovaca

Časopis pre regionálnu a environmentálnu geológiu
a aktivity Slovenskej geologickej spoločnosti a geologických asociácií

Vedecký redaktor – Editor in Chief
ZOLTÁN NÉMETH
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
Regionálne centrum Košice
Jesenského 8, 040 01 Košice
zoltan.nemeth@geology.sk

REDAKČNÁ RADA – EDITORIAL BOARD

Predseda – Chairman
ĽUBOMÍR HRAŠKO
Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

Vladimír Bezák, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Miroslav Bielik, Geofyzikálny ústav SAV Bratislava
Dušan Bodiš, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Igor Broska, Geologický ústav SAV Bratislava
Klement Fordinál, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Peter Hanas, Ministerstvo životného prostredia SR Bratislava
Martin Chovan, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava
Stanislav Jacko, Ministerstvo životného prostredia SR Bratislava
Juraj Janočko, Fakulta BERG TU Košice
Milan Kohút, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Patrik Konečný, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Ľudovít Kucharič, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Ján Madarás, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Peter Malík, Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava
Jozef Michalík, Geologický ústav SAV Bratislava
Daniel Ozdín, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava
Ľubomír Petro, Štátny geologický ústav D. Štúra Košice
Dušan Plašienka, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava
Marián Putiš, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava
Martin Radvanec, Štátny geologický ústav D. Štúra Sp. N. Ves
Ján Soták, Geologický ústav SAV Banská Bystrica
Ladislav Šimon, Slovenská geologická spoločnosť Bratislava
Pavel Uher, Prírodovedecká fakulta UK Bratislava

REDAKCIA – EDITORIAL STAFF

Vedúca redakcie – Managing editor
Gabriela Šipošová
gabriela.siposova@geology.sk

Technická redaktorka – Production editor
Alena Wolfová
alena.wolfova@geology.sk

Jazykoví redaktori – Lingual editors
Janka Hrtusová – Zoltán Németh
janka.hrtusova@geology.sk

Redaktorka – Editorial assistent
Mária Dryjová
maria.dryjova@geology.sk

Tlač – Printing
Ladislav Martinský
ladislav.martinsky@geology.sk

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086), EČ 3534/09, vychádza štyrikrát ročne. Vydavateľ: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava. Tlač: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava.
Predplatné v roku 2009 vrátane DPH a poštovného pre jednotlivcov 14,12 € (425,50 Sk), pre členov SGS a geologických asociácií 11,92 € (359,50 Sk), pre organizácie 16,86 € (508,- Sk). Cena jednotlivého čísla je 2,74 € (82,50 Sk) + poštovné, cena dvojčísla je 5,48 € (165,- Sk) + poštovné. Časopis možno objednať v redakcii a v knižnici regionálneho centra v Košiciach. Konverzný kurz: 1 € = 30,1260 Sk.
Adresa redakcie: Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Mineralia Slovaca), Jesenského 8, 040 01 Košice. Telefón: 055/625 00 46, 055/625 00 43; fax: 055/625 00 44, e-mail: mineralia.slovaca@geology.sk, e-mail knižnica: secretary.ke@geology.sk

Mineralia Slovaca (ISSN 0369-2086) is published quarterly by the State Geological Institute of Dionýz Štúr Bratislava. Subscription for 2009 calendar year: 13,70 € plus postage. Price of one number is 2,74 € plus postage. Claims for nonreceipt of any issue will be filled gratis. Order send to address of Editorial office: Štátny geologický ústav D. Štúra – RC Košice (Library), Jesenského 8, SK-040 01 Košice, Slovakia. Phone: ++421/55/625 00 46, ++421/55/625 00 43; fax: ++421/55/625 00 44, e-mail: mineralia.slovaca@geology.sk, e-mail to library: secretary.ke@geology.sk.

© Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

www.geology.sk/mineralia

PÔVODNÉ ČLÁNKY – ORIGINAL PAPERS

Andráš, P., Lichý, A., Križáni, I. & Rusková, J.
Haldové pole Ľubietová-Podlipa ako zdroj environmentálneho rizika a možnosti využitia ílovej frakcie ako prírodného sorbentu ťažkých kovov
Dump-field Ľubietová-Podlipa as a source of environmental risk and possibilities of clay minerals utilization as heavy metal sorbents (Middle Slovakia) 201

Ondrejka, P.
Analýza vzťahu medzi vypočítaným stupňom stability a pohybovou aktivitou na príklade zosuvu pri Okoličnom
Analysis of the relation between calculated degree of slope stability and kinetic activity of the landslide Okoličné (Liptovský Mikuláš district, Slovakia) 213

Bačová, N.
Význam grafickej analýzy hydrogeochemických dát pri interpretácii pôvodu minerálnych vôd flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát
Significance of the graphic analysis of hydrogeochemical data for interpretation of origin of mineral water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians 225

Burčová, M., Franko, O. & Tkáčik, P.
Minerálne vody v Košiciach (Venované pamiatke Jozefa Frankoviča a Milana Halušku)
Mineral water at Košice town (Eastern Slovakia)
Dedicated to the memory of Jozef Frankovič and Milan Haluška 243

Blišťan, P. & Blišťanová, M.
Prehodnotenie ukazovateľov využiteľnosti ložísk uhlia na aplikáciu podzemného splyňovania (UCG) na príklade ložiska Beladice (Podunajská nížina)
The appraisal of economic indicators of coal deposits for underground coal gasification in the case of Beladice lignite deposit (Danube Basin, Slovakia) 253

Derco, J., Tuček, Ľ., Čechovská, K., Németh, Z. & Derco, J. ml.
Závislosť technologických vlastností grafitonosných hornín od stupňa ich metamorfózy
Dependance of technological parameters of graphite-bearing rocks on their metamorphic grade 267

Bezák, V.
Tektonický štýl širšej oblasti styku tatrika a veporika
Tectonic style of the wider contact area of the Tatricum and Veporicum 275

Chalupová, B.
Rétske žraloky a ryby z fatranského súvrstvia (profil Kardolína, Belianske Tatry, Slovensko)
Rhaetian *Chondrichthyes* and *Osteichthyes* remains from the Fatra Fm.
(Kardolína section, Belianske Tatry Mts., Slovakia) 283

OBÁLKA: Tabuľkovitý kryštál chalkofylitu (5 mm) z lokality Špania Dolina-piesky. Zbierka a foto: D. Ozdín, Bratislava.

COVER: Tabular crystal of chalcophyllite (size 5 cm) on carbonate matrix from the Špania Dolina-piesky deposit. Collection and photo: D. Ozdín, Bratislava.

Zlinská, A.
Foraminiferové asociácie z lučenského súvrstvia vrtu FGRk-1 (Rimavská kotlina)
Foraminiferal associations from the Lučenec Formation in borehole FGRk-1 (Rimavská kotlina Basin, Slovakia) 291

METODICKO-REŠERŠNÁ ČASŤ – METHODOLOGY AND SUMMARIES

Hók, J., Pešková, I. & Potfaj, M.
Litostratigrafická náplň a tektonická pozícia drietomskej jednotky (západný úsek bradlového pásma)
Lithostratigraphy and tectonic position of the Drietoma Unit (Western part of the Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians) 313

Blišťan, P., Grinč, P. & Varga, P.
Prehodnotenie možnosti ďalšieho využitia Striebornej žily – Rožňava
Reinterpretation of the additional exploitation possibility of the Strieborná žila vein (Rožňava, Slovakia) 321

Španeк, P.
Nové trendy hodnotenia ložísk nerastných surovín: aplikácia na ložisko magnezitu Jelšava – Miková
New trends in mineral deposits evaluation: Case study in Jelšava–Miková magnesite deposit (Slovakia) 331

GeoVestník

Michalík, J.
Vyhodnotenie Medzinárodného roku planéty Zem (IYPE): Lisabonská medzinárodná konferencia
Recapitulation of the International Year of Planet Earth, Present for the Future 339

Broska, I. & Nelišerová, E.
Výstavu *Planéta, na ktorej žijeme,* videlo 49 680 návštevníkov
Exhibition “Planet, where we live on” attended by 49 680 visitors 341

Kucharič, Ľ.
Prehľadná geologická mapa Slovenska v mierke 1 : 200 000 uvedená do každodennej praxe
General geological map of Slovakia at a scale 1 : 200 000 introduced into everyday practice 342

Madarás, J.
Fórum mladých 2009 – prezentácia odbornej činnosti mladých vedeckých pracovníkov do 35 rokov
Forum of Young Scientists 2009 held in State Geological Institute of Dionýz Štúr, Bratislava 345

Kováčová, M., Kondela, J., Chalupová, B., Štrba, Ľ., Vizi, L., Zahradník, L., Gregáňová, M. & Bazarnik, J.
Herlandia 2009 – 10th International conference of young geologists, Herľany 2. – 4. 4. 2009
Herlandia 2009 – Medzinárodná konferencia mladých geológov, 10. ročník 349

Németh, Z.
Prednáškové popoludnie SGS a SALG *Nové poznatky o geologickej stavbe a surovinovom potenciáli východného Slovenska*
SGS and SALG seminary: *New knowledge of geological setting and raw-material potencial in Eastern Slovakia* 376

ERRÁTA – ERRATA 379

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 201 – 212
ISSN 0369-2086

Haldové pole Ľubietová-Podlipa ako zdroj environmentálneho rizika a možnosti využitia ílovej frakcie ako prírodného sorbentu ťažkých kovov

PETER ANDRÁŠ[1, 2], ADAM LICHÝ[1], IVAN KRIŽÁNI[2] a JANA RUSKOVÁ[1]

[1]Katedra environmentálneho manažmentu, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica
[2]Geologický ústav SAV, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica

Dump-field Ľubietová-Podlipa as a source of environmental risk and possibilities of clay minerals utilization as heavy metal sorbents (Middle Slovakia)

The environmental study at the Ľubietová-Podlipa dump-field presents the results of the heavy metal distribution, depending on the geochemical behaviour of particular elements (mainly on their migration ability). The present natural sorbents are predominantly the clay minerals (illite, muscovite, kaolinite, smectite) and hydrogoethite. The clay minerals are good sorbents of V, Cr, Ti, W, Zr, Nb, Ta and Th and in the case of the hydrogoethite of Cu, Zn, Mo, Mn, Mg (± Fe, Cd, Co, Ca). The free sorption capacity was proved in the case of Fe, As, Sb, Ag, Pb, Zn, Mn, Mo, Bi and U. The calculation of the AMD formation potential (neutralization potential, total acidity production, net neutralization potential) is discussed.

Key words: dump-field, heavy metals, technogenous sediments, neutralization potential, clay minerals, sorption

Úvod

Haldové pole Ľubietová-Podlipa (obr. 1) reprezentuje územie zreteľne zmenené historickou exploatáciou Cu rúd najmä od 15. až 16. storočia do konca 19. storočia. Skúmané depónie nie sú prvkovo stabilné a prebiehajú v nich abiotické aj biogénne procesy. Pokles pH v technogénnych sedimentoch spôsobuje uvoľňovanie ťažkých kovov (predovšetkým Cu, Fe, Cd, As, Sb, Pb, Zn, Mn, Ni a Co) z tuhej fázy, kde sa nachádzajú vo forme ťažšie rozpustných minerálov alebo v sorpčnom komplexe, do podzemnej a povrchovej vody. Odolnosť krajinných zložiek proti kontaminácii ťažkými kovmi významne podmieňujú rozličné prírodné sorbenty.

Ako sorbenty na fixáciu kovov možno použiť predovšetkým ílové minerály (a zeolity). Tieto hlinité kremičitany, zväčša kryštalické, s vrstvovitou (resp. reťazcovou) štruktúrou, sú väčšinou nositeľmi stálych negatívnych povrchových nábojov (Kozáč, 1996). Môžu sorbovať katióny Ca(II), Mg(II), K(I), Na(I), Al(III), Mn(II), katióny ťažkých kovov aj niektoré hydroxidy s pozitívnym nábojom [napr. $Al(OH)^{2+}$]. Tieto katióny sa môžu nahradiť inými katiónmi (Čurlík, 2003).

Hydrogoethit – $FeOOH \cdot H_2O$ – vzniká v hypergénnych podmienkach oxidáciou rudy obsahujúcej Fe a niektorých mafických horninových minerálov. Hydroxid železitý, ktorý vzniká pri hydrolýze síranu železitého, je hydrosól, ktorý ľahko koaguluje. Vylúči sa z neho gél, ktorý sa čiastočne dehydratuje a vzniká z neho monohydrát Fe. Hydrogoethit má záporný povrchový náboj a vyznačuje sa veľkým reakčným povrchom. To ho predurčuje na to, aby sa stal vynikajúcim prírodným sorbentom ťažkých kovov.

Metodika práce

Odber vzoriek

Odber vzoriek v oblasti haldového poľa ložiska Ľubietová-Podlipa prebiehal v letných mesiacoch roku 2007. Z povrchu haldového poľa sa odobralo 8 vzoriek technogénnych sedimentov (A-1 až A-11) so zrnitosťou menej ako 1 cm, a to tak, aby reprezentovali 30 cm hlboký horizont a plochu asi 50 x 50 m. Vzorka A-12 reprezentuje referenčnú plochu bez zrudnenia mimo haldového poľa (obr. 2). Každá vzorka mala hmotnosť 30 – 35 kg. Vznikla homogenizáciou 6 – 10 menších vzoriek. Súbor sa doplnil o vzorku horniny bohatej na hydrogoethit (A-17), ktorá vznikla homogenizovaním niekoľkých vzoriek hydrogoethitu z odberových miest A-2, A-3 a A-5.

Príprava ílových minerálov

Monominerálne frakcie ílových minerálov sa získali podľa metodiky, ktorú publikovali Šucha et al. (1991). Rtg.

Obr. 1. Haldové pole Ľubietová-Podlipa.

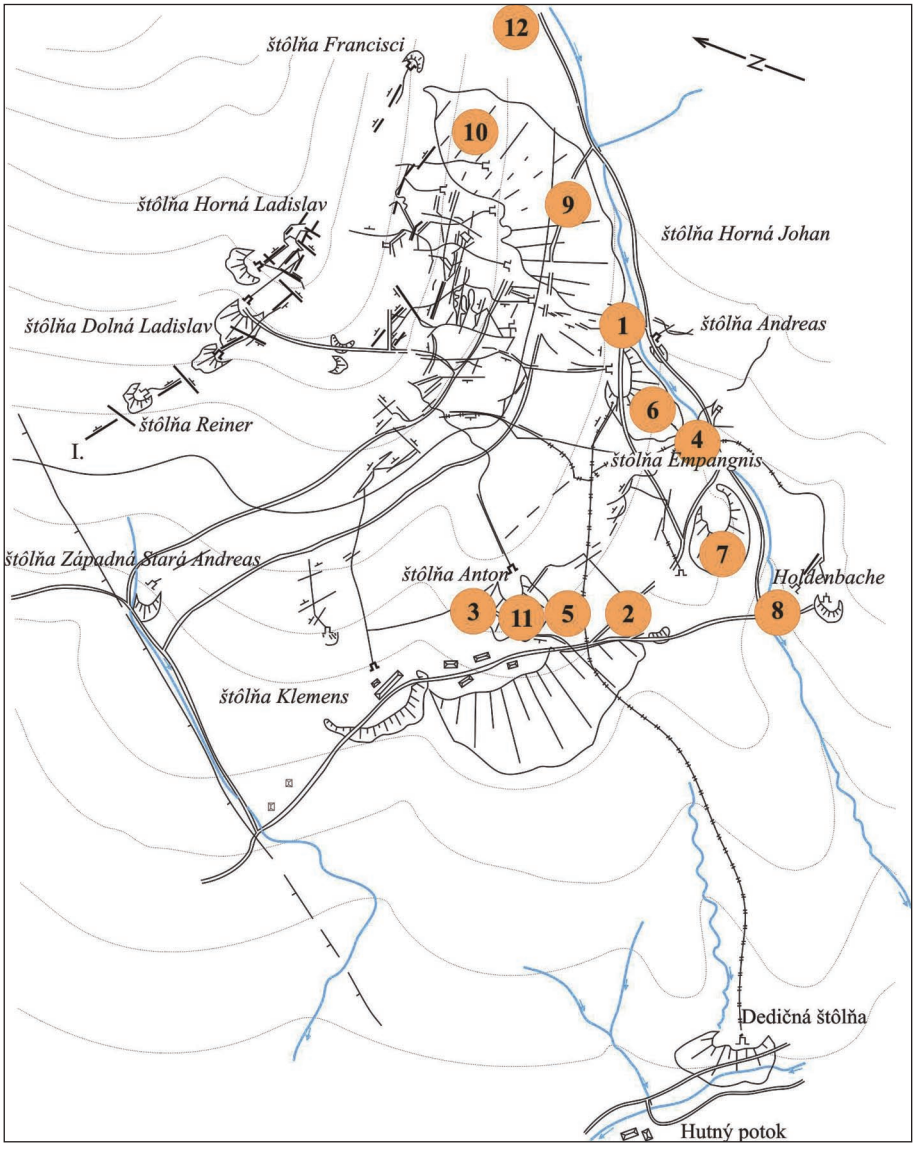
Fig. 1. Dump-field Ľubietová-Podlipa.

difrakčná analýza frakcií ílových minerálov sa uskutočnila v laboratóriách Geologického ústavu SAV v Bratislave na rtg. difraktografe Philips.

Aktívne a vymeniteľné pH sedimentov sa stanovilo vo vodnom výluhu a výluhu 1M KCl podľa metodiky, ktorú opísali Lintnerová a Majerčík (2005). Do navážky 10 g vzorky sa pridalo 25 ml destilovanej vody alebo 1M KCl a po dvojhodinovom miešaní vzorky v miešačke sa pH a Eh stanovili pH-metrom.

Stanovenie obsahu ťažkých kovov

Vzorky technogénnych sedimentov (A-1 až A-12), pripravené frakcie ílových minerálov (A-1c až A-11c), ako aj vzorka horniny bohatej na hydrogoethit (vzorka A-17) sa analyzovali na ťažké kovy a celý rad ďalších prvkov. Študovala sa aj sorpčná schopnosť ílových minerálov a hydrogoethitu z danej oblasti. Zmesové frakcie ílových minerálov na prvotné štúdium sorpčných vlastností sa



Obr. 2. Lokalizácia odberu vzoriek (vzorka A-17 vznikla homogenizovaním niekoľkých vzoriek hydrogoethitu z odberových miest A-2, A-3 a A-5).

Fig. 2. Localization of samples (sample A-17 was formed by homogenization of hydrogoethite from sampling sites A-2, A-3 and A-5).

získali modifikovaným postupom. Tento postup v porovnaní s predchádzajúcim postupom je založený na oddelení ílovej frakcie po dispergácii vzorky sedimentu s destilovanou H_2O v odmernom valci (objem 2 dm^3). Vzorka sa nechala usadzovať 41 hodín a 8 minút (výpočet podľa Stokesovho zákona) a potom sa suspenzia obsahujúca ílové častice (frakcie < 2 μm) dekantovala hadičkou do kadičky. Ílové častice sa po filtrácii vysušili pri laboratórnej teplote.

Na štúdium sorpčnej kapacity ílových minerálov sa použila drenážna voda z oblasti haldového poľa Ľubietová-Podlipa, ktorá obsahuje ťažké kovy. Na 20 g vzoriek (A-1c až A7c a A-17) sa pridalo 50 cm^3 5-násobne koncentrovanej drenážnej vody. Analýzy sa uskutočnili z navážky 1 g vzoriek (A-1c* až A11c* a A-17* po 14-dňovej macerácii v drenážnej vode. Vzorky určené na stanovenie Ca, Na, K, Mg, Ti, Al, P, S, Cd, Bi, Co, Ni, As, Sb, Mn, Mo, Rb, Sr, Hf, V, Ba, Li, La, Cr, W, Zr, Ce, Sn, Y, Nb, Ta, Be, Sc, U a Th sa roztavili za použitia prídavku zmesi metraborátu a tetraborátu Li a následne sa rozpustili v zriedenej kyseline dusičnej. Na stanovenie Au, Ag, Fe, Pb, Zn a Cu sa 0,5 g vzorky lúhovalo horúcou lúčavkou kráľovskou. Analýza jednotlivých prvkov sa realizovala metódou ICP – MS v laboratóriách ACME Analytical Laboratories Vancouver Ltd. Kanada.

Výsledné hodnoty stanovení jednotlivých kovov predstavujú priemernú hodnotu z dvoch kontrolných paralelných stanovení.

Uhlík (celkový uhlík – $C_{tot.}$, organický uhlík – $C_{org.}$ a anorganický uhlík – $C_{inorg.}$) sa stanovil v laboratóriách Geologického ústavu SAV na IR-spektroskopiu uhlíka na prístroji Ströhlein C-MAT 5500.

Výsledky

Distribúcia ťažkých kovov v zložkách technogénnych sedimentov

Distribúcia ťažkých kovov v technogénnych sedimentoch haldového poľa je značne nerovnomerná (tab. 1 – 3). Je odrazom ich primárnej koncentrácie v jednotlivých častiach haldového poľa, ako aj geochemických zákonitostí, medzi ktorými je v prvom rade potrebné spomenúť ich migračné schopnosti. Generálne možno rozlíšiť tri skupiny ťažkých kovov: 1. skupina: Fe, Cu, As, Sb, Sn, Co, Ni, Cr, Ag, V, U a Th (obr. 3); 2. skupina: Zn, Bi a Cd (obr. 4); 3. skupina: Pb (obr. 4d).

Maximálna koncentrácia teoreticky extrahovateľných prvkov v haldovom materiáli sa pohybovala v intervale od 2,64 % (tab. 1) v prípade Fe až po < 0,1 ppm v prípade Cd, Au a Ag. Za významnú je možné považovať koncentráciu Cu (25 – >10 %), Mn (34 – 1 258 ppm), As (7 – 289 ppm), Pb (8,4 – 130 ppm), Co (5,1 – 96,3 ppm), Sb (7,1 – 61,6 ppm) a Ni (7,8 – 62,1 ppm).

Celková vytvorená acidita a neutralizačný potenciál

Nepriamym indikátorom oxidácie je hydrogoethit a sadrovec. Oxidáciu sulfidických minerálov indikujú

Tab. 1
ICP-MS analýza technogénnych sedimentov, ílovej frakcie a ílovej frakcie po 14-dňovej macerácii v drenážnej vode
ICP-MS analyses of technogenous sediments, clay fraction and clay fraction after 14-days maceration in drainage water

Prvok / Element	Jednotka / Unit	Vzorka/Sample A-1	A-1c	A-1c*	A-2	A-2c	A-2c*	A-3	A-3c	A-3c*	A-4	A-4c	A-4c*
Fe	%	1,31	1,45	2,98	1,42	1,46	2,17	1,94	2,14	2,90	2,64	2,47	3,65
Cu	ppm	2 829	1 693	2 345	199	574	472	828	624	857	4 471	3 324	3 112
Pb		28,1	63,8	229,1	130	22,4	27,9	16,0	23,1	37,4	9,6	14,9	37,8
Zn		14	18	95	21	36	62	20	25	47	23	16	27
Cd		< 0,1	< 0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	< 0,1	< 0,1
Bi		2,8	4,5	14,6	0,2	1,4	1,5	8,5	7,2	12,1	23,7	39,2	90,9
Co		10,4	11,3	18,3	5,9	10,3	6,4	14,0	17,0	11,0	50,0	58,3	32,1
Ni		36,8	36,0	71,8	9,8	12,2	17,0	32,1	28,3	30,4	55,0	42,4	64,4
As		162	258	628	10	19	15	71	110	105	169	237	300
Sb		61,6	60,1	153,2	7,1	9,2	12,6	22,4	24,0	28,0	59,5	79,3	129,8
Mn		34	64	87	212	348	133	252	334	207	420	446	216
Mo		0,5	1,2	2,1	< 0,1	0,2	0,2	< 0,1	0,4	0,4	0,1	0,3	0,4
Au		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ag		0,7	0,8	1,7	< 0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,9	1,4	2,1	4,1
V		29	22	49	39	33	46	57	50	77	52	39	70
Cr		38	9	24	36	17	26	34	21	37	38	15	30
W		0,9	1,0	1,9	1,5	1,0	1,5	1,2	1,3	1,8	1,2	1,1	1,8
Zr		14,7	15,1	30,9	21,8	23,5	30,4	19,9	32,8	41,8	19,2	19,9	31,8
Sn		10,9	11,1	29,4	3,5	2,7	4,4	9,8	7,2	9,5	17,3	12,8	22,7
U		1,3	1,4	3,3	1,4	1,1	1,1	1,7	1,8	1,9	1,6	1,7	2,2
Th		5,8	6,0	9,5	7,6	5,9	2,2	9,1	9,2	5,2	8,3	7,8	5,0

Vysvetlivky k tab. 1 a 2: A-1 až A-12 – technogénne sedimenty; A-1c až A-10c – ílové frakcie; A-1* až A-10* – ílová frakcia po 14-dňovej macerácii v drenážnej vode; A-17 – hornina bohatá na hydrogoethit.

Explanation to Tabs. 1 and 2: A-1 to A-12 – technogenous sediments, A-1c to A-10c – clay fraction; A-1* to A-10* – clay fraction after 14-days maceration in drainage water; A-17 – hydrogoethite rich rock.

Tab. 2
ICP-MS analýza technogénnych sedimentov, ílovej frakcie a ílovej frakcie po 14-dňovej macerácii v drenážnej vode
ICP-MS analyses of technogenous sediments, clay fraction and clay fraction after 14-days maceration in drainage water

Prvok Element	Jednotka Unit	Vzorka/Sample A-5	A-5c	A-5c*	A-6	A-6c	A-6c*	A-7	A-7c	A-7c*	A-8	A-8c	A-8c*
Fe	%	1,71	1,66	1,83	2,06	2,09	3,36	1,32	1,43	2,81	0,91	1,29	0,79
Cu	ppm	3 150	3 001	2 078	4 797	2 503	2 918	756	855	2 026	716	836	837
Pb		16,9	14,8	21,9	15,6	24,6	72,3	16,8	20,2	73,7	6,5	6,3	4,2
Zn		19	18	45	13	14	65	26	33	176	7	14	4
Cd		< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	< 0,1	0,3	< 0,1	0,2	0,7	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Bi		1,7	2,1	3,2	25,4	24,4	51,7	0,9	1,2	3,6	0,5	0,7	0,8
Co		24,4	30,4	29,6	41,8	40,9	32,0	10,2	12,0	15,5	89,9	69,7	104,5
Ni		34,0	34,1	55,4	51,6	45,1	61,7	10,4	10,1	26,0	58,0	66,5	62,5
As		60	64	105	134	224	305	16	17	33	61	52	46
Sb		17,2	16,3	30,3	49,8	56,2	92,3	11,5	7,1	17,4	17,9	20,2	18,9
Mn		570	631	512	198	254	147	372	547	931	1 190	905	1 458
Mo		0,1	0,2	0,2	< 0,1	0,3	0,4	0,2	0,3	0,6	< 0,1	0,3	0,3
Au		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ag		0,1	0,1	0,2	1,0	1,6	3,0	0,2	0,2	0,4	< 0,1	< 0,1	0,1
V		38	30	50	44	34	57	40	39	67	35	69	22
Cr		30	10	22	31	11	23	28	11	35	23	21	7
W		0,9	0,9	2,0	1,2	1,4	2,0	1,5	0,7	1,5	1,4	2,2	1,5
Zr		12,6	15,6	28,4	20,2	23,5	37,1	18,3	22,1	48,9	14,7	43,9	23,1
Sn		4,9	3,3	8,1	14,9	12,9	19,6	4,0	2,6	6,8	3,9	7,1	3,0
U		1,0	1,2	1,4	1,4	1,6	2,2	1,1	1,1	2,3	2,6	2,5	2,1
Th		5,9	5,8	4,0	6,9	6,1	4,1	4,8	5,3	11,8	6,8	5,7	6,7

Tab. 3
ICP-MS analýza technogénnych sedimentov, ílovej frakcie a ílovej frakcie po 14-dňovej macerácii v drenážnej vode
ICP-MS analyses of technogenous sediments, clay fraction and clay fraction after 14-days maceration in drainage water

Prvok Element	Jednotka Unit	Vzorka/Sample A-9	A-9c	A-9c*	A-10	A-10c	A-10c*	A-11	A-11c	A-11c*	A-12	A-17	A-17c	A-17*
Fe	%	1,84	2,14	5,03	1,12	1,66	2,03	2,37	3,02	4,44	1,38	1,72	1,50	13,10
Cu	ppm	5 466	3 112	1 181	390	231	176	>10 000	8 756	7 654	25	>10 000	20 360	23 060
Pb		17,8	23,0	41,0	53,6	60,2	74,1	13,5	24,1	32,6	16,1	8,4	49,0	60,0
Zn		24	25	31	36	40	52	15	17	21	39	59	80	50
Cd		0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Bi		8,1	10,2	15,4	1,7	2,8	4,1	2,6	3,2	4,7	0,2	7,2	6,0	5,0
Co		96,3	98,2	98,2	7,1	8,3	7,9	84,5	77,5	85,1	5,1	73,4	70,0	83,0
Ni		51,9	48,6	62,7	7,8	6,3	9,7	62,1	59,8	64,1	8,5	51,7	43,0	58,0
As		130	148	234	32	47	76	206	211	243	7	289	260	280
Sb		27,7	36,5	48,3	17,5	27,8	46,9	36,3	38,7	40,2	10,4	43,2	40,0	34,0
Mn		391	444	549	486	549	711	1 258	1 322	1 452	559	1 074	960	1 010
Mo		0,2	0,3	0,5	0,3	0,3	0,4	0,7	0,8	1,7	0,3	2,2	2,0	30,0
Au		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1	< 0,1	< 0,1	< 1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ag		0,6	0,7	1,3	0,3	0,5	0,9	0,3	0,4	0,6	0,1	0,8	1,0	1,0
V		32	27	41	22	20	53	29	25	31	31	15	16	15
Cr		11,8	8,7	9,9	12,5	7,5	9,6	9,4	7,4	7,7	18,9	7	8	8
W		1,1	1,5	2,0	0,9	1,1	1,8	1,1	1,1	1,2	1,2	0,4	0,4	0,5
Zr		19,2	24,4	28,6	18,7	19,9	23,7	14,2	14,7	15,0	36,7	7,7	9,0	9,0
Sn		12,1	10,2	15,8	4,1	3,7	4,8	9,1	9,2	9,2	1,7	8,8	4,0	9,0
U		2,1	2,3	2,7	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	2,2	2,3	2,0	1,0
Th		8,8	8,1	7,2	6,4	5,4	4,7	7,1	6,8	6,5	7,7	2,5	2,0	2,0

aj povlaky sekundárnych oxidov (obr. 5) a uhličitanov Cu (obr. 6). Najmenej zoxidované sú na haldovom poli jemnozrnné pelitické materiály. Priamym indikátorom oxidačných procesov je pH.

Na stanovenie celkovej tvorby acidity (AP) a neutralizačného potenciálu (NP) je potrebné poznať Eh a pH (vo výluhu H_2O a vo výluhu 1M KCl) sedimentov, obsah síry a uhlíka. Hodnoty pH vo výluhoch v destilovanej vode kolíšu obvykle okolo 5,3. pH < 5 indikuje, že vzorka je potenciálne acidná („*net acidity*“), kým hodnoty namerané v karbonátoch oscilujú spravidla medzi 8 – 10. Hodnoty väčšie ako 10 možno považovať za alkalické (Sobek et al., 1978).

Hodnoty pH v sedimentoch, stanovené vo výluhu destilovanou vodou na haldovom poli Ľubietová-Podlipa, kolíšu v rozmedzí 4,21 – 7,93 (tab. 4). Je zaujímavé, že

Tab. 4
Charakteristiky vzoriek technogénnych sedimentov z haldového poľa
Characteristics of the samples of technogenous sediments from the dump-field

Vzorka	H_2O		1M KCl		%							
Sample	pH	Eh (mV)	pH	Eh (mV)	$S_{tot.}$	S_{SO_4}	S_s	$C_{tot.}$	$C_{org.}$	$C_{inorg.}$	CO_2	$CaCO_3$
A-1	5,14	77	4,61	109	0,25	0,10	0,15	0,74	0,20	0,54	1,97	4,48
A-2	5,89	34	5,40	63	0,02	0,01	0,01	0,86	0,38	0,48	1,75	3,99
A-3	4,87	94	4,21	131	0,10	0,03	0,07	0,62	0,34	0,28	1,02	2,32
A-4	5,46	59	5,33	66	0,33	0,13	0,01	0,34	0,26	0,08	0,29	0,66
A-5	5,77	42	5,37	64	0,05	0,01	0,05	0,78	0,35	0,43	1,57	3,57
A-6	5,17	74	5,06	83	0,42	0,15	0,27	0,40	0,27	0,13	0,47	1,08
A-7	7,93	–84	7,34	–58	0,03	0,02	0,01	1,63	0,10	1,53	5,61	12,71
A-8	5,42	36	5,22	42	0,01	0,01	0,01	0,45	0,13	0,32	1,17	2,66
A-9	5,03	83	5,01	85	0,03	0,03	0,01	0,40	0,37	tr.	tr.	tr.
A-10	5,25	71	5,14	78	0,04	0,02	0,02	0,48	0,46	tr.	tr.	tr.
A-11	6,11	22	5,95	30	0,11	0,04	0,07	4,31	4,18	0,13	0,47	1,08
A-12	4,21	133	3,47	173	0,02	0,01	0,02	4,05	4,03	tr.	tr.	tr.

najnižšia hodnota pH bola nameraná v oblasti referenčnej plochy. Je to spôsobené pravdepodobne tým, že napriek neprítomnosti sulfidov tu niet žiadnych karbonátov; obsah uhlíka je veľmi nízky ($C_{tot.}$ 0,40 %, $C_{org.}$ 0,37 % a koncentrácia anorganického uhlíka $C_{inorg.}$ je pod medzou stanoviteľnosti; tab. 4). Najvyšší obsah uhlíka sa zistil vo vzorke A-7 ($C_{tot.}$ 1,63 %; prepočítané na $CaCO_3$ až 12,71 %).

Vzorky obsahujú 0,01 – 0,42 % celkovej síry (tab. 4). Najvyššie hodnoty obsahu celkovej síry sa zistili vo vzorke A-6 v halde štôlne Empfängnis, kde má nad síranovou sírou prevahu sírniková síra (S_S 0,27 vs. S_{SO_4} 0,15 %). Sírnikovej síry je vo väčšine vzoriek viac ako síranovej síry. Svedčí to o pomerne vysokom obsahu ešte nezoxidovaných primárnych sulfidov (obr. 7). Ako uvádzajú Sobek et al. (1978) a Lintnerová a Majerčík (2005), hodnotu AP (celkovú tvorbu acidity) možno vypočítať vynásobením percentuálneho obsahu celkovej (prípadne sírnikovej) síry koeficientom 31,25, odvodeným z neutralizačnej rovnice:

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2.$$

Tento údaj zodpovedá množstvu kyseliny, ktorú potenciálne môže materiál depónie vyprodukovať. Na lokalite Ľubietová-Podlipa sa AP pohybuje v rozmedzí 0,312 5 – 13,125 (v priemere 3,7; tab. 5). Najvyššia hodnota AP sa zistila v halde štôlne Empfängnis a najnižšia v malej haldičke štôlne Holdenbachen na úpätí zalesneného svahu Zelenej doliny (obr. 2).

Na stanovenie rizika, ktoré spôsobuje tvorba acidity, je potrebné poznať aj neutralizačný potenciál (NP). Ten udáva, aký je obsah neutralizačných látok v depónii, ktoré sú schopné neutralizovať aciditu produkovanú materiálom skládky. Distribúcia hodnôt neutralizačného potenciálu na haldovom poli Podlipa je v jednotlivých častiach depónie pomerne rozdielna (0 – 127,1, v priemere 27,1; tab. 5) a viac-menej v negatívnej korelácii vo vzťahu k potenciálnej tvorbe acidity (AP). Napríklad najvyššej hodnote AP 13,125 (vo vzorke A-6, kde bol stanovený najvyšší obsah celkovej síry $S_{tot.}$ 0,42 % aj sírnikovej síry S_S 0,27 %; tab. 4) zodpovedá hodnota NP 10,8, kým najnižšej AP 0,312 5 (vzorka A-8) zodpovedá NP 26,6. Vyšší NP, 127,1, je len vo vzorke A-7 (tab. 5), kde bol stanovený najvyšší obsah $C_{tot.}$ (po prepočítaní to zodpovedá 12,71 kg $\cdot$ t^{-1} $CaCO_3$; tab. 4).

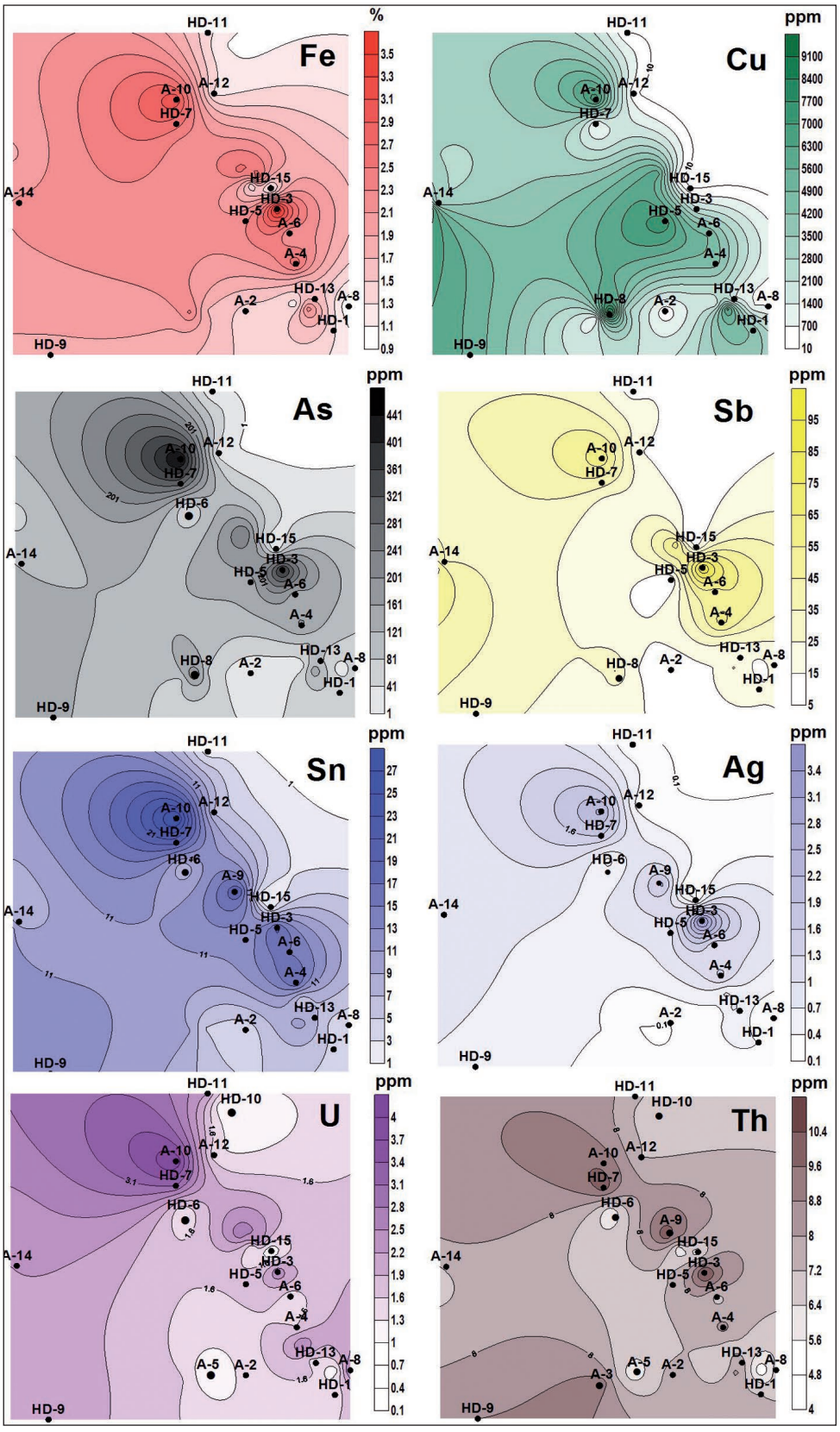
Čistý neutralizačný potenciál (NNP) zodpovedá množstvu neutralizačnej látky (zvyčajne n $\cdot$ kg $CaCO_3$ na 1 tonu materiálu), ktoré je potrebné pridať na neutralizáciu acidity produkovanej depóniou (NNP = NP – AP). Hodnoty NPP na haldovom poli Podlipa sú uvedené v tab. 5. Ukazujú, že na neutralizáciu banskej hlušiny by bolo potrebné pridať toľko neutralizačného činidla, ktoré zodpovedá v priemere 23,5 kg $CaCO_3$ na 1 tonu haldového materiálu. O riziku vzniku kyslej banskej vody (AMD) najlepšie vypovedá pomer NP : AP. Ak je blízky hodnote 1, riziko tvorby AMD je vysoké. Ak je tento pomer rovný alebo väčší ako 3, riziko tvorby AMD je zanedbateľné (Lintnerová a Majerčík, 2005).

Ak vychádzame z priemernej hodnoty pomeru NP : AP, ktorá je na haldovom poli Podlipa 7,4 (tab. 5), potom môžeme riziko tvorby AMD považovať za vylúčené. Túto vysokú hodnotu pomeru NP : AP však spôsobujú len údaje z haldy štôlne Empfängnis, kde je tento pomer 135,6. Keby sme zo súboru túto extrémnu hodnotu vylúčili, pomer NP : AP by sa zmenil na 1,72. To zodpovedá nízkemu riziku vzniku AMD.

Prírodné sorbenty

Procesy zvetrávania vysokoreaktívnych minerálov v prevažne kyslom horninovom prostredí mobilizujú ťažké kovy a početné ďalšie prvky. Tým kontaminujú zložky krajinného prostredia. Kvôli účinnej remediácii krajiny sa pristúpilo k štúdiu možnosti využitia prírodných sorbentov. Najdôležitejšie potenciálne prírodné sorbenty v danej oblasti predstavuje skupina ílových minerálov a hydrogoethit, ktoré vznikajú pri zvetrávaní hornín.

Výskum potvrdil, že ílové minerály reprezentuje zmes illitu a muskovitu, kaolinitu, minerály skupiny smektitu a skupiny chloritu. Vo všetkých vzorkách sú dominantné ílové minerály illit a muskovit. Druhý najrozšírenejší ílový minerál je smektit.



Obr. 3. Plošná distribúcia Fe, Cu, As, Sb, Sn, Ag, U a Th na haldovom poli Ľubietová-Podlipa.

Fig. 3. Planar distribution of Fe, Cu, As, Sb, Sn, Ag, U and Th at Ľubietová-Podlipa dump-field.

Ílové minerály a hydrogoethit vytvárajú na lokalite prirodzenú geochemickú bariéru. Jej podstata spočíva vo vytvorení prostredia, v ktorom nastáva precipitácia kovov do stabilných väzieb.

Sorpcia ťažkých kovov na ílové minerály a hydrogoethit

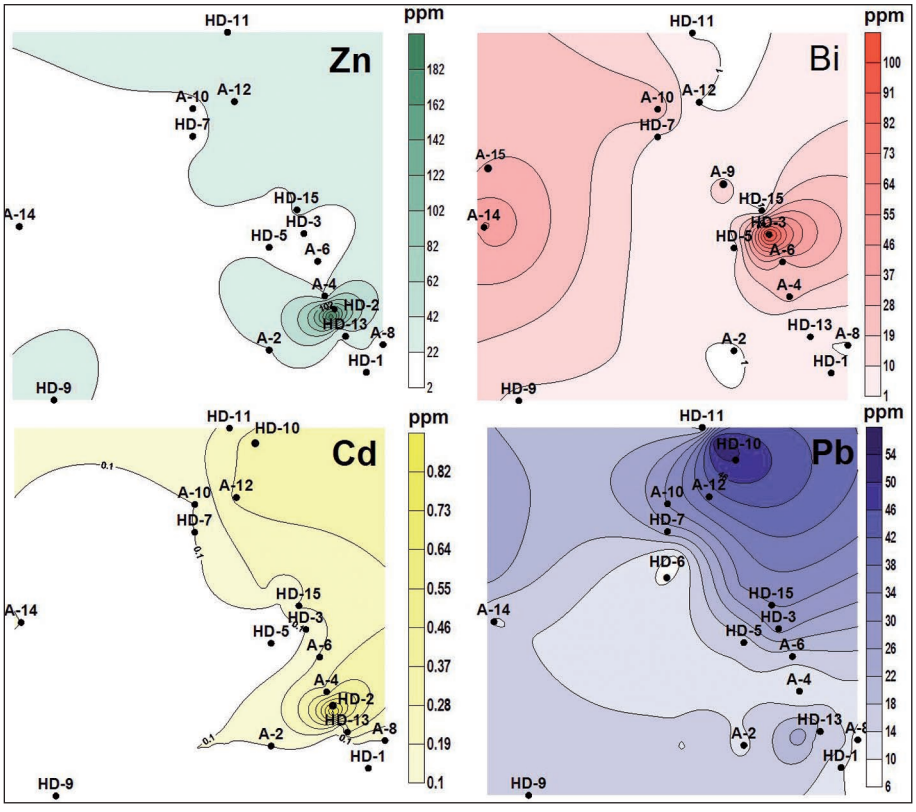
S cieľom študovať sorpciu ťažkých kovov z technogénnych sedimentov haldy na ílové minerály a hydrogoethit, ako aj existenciu voľnej sorpčnej kapacity týchto prírodných sorbentov sa analyzovala najprv vzorka technogénneho sedimentu, následne ílová frakcia z tejto vzorky a ílová frakcia po 14-dňovej macerácii ílu v drenážnej vode spod haldy Empfängnis. Drenážna voda sa pred realizáciou pokusu macerácie zahustila odparením z objemu 5 000 ml na 1 000 ml. Analýza tejto vody je uvedená v tab. 6.

Štúdium sorpcie ťažkých kovov z technogénnych sedimentov haldy na ílové minerály a hydrogoethit, ako aj existencie voľnej sorpčnej kapacity týchto prírodných sorbentov je pomerne komplikovaná úloha. V súčasnosti autori nedisponujú údajmi, ktoré by umožnili kvantitatívne vyjadriť výmennú sorpčnú kapacitu sledovaných sorbentov v zmysle STN 721076. Umožňujú však zistiť, či sorbenty z haldového poľa disponujú voľnou sorpčnou kapacitou. Pokiaľ sledujeme tieto závislosti v jednotlivých vzorkách, dostaneme pomerne komplikovaný obraz, ktorý je ťažké jednoznačne interpretovať. Väčšiu výpovednú hodnotu má komplexné zhodnotenie výsledkov postupom, pri ktorom sa hodnoty koncentrácie jednotlivých prvkov vo všetkých vzorkách technogénneho sedimentu, ílovej frakcie a v ílovej frakcii po macerácii (tab. 1 – 3) sčítajú. Takto získané sumárne hodnoty umožňujú lepšie porozumieť skúmaným procesom a tendenciám.

Ílové minerály v porovnaní s hydrogoethitom sú schopné sorbovať na svoj povrch najmä V, Cr, W, Zr a Th. Na hydrogoethit sa prednostne viažu nasledujúce prvky:

Tab. 5
Hodnoty celkovej vytvorenej acidity (AP), neutralizačného potenciálu (NP) a čistého neutralizačného potenciálu (NNP)
Values of total acidity production (AP), neutralization potential (NP) and net neutralization potential (NNP)

Vzorka Sample	AP	NP	NNP	NP : AP
A-1	7,81	44,8	37,0	5,7
A-2	0,62	39,9	39,3	63,8
A-3	3,12	23,2	20,1	7,4
A-4	10,31	6,6	–3,7	0,6
A-5	1,56	35,7	34,1	22,8
A-6	13,12	10,8	–2,3	0,8
A-7	0,93	127,1	126,2	135,6
A-8	0,31	26,6	26,3	85,1
A-9	0,93	0	–0,9	0,0
A-10	1,25	0	–1,3	0,0
A-11	3,43	10,8	7,4	3,1
A-12	0,62	0	–0,6	0,0
Priemer Mean	3,7	27,1	23,5	7,4



Obr. 4. Plošná distribúcia Zn, Bi, Cd a Pb na haldovom poli Ľubietová-Podlipa.

Fig. 4. Planar distribution of Zn, Bi, Cd and Pb at Ľubietová-Podlipa dump-field.

Cu, Zn, Mo, Mn a Mg (± Fe, Cd a Co). V prípade Sb, Bi, Sn, Pb, Ag, Ni, As a U sa nepreukázali žiadne trendy prednostnej sorpcie na ílové minerály alebo na hydrogoethitizovanú horninu (tab. 1 – 3).

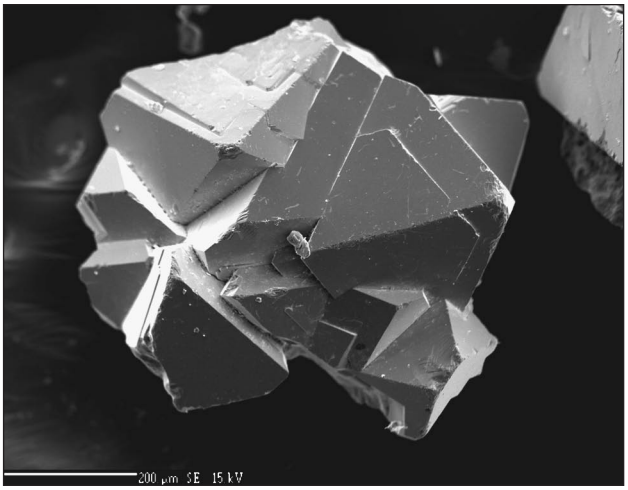
V prípade ťažkých kovov – Fe, As, Sb, Ag, Pb, Zn, Mn, Mo, Bi a U – sa okrem tendencie ich sorpcie na ílovú frakciu prejavila aj voľná sorpčná kapacita ílovej frakcie. Opačný trend – nižší obsah ťažkých kovov v ílovej frakcii ako v sedimente a vyplavovanie kovov pri macerácii – sa preukázal pri Th a Cu (obr. 8). Čo preukázal mierny nárast obsahu v ílovej frakcii, ale voľná sorpčná kapacita ílov sa nepreukázala. Správanie Cd, Ni, Co, V a Cr je komplikované (obr. 9).

Cd, Ni a V sa prednostne viažu v sedimentoch, nižší obsah Cd, Ni a V je v ílovej frakcii. Tá však mala v procese macerácie vo vode obsahujúcej ťažké kovy tendenciu sorbovať Cd, Ni a V na svoj povrch. Pravdepodobne je to dané tým, že väčšina kadmia, niklu a vanádu sa viaže v pevnej fáze a len ťažko prechádza do roztoku. V prírodnom procese zvetrávania sú autochtónne ílové minerály málo saturované vanádom. Rovnaký trend sa prejavil pri Cd, Ni, V a Co aj pri hydrogoethite. Situácia v prípade Cr je veľmi podobná. Rozdiel je v tom, že kým pri vanáde presiahli hodnoty koncentrácie kovu v macerovanom íle v pôvodnom sedimente, v prípade Cr sa potvrdila najvyššia koncentrácia v pôvodnom sedimente.

Spomedzi všetkých skúmaných ťažkých kovov sa najkomplikovanejšie prejavil kobalt.

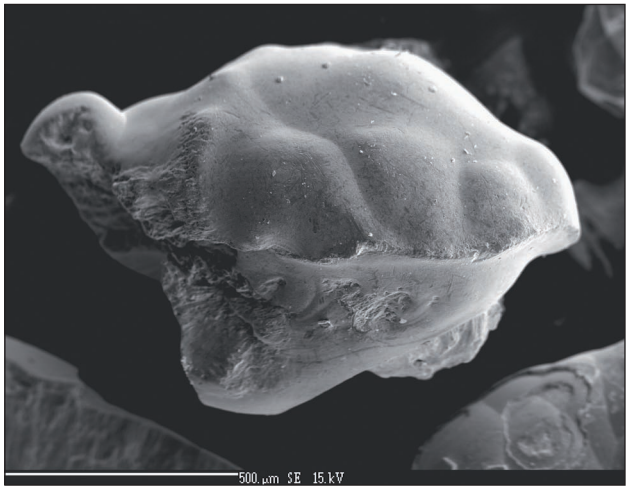
Trojuholníkový diagram (obr. 10) vyjadruje pomerné zastúpenie sledovaných prvkov. Je vypočítané zo súm ich priemerného obsahu vo vzorkách haldového materiálu (A), ílovej frakcie haldového materiálu (Ac) a ílovej frakcie po 14-dňovej macerácii v drenážnej vode z haldového poľa obsahujúcej ťažké kovy (Ac*) po prepočítaní sumárneho obsahu každého prvku na 100 %. Takmer v ťažisku diagramu leží projekčný bod kobaltu a veľmi blízko neho Mn a Th. Z toho vyplýva, že podiely týchto prvkov sú takmer zhodné v každom z porovnávaných médií (A, Ac, A*). Prevažná väčšina projekčných bodov sledovaných prvkov sa sústreďuje v poli ohraničenom spojnicami: ťažisko – A 33,3, Ac* 66,6. Pri prvkoch tejto skupiny s klesajúcimi podielmi priemerného obsahu v médiách A a Ac stúpajú podiely pripadajúce na médium Ac v smere od U po Zn a Pb. Projekčné body Cu, W a Cr ležia okolo spojnice ťažiska s A 66,6 v rozsahu ± 2 %. Podiely ich priemerného obsahu v médiách A aj Ac pritom klesajú od Cu po Cr. Pozícia projekčného bodu Bi je výnimočná tým, že pri nízkom podiele v médiu A a strednom podiele v médiu Ac jeho podiel v médiu Ac* je zhodný so Zr, Sb a Sn.

Najvyšší obsah Th sa zistil v sedimentoch a v pôde. V ílovej frakcii bola koncentrácia Th nižšia ako v sedimente a po macerácii sa vyplavoval z ílových minerálov. Tento



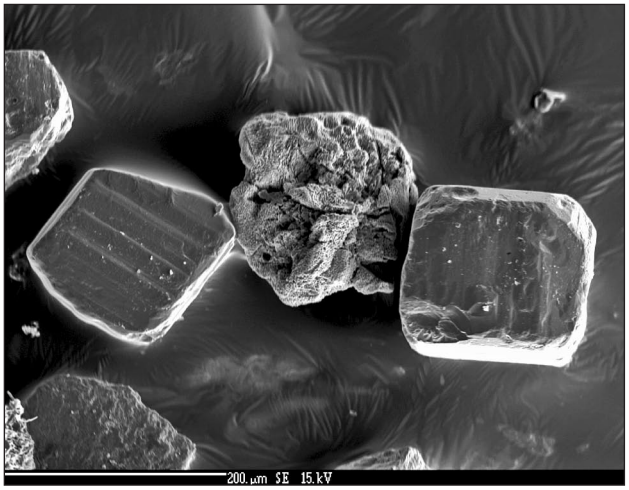
Obr. 5. Neidentifikovaný Cu-oxidický minerál zo sedimentu haldového poľa (vzorka A-6).

Fig. 5. Not identified Cu-oxide from the sediment of the dump-field (sample A-6).



Obr. 6. Malachitová konkrécia zo sedimentu haldového poľa (vzorka A-6).

Fig. 6. Malachite grain from the sediment of the dump-field (sample A-6).



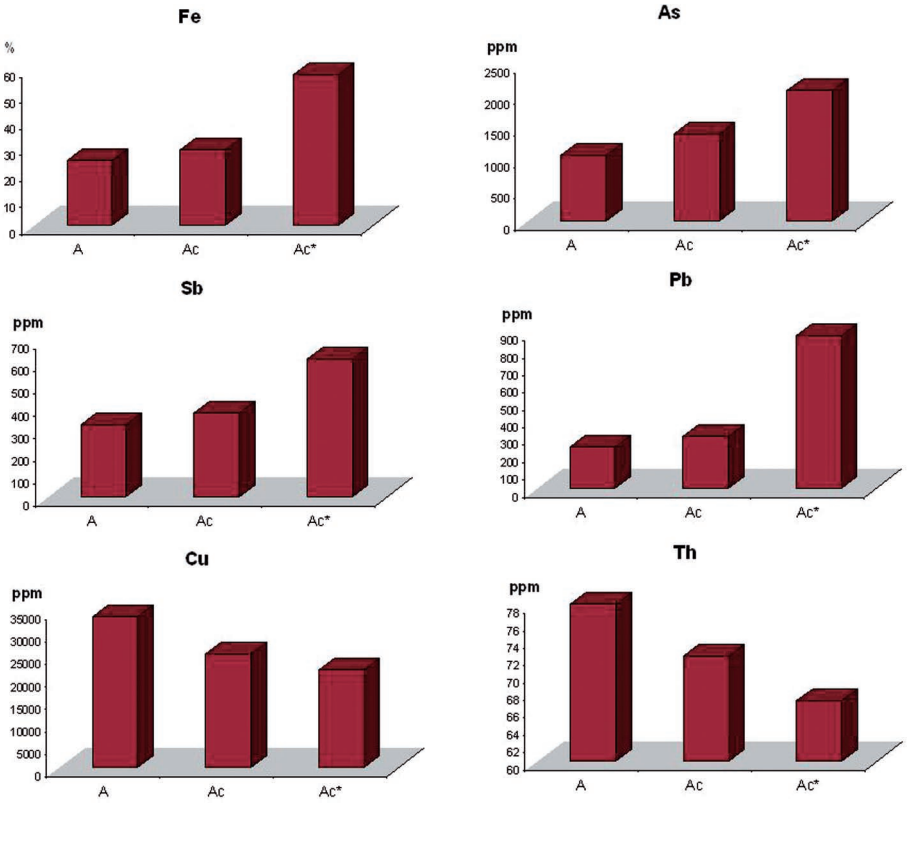
Obr. 7. Idiomorfné zrná pyritu a rýdzej medi (uprostred) zo sedimentu haldového poľa (vzorka A-9).

Fig. 7. Euhedral pyrite grains and native copper (in the middle) from the sediment of the dump-field (sample A-9).

trend je pozoruhodný predovšetkým preto, lebo U sa vo všeobecnosti považuje za mobilnejší ako Th. Tento trend sa prejavil aj na ložisku Ľubietová pri štúdiu vzťahu pôda/rastlina. V pôdach bol obsah Th obvykle o rád vyšší ako obsah U, kým v rastlinných pletivách bol v dôsledku vyššej migračnej schopnosti U pomer Th/U viac-menej 1 : 1.

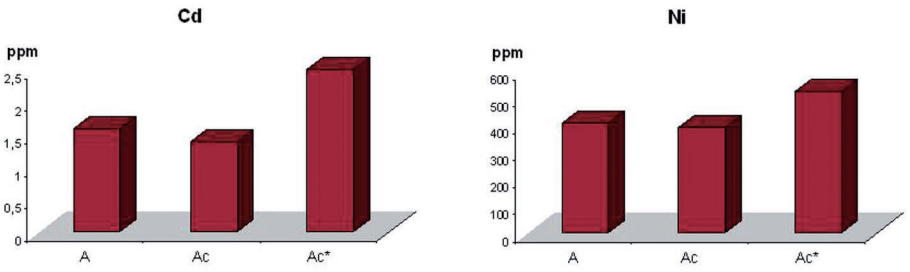
Diskusia

Distribúcia ťažkých kovov na haldovom poli je odrazom ich geochemických vlastností: obsahu, rozpustnosti, migračného potenciálu a sorpčných vlastností. Nedostatok karbonátov (ako hlavného prírodného neutralizačného



Obr. 8. Sumárny obsah Fe, As, Sb, Pb, Cu a Th: **A** – v technogénnych sedimentoch, **Ac** – v ílovej frakcii, **Ac*** – v ílovej frakcii po jej 14-dňovej macerácii vo vode obsahujúcej ťažké kovy.

Fig. 8. Total contents of Fe, As, Sb, Pb, Cu and Th: **A** – in technogenous sediments, **Ac** – in clay fraction, **Ac*** – in clay fraction after 14--days maceration in drainage water containing heavy metals.



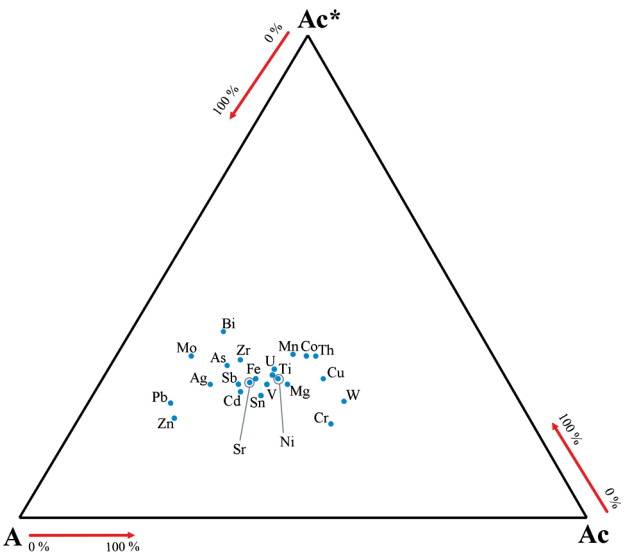
Obr. 9. Sumárny obsah Cd a Ni: **A** – v technogénnych sedimentoch, **Ac** – v ílovej frakcii, **Ac*** – v ílovej frakcii po jej 14-dňovej macerácii vo vode obsahujúcej ťažké kovy.

Fig. 9. Total contents of Cd and Ni: **A** – in technogenous sediments, **Ac** – in clay fraction, **Ac*** – in clay fraction after 14-days maceration in drainage water containing heavy metals.

Tab. 6
ICP-MS analýza drenážnej vody použitej na 14-dňovú maceráciu ílovej zložky
ICP-MS analysis of drainage water used for 14-days maceration of clay fraction

Vzorka / Sample	Fe	Cu	Pb	Zn	Cd	Bi	Co	Ni	As	Sb	Mn	Mo	Ag	Cr	Sn
							$\mu g \cdot l^{-1}$								
V-1	486	9 864	12,4	189	0,25	2,11	44,2	23,1	14,8	8,43	52	0,2	0,1	8,2	0,2

Poznámka: Koncentrácia Au, Ag, V, W, Zr, Sn, U a Th je pod medzou stanoviteľnosti.
Notice: Au, Ag, V, W, Zr, Sn, U and Th concentrations were below the detection limit.



Obr. 10. Trojuholníkový diagram obsahu jednotlivých ťažkých kovov v technogénnom sedimente (A), v ílovej frakcii (Ac) a v ílovej frakcii po 14-dňovej macerácii v drenážnej vode s vysokým obsahom ťažkých kovov (A).

Fig. 10. Triangle shaped plot of heavy metal contents in technogenous sediment (A), in fraction of clay minerals (Ac) and in clay minerals after 14-days maceration in drainage water with the high contents of heavy metals.

činidla) spôsobuje, že z 12 študovaných vzoriek zodpovedajúcich priemerným vzorkám z 12 častí haldového poľa v piatich sú hodnoty NPP záporné (neutralizačné látky úplne chýbajú) a dve hodnoty (zo vzoriek A-3 a A-11) sú veľmi nízke (7,4 a 20,1; tab. 5). Hodnoty NPP od –20 do 20 (kg $CaCO_3 \cdot t^{-1}$ haldového materiálu) z hľadiska potenciálnej tvorby kyslých látok v zmysle metodiky US EPA (in Lintnerová a Majerčík, 2005) možno označiť za *„rozsah neistoty“,* pretože nemožno jednoznačne určiť, či sa AMD bude tvoriť, alebo nebude. Napriek tomu celkový výsledok štúdia nasvedčuje tomu, že na lokalite Ľubietová-Podlipa je pomerne vysoký stupeň pravdepodobnosti, že tvorba AMD v budúcnosti nenastane.

Mobilitu väčšiny ťažkých kovov v prírode determinuje predovšetkým ich schopnosť sorpcie do prírodných sorbentov. Medzi nimi majú dominantné postavenie predovšetkým ílové minerály (Missana et al., 2008). Podľa mechanizmu sorpcie možno rozlíšiť niekoľko typov: a) mechanickú sorpciu, b) fyzikálnu adsorpciu podmienenú povrchovým napätím na fázovom rozhraní, c) fyzikálno-chemickú výmennú sorpciu, ktorá sa uskutočňuje výmenou iónov, d) chemickú adsorpciu, pri ktorej nastáva pútanie aniónov a tie vytvárajú precipitáty, e) bioakumuláciu – napríklad prijímanie biogénnych prvkov koreňovým systémom rastlín a mikroorganizmami (Chmielewska a Lesný, 1995; Lischke a Frank, 1988). Pri ílových mineráloch je dominantným procesom iónová výmena medzi roztokom a tuhou fázou, ale čiastočne aj fyzikálny proces adsorpcie (Kozáč, 1996).

Pri väčšine ťažkých kovov sa kaolinit osvedčil ako vynikajúci sorbent (Wahba a Zaghloul, 2007). Cu, Pb, Zn a Cd sa viažu prednostne na smektit, no Pb aj na illit (Rybicka et al., 1995). Illit a smektit v prípade Pb a Cu sa vyznačujú výbornou sorpčnou schopnosťou. Zn, Ni a Cd sa sorbujú na povrch illitu a smektitu v menšej miere. Mg, Fe a Al sa na ílové minerály sorbujú podstatne lepšie pri vyššom pH. Spôsobuje to absencia voľných iónov H^+ a zvyšovanie negatívneho náboja na povrchu ílových minerálov (Kishk a Hassan, 1973). Hodnota $pH_{(H_2O)}$ technogénnych sedimentov na lokalite Podlipa kolíše v rozmedzí 4,21 až 7,93 ($pH_{(KCl)}$ 4,00 – 7,34). Možno konštatovať, že podmienky na sorpciu Cu, Pb, Zn a Cd na ílové minerály síce nie sú najlepšie, ale ani úplne neúčinné.

Z hľadiska environmentálneho rizika sú podľa Andráša et al. (2008) na študovanej lokalite najrizikovejšie ťažké kovy – Cu, As a Sb.

Hlavným zdrojom Cu na haldovom poli sú tetraedrit, chalkopyrit a sekundárne minerály medi (libethenit, brochantit, langit, malachit, azurit a pseudomalachit). Cu uvoľnená pri zvetrávaní do roztokov kontaminuje celú miestnu hydrosieť. Andráš et al. (2007) opísali na lokalite cementačný proces, pri ktorom Cu precipituje na oxidoch Fe (hydrogoethite) a na železe. V prírodných vodách sa z rozpustných foriem Cu vyskytuje hydratovaný ión Cu(II), uhličitanové komplexy $[CuCO_3(aq)]^0$, $[Cu(CO_3)_2]^{2-}$ a hydrokomplexy [CuOH], $[Cu(OH)_2(aq)]^0$, $[Cu(OH)]^{3-}$ a $[Cu(OH)_4]^{2-}$ (Pitter, 1990).

Sorpcia Cu na povrch ílových minerálov výrazne závisí od pH. V prípade nedostatku karbonátov (ako je to aj na lokalite Ľubietová-Podlipa) podľa Suna et al. (1997) pri procese sorpcie vznikajú komplexné zlúčeniny $\equiv SOCu^+$, $\equiv SOCuOH$ a $\equiv SOCu_2(OH)_2^+$, menej aj $\equiv Cu(OH)_2$ a $\equiv SOCu_2(OH)_3$ precipitátov.

Hlavný zdroj As na lokalite Ľubietová je tetraedrit. Pri zvetrávaní arzénové rudné minerály ľahko oxidujú, pričom arzén prechádza z foriem s nižším mocenstvom na As(V), tvoriac zlúčeniny kyseliny arzeničnej (Lin a Puls, 2000). Tá je rozpustná vo vode, ale len zriedka môže migrovať na väčšiu vzdialenosť, pretože rýchlo reaguje s katiónmi ťažkých kovov a arzén sa viaže vo forme rozličných arzeničnanov. As vo vode vystupuje najčastejšie vo forme $H_2AsO_4^-$, $HAsO_4^{2-}$ a $HAsO_2^0$ (Greenwood a Earnshaw, 1990). As(III) je v oxidačnej zóne zvetrávania omnoho mobilnejší ako As(V) (Manning a Goldberg, 1997).

V hypergénnych podmienkach haldového poľa Ľubietová-Podlipa výrazne prevláda As(V) (Andráš et al., 2008). Sorpčná kapacita ílových minerálov, hydrogoethitu a oxyhydroxidov Fe, vo vzťahu k As je veľmi vysoká (až 76 mg $As \cdot g^{-1}$ v oxyhydroxidoch Fe pri pH 5). Sorpcia As závisí od pH, času, koncentrácie As v roztoku a teploty (Mohapatra et al., 2007). Najintenzívnejšia sorpcia nastáva pri pH 4 (García-Sanchez et al., 2002; Lombi et al., 2000). Podľa Mohapatra et al. (2007) je spomedzi ílových minerálov prítomných na haldovom poli Ľubietová-Podlipa najlepším sorbentom As(V) kaolinit. 25 – 35-násobne lepšie sorpčné vlastnosti vykazujú halloyzit a chlority. Menej toxický As(V) sa vo vzťahu k toxickejšiemu As(III) sorbuje na ílové minerály omnoho ľahšie a vo väčšom množstve. As(III) sa pri tomto procese oxiduje na As(V). Redukčný proces sa pri štúdiu sorpcie As nepotvrdil (Lin a Puls, 2000).

Väčšina Sb pochádza z tetraedritu. Sb(III) aj Sb(V) existujú v prírodných podmienkach v rozpustných formách: Sb(V) ako $Sb(OH)_6^-$ a Sb(III) vo forme $Sb(OH)_3$ (Filella et al., 2002). Hydrogoethit a hydroxidy Fe sú dôležité sorbenty Sb. Sb(III) aj Sb(V) vytvárajú na povrchu hydrogoethitu a hydroxidov Fe komplexné zlúčeniny. Sb(III) sa najlepšie sorbuje pri pH 3 – 12, kým maximálna sorpcia Sb(V) nastáva pri pH < 7. Na povrchu hydrogoethitu a hydroxidov Fe môže najmä v rozmedzí pH 3 – 5,9 v priebehu niekoľkých dní nastávať oxidácia Sb(III). Pri pH ~ 9 sa mobilizuje a uvoľňuje do roztoku, pri pH < 7 zostáva viazaný na povrchu oxidov Fe (Leus et al., 2006).

Z rozpustných foriem olova v prírode prevažujú Pb(II) a $[PbCO_3(aq)]^0$, ktorý môže byť v širokom rozmedzí pH dominantnou formou výskytu. V alkalickej oblasti sa môžu tvoriť vo väčšej koncentrácii aj komplexy $[Pb(CO_3)_2]^{2-}$, $[Pb(OH)_2(aq)]^0$ a $[PbOH]^+$ (Pitter, 1990). V pôde je Pb najčastejšie v pevnej fáze vo forme $PbCO_3$ a $PbSO_4$, pričom humínové látky spôsobujú jeho imobilizáciu (Beneš a Pabianová, 1987). Pb vykazuje afinitu k tvorbe komplexov s nerozpustnými humínovými látkami. V dôsledku toho sa fixuje vo vrchnej humusovej vrstve. Cu a Pb v porovnaní so Zn bývajú sorbované na povrch ílových minerálov omnoho pevnejšie (Sipos et al., 2008).

Rozpustné Cd sa vo vode vyskytuje ako jednoduchý hydratovaný ión Cd(II), vo forme anorganických komplexov $[CdOH]^+$, $[Cd(OH)_2(aq)]^0$, $[Cd(OH)_3]^-$, $[CdCO_3(aq)]^0$, $[Cd(CO_3)_2]^{2-}$, $[CdSO_4]^0$ a vo forme organických komplexov s rôznymi organickými ligandmi (Pitter, 1990). Sorpcia Cd na ílové minerály sa vo všeobecnosti zvyšuje so vzrastajúcim pH (Hayashi a Liu, 2008). Percento sorbovaného Cd(II) na ílové minerály výrazne vzrastá pri pH 6,5 až 9,0, pričom na illit sa sorbuje intenzívnejšie ako na kaolinit (Reid a McDuffie, 2005).

Záver

Distribúcia ťažkých kovov v horninách a rudninách haldového poľa Ľubietová-Podlipa je nerovnomerná. Zodpovedá pôvodnej koncentrácii kovov v technogénnom sedimente, ako aj ich migračným a sorpčným vlastnostiam.

Oxidáciu sulfidických minerálov na ložisku indikovanú povlakmi sekundárnych minerálov Cu (uhličitanov a oxidov) potvrdzujú aj zistené hodnoty pH vo výluhoch z technogénnych sedimentov. Pomerne vysoký obsah celkovej aj sírnikovej síry svedčí o značnom obsahu ešte nezoxidovaných primárnych sulfidov. Priemerný potenciál celkovej tvorby acidity (AP = 3,7) zodpovedá čistému neutralizačnému potenciálu (NNP) 23,5 kg $CaCO_3$ na 1 tonu haldového materiálu.

Rtg. difrakčná analýza potvrdila, že spomedzi prírodných sorbentov prevažujú na lokalite illit, muskovit a minerály zo skupiny smektitov, menej kaolinit a minerály zo skupiny chloritu. Hydrogoethit je pomerne zriedkavý. Značná časť ťažkých kovov a kontaminantov je zachytená v poréznych zložkách, v hydroxidoch železa (hydrogoethite) a v ílových mineráloch (predovšetkým V, Cr, Ti, W, Zr, Nb, Ta a Th). Tie v prípade Fe, As, Sb, Ag, Pb, Zn, Mn, Mo, Bi a U disponujú značnou voľnou sorpčnou kapacitou.

Haldový materiál stále vykazuje značné množstvo mobilizovateľných kovov a istý potenciál tvoriť kyslosť. Pomer NP : AP napriek tomu umožňuje vysloviť predpoklad, že pre okolité krajinné zložky nepredstavuje bezprostredné riziko, pretože tvorba kyslých produktov (AMD) v oblasti haldového poľa je málo pravdepodobná.

Poďakovanie. Práca vznikla za podpory grantovej agentúry VEGA v rámci riešenia grantu VEGA-1/0789/08.

Literatúra

ANDRÁŠ, P., JELEŇ, S. & KRIŽÁNI, I., 2007: Cementačný účinok drenážnej vody z haldového poľa Ľubietová-Podlipa. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 39, č. 4, s. 303 – 308.*

ANDRÁŠ, P., LICHÝ, A., RUSKOVÁ, J. & MATÚŠKOVÁ, L., 2008: Heavy metal contamination of the landscape at the Ľubietová deposit (Slovakia). *In: Proc. World Acad. Sci., Engineering and Technology, 34, (Venice, Italy), pp. 97 – 100.*

BENEŠ, S. & PABIANOVÁ, J., 1987: Přirozené obsahy distribuce prvků v půdach. *Praha, VŠZ, s. 123 – 149.*

ČURLÍK, J., 2003: Pôdna reakcia a jej úprava. *Bratislava, Jaroslav Suchoň Publ., 249 s.*

FILELLA, M., BELZILE, N. & CHEN, Y. W., 2002: Antimony in the environment: A review focused on natural waters. II relevant solution chemistry. *In: Earth Sci. Rev. (Amsterdam), Vol. 59, No. 1 – 4, pp. 265 – 285.*

GARCÍA-SANCHEZ, A., ALVAREZ-AYUSO, E. & RODRIGUEZ-MARTIN, F., 2002: Sorption of As(V) by some oxyhydroxides and clay minerals. Application to its immobilization in two polluted mining soils. *In: Clay Miner. (London), Vol. 37, No. 1, pp. 187 – 194.*

GREENWOOD, N. N. & EARNSHAW, A., 1990: Chemie der Elemente. *Würzburg, 1 707 s.*

HAYASHI, Y. J. Du. S. & LIU, S. Y., 2008: Sorption properties of Cd and Pb on Ariake clay. *In: J. Amer. Soc. of Civil Eng., Vol. 29, No. 3, pp. 255 – 261.*

CHMIELEWSKA, H. & LESNY, J., 1995: Study of sorption equilibria in the systems: Water, solutions of organicions – clinoptilolite. *In: J. of Radioanl. and Nuclear Chem., Vol. 201, No. 4, pp. 293 – 301.*

KISHK, F. M. & HASSAN, M. N., 1973: Sorption and desorption of copper by and from clay minerals. *In: Plat and Soil, Vol. 39, No. 3, pp. 497 – 505.*

KOZÁČ, J., 1996: Nerastné suroviny ako sorbenty katiónov ťažkých a toxických kovov a základná zložka čistiacich prostriedkov. *In: Miner. Slov., Geovestník (Bratislava), roč. 28, č. 6, s. 5 – 7.*

LEUS, A. K., MÖNCH, H. & JOHNSON, C. A., 2006: Sorption of Sb(III) and Sb(V) to goethite: Influence on Sb(III) oxidation and mobilization. *In: Environmental Sci. & Technology, Vol. 40, No. 23, pp. 7 277 – 7 282.*

LIN, Z. & PULS, R. V., 2000: Adsorption, desorption and oxidation of arsenic affected by clay minerals and aging process. *In: Environmental Geol. (Berlin – New York), Vol. 39, No. 7, pp. 753 – 759.*

LINTNEROVÁ, O. & MAJERČÍK, R., 2005: Neutralizačný potenciál sulfidického odkaliska Lintich pri Banskej Štiavnici – metodika a predbežné hodnotenie. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 37, č. 4, s. 517 – 528.*

LISCHKE, P. & FRANK, V., 1998: Hydrologie, meteorologie, pedologie I. *Praha, Vysoká škola chemicko-technologická, 214 s.*

LOMBI, E., WENZEL, W. W. & SLETTEN, R. S., 2000: Arsenic adsorption by soils and iron-oxide-coated sand: Kinetics and reversibility. *In: J. Plant Nutrition Soil Sci., Vol. 162, No. 4, pp. 451 – 456.*

MANNING, B. A. & GOLDBERG, S., 1997: Adsorption and stability of arsenic(III) at the clay mineral-water interface. *In: Environmental Sci. & Technology, Vol. 31, No. 7, pp. 2 005 – 2 011.*

MISSANA, T., GARCIA-GUTTIEREZ, M. & ALONSO, U., 2008: Sorption of strontium onto illite/smectite mixed clays. *In: Phys. Chem. Earth, Vol. 33, No. 1, pp. 156 – 162.*

Mohapatra, D., Mishra, D., Chaudhury, G. R. & Das, R. P., 2007: Arsenic adsorption mechanism on clay minerals and its dependence on temperature. *In: Korean J. Chem. Engin., Vol. 24, No. 3, pp. 256 – 1 115.*

Pitter, P., 1990: Hydrochemie. *Praha, STNL, 211 s.*

Reid, J. D. & McDuffie, B., 2005: Sorption of trace cadmium on clay minerals and river sediments: Effects of pH and Cd(II) concentrations in a synthetic river water medium. *In: Water, Air & Soil Pollution, Vol. 15, No. 3, pp. 375 – 386.*

Rybicka, E. H., Calmano, W. & Breeger, A., 1995: Heavy metals sorption/desorption on competing clay minerals: An experimental study. *In: Appl. Clay Sci., Vol. 9, No. 5, pp. 369 – 381.*

Sipos, P., Németh, T., Kis, V. K. & Mohai, I., 2008: Sorption of copper, zinc and lead on soil mineral phases. *In: Chemosphere, Vol. 73, No. 4, pp. 461 – 469.*

Sobek, A. A., Schuller, W. A., Freeman, J. R. & Smith, R. M., 1978: Field and laboratory methods applicable to overburden and minesoils. U. S. Environmental Protection Agency, Environmental Protection Technology, EPA 600/2-78-054, Cincineti. OH, 203. p

Sun, Du, Q., Forsling, Z. X. & Tang, H. X., 1997: Adsorption of copper at aqueous illite surfaces. *In: J. of Colloidal Interface Sci., Vol. 187, No. 1, pp. 232 – 242.*

Šucha, V., Środoń, J., Zatkalíková, V. & Franců, J., 1991: Zmiešanovrstevnatý minerál typu illit/smektit: separácia, identifikácia, využitie. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 23, č. 3, s. 267 – 274.*

Wahba, M. M. & Zaghloul, A. M., 2007: Adsorption characteristics of some heavy metals by some soil minerals. *In: J. Appl. Sci. Res., Vol. 3, No. 6, pp. 421 – 426.*

Rukopis doručený 11. 3. 2009
Revidovaná verzia doručená 13. 3. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 30. 6. 2009

Dump-field Ľubietová-Podlipa as a source of environmental risk and possibilities of clay minerals utilization as heavy metal sorbents (Middle Slovakia)

The Ľubietová deposit belonged in the 15th and 16th centuries among the most important and most extensively exploited Cu-mines of Europe. Although mining activities were stopped during the 19th century and only a few geological surveys with negligible effect have been carried out here since that time, the area is substantially affected. The main dump-field Podlipa (Fig. 1) represents about 2 km^2 area. The deposit is situated in Permian greywackes, arkose schists and conglomerates.

The dump-field sampling was realized in 2007 and 2008 (Fig. 2). Each sample (A-1 to A-12) was prepared from numerous local samples and represents the average sample of the single dump-field area (Fig. 2). Also samples of clay fraction and clay fraction after 14 days maceration in drainage water containing high heavy metal content (Tab. 6) were analysed (Tabs. 1–3).

The dump-field mining sediments are influenced by heavy metals from the hydrothermal Cu-mineralization. The main contaminants: Cu (up to 20 360 ppm), Fe (up to 2.58 %), As (up to 457 ppm), Sb (up to 80 ppm) and Zn (up to 80 ppm) are accompanied also by U (up to 10 ppm) and Th (up to 35 ppm; Tabs. 1–3). The present natural sorbents are predominantly the clay minerals (illite, muscovite, kaolinite, smectite) and hydrogoethite. The clay minerals are good sorbents of V, Cr, Ti, W, Zr, Nb, Ta and Th and in the case of hydrogoethite of Cu, Zn, Mo, Mn, Mg (± Fe, Cd, Co, Ca). The free sorption capacity was proved in the case of Fe, As, Sb, Ag, Pb, Zn, Mn, Mo, Bi and U (Tabs. 1–3, Figs. 8, 9 and 10).

The paste or rinse pH of sediments measured in distilled H_2O is around 5.3 and only very few samples account acid values (< 5.0). The measuring of the pH paste in the samples using solution of 1M KCl give similar values. It means that only few samples show markedly acid reaction. The acidity production (AP) vary from 0.625 to 10.31 (in average 3.7) and the neutralization potential (NP $CaCO_3$) from 0.66 to 12.71 kg/t (in average ca 27.1 kg/t $CaCO_3$). The value of the net neutralization potential (NPP) and the NP : AP ratio show (if we remove the extreme value from sample A-7) that the potential of the acid mine drainage water formation is very limited (NPP = 1.42; NP : AP = 1.72) and the environmental risk is negligible.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 213 – 224
ISSN 0369-2086

Analýza vzťahu medzi vypočítaným stupňom stability a pohybovou aktivitou na príklade zosuvu pri Okoličnom

PETER ONDREJKA

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
peter.ondrejka@geology.sk

Analysis of the relation between calculated degree of slope stability and kinetic activity of the landslide Okoličné (Liptovský Mikuláš district, Slovakia)

Input parameters of the slope stability calculation are slope morphology, shear strength characteristics and the state of groundwater level. Because the first and second parameters are practically invariable in specified time period, actual slope stability state is the most influenced by the groundwater level changes. In accordance with this concept the regime observations of groundwater level changes are performed on important landslide areas with assumption that expressive increase of ground water level may redound to activation of the slope movement. Unfortunately, to prove such assumption is rather complicated because of lack of quality and quantity data about the development of kinetic activity of the landslide masses. Two methodical procedures of the derivation of the relation between the degree of stability (determined from the results of regime observations) and kinetic activity of landslide (determined by the geodetic and inclinometric measurements) are presented in the paper. Input data has been obtained on the model landslide Okoličné near Liptovský Mikuláš town during its long-term monitoring. The great difficulty of studied relation and its affection by the number of factors have been proved. Nevertheless, in the case of strong dependency between analysed phenomenons the critical levels of ground water may be informatively derived.

Key words: stability of slope, regime observations, geodetic and inclinometric measurement, monitoring

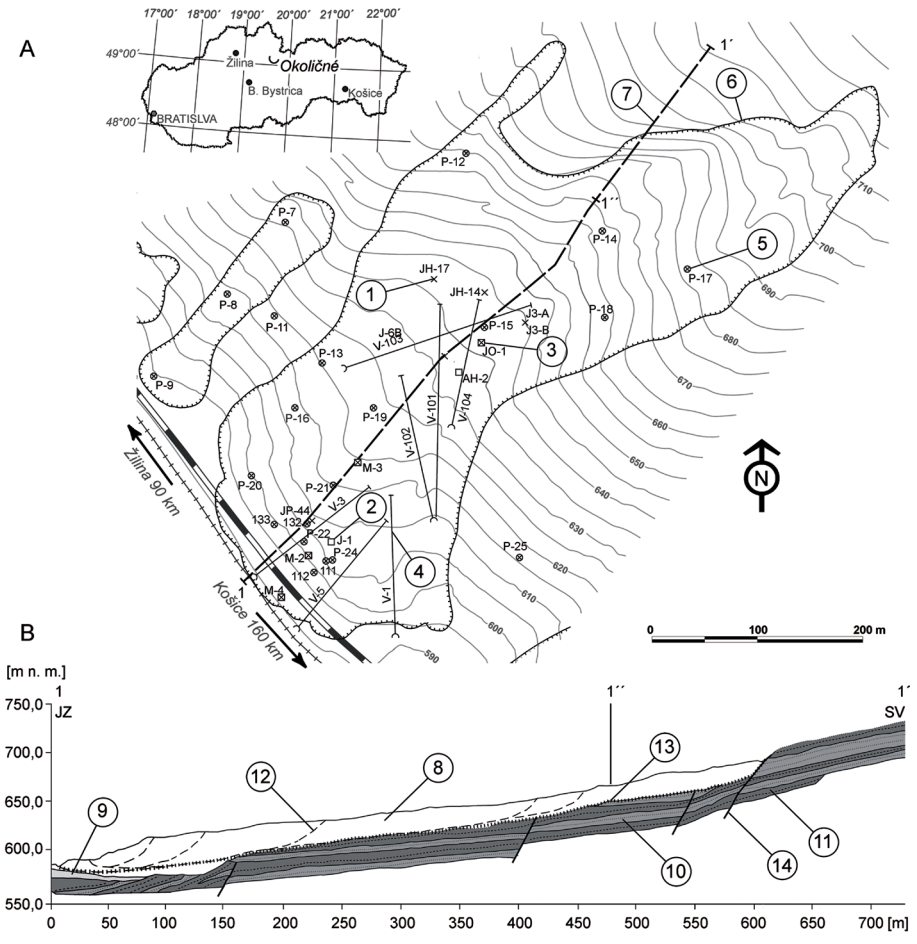
Úvod

Vznik alebo aktiváciu zosuvných pohybov v podmienkach Západných Karpát najviac ovplyvňujú zmeny úrovne hladiny podzemnej vody. Preto pri posudzovaní stabilitného stavu zosuvných území je najdôležitejšie odvodenie vzťahu medzi kolísaním podzemnej vody a zosuvnou aktivitou. Štúdium vplyvu vody na pohybovú aktivitu zosuvných más môže odhaliť závislosti, ktoré v budúcnosti umožnia s dostatočným predstihom indikovať blížiaci sa stabilitne nepriaznivý stav.

Cieľom tohto príspevku je prispieť k poznaniu uvedenej závislosti na základe hlbšej analýzy vypočítaných hodnôt stability (určených pri rôznych úrovniach hladiny podzemnej vody) a nameraných parametrov pohybu zosuvných hmôt na modelovej lokalite zosuvu pri Okoličnom. Táto lokalita je známa dlhodobo pretrvávajúcim zosuvným ohrozením dôležitej železničnej tepny, ktorá spája východ a západ Slovenska. Kvôli tejto skutočnosti sa lokalita dostala do povedomia širokej odbornej verejnosti a okrem detailného zhodnotenia v záverečnej správe z prieskumu (Fussgänger et al., 1976) boli výsledky riešenia čiastkových problémov publikované vo viacerých odborných príspevkoch (Fussgänger a Jadroň, 1977; Scherer a Wagner, 1997; Wagner et al., 1997, 2000; Slivovský et al., 1998 a ďalší). Prehľadná informácia o lokalite sa nachádza aj v známom monografickom diele Nemčoka (1982). Vzhľadom na celospoločenskú dôležitosť bola lokalita zaradená aj do súboru zosuvov monitorovaných v rámci riešenia úlohy *Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia*, ktorej objednávateľom je Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky a zhotovovateľom Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (Klukanová, 1998). Vďaka riešeniu tejto úlohy sa na opisovanej lokalite v priebehu posledných 15 rokov zozbieralo množstvo údajov, ktoré charakterizujú vývoj režimu podzemnej vody a pohybovej aktivity zosuvných hmôt.

Charakteristika zosuvnej lokality

Zosuv sa nachádza v severovýchodnej časti intravilánu mesta Liptovský Mikuláš na južnom svahu s kótou Háj (746 m n. m.). Zosuvný pohyb sa aktivizoval v roku 1949 počas zdvojkoľajňovania železničnej trate, keď pri terénnych úpravách bol podrezaný svah budovaný vrstvami paleogénnych ílovcov a pieskovcov. Išlo o reaktiváciu staršej svahovej poruchy, ktorá v minulosti vznikla v dôsledku laterálneho podrezávania svahu riekou Váh. V snahe stabilizovať zosuvný svah sa na lokalite v rokoch 1953 až 1976 uskutočnilo niekoľko etáp prieskumných a sanačných prác. Počas nich sa vybudovali viaceré sanačné a monitorovacie objekty. Kvôli možnosti



Obr. 1. Zosuvné územie Okoličné pri Liptovskom Mikuláši. **A** – situácia zosuvného územia so sieťou monitorovacích bodov; **B** – schematický geologický profil 1 – 1´ (spracovaný podľa Fussgängera et al., 1976). **1** – hydrogeologické vrty; **2** – hydrogeologické vrty so zabudovaným hladinomerom; **3** – inklinometrické vrty; **4** – horizontálne odvodňovacie vrty; **5** – body geodetickej siete; **6** – ohraničenie zosuvu; **7** – línia schematického (1 – 1´) a výpočtového (1 – 1´´) profilu; **8** – zosuvné delúvium a podložné zvetrané ílovce; **9** – sedimenty riečnej terasy Váhu; **10** – paleogénne pieskovce; **11** – paleogénne ílovce; **12** – parciálne šmykové plochy; **13** – bazálna šmyková plocha; **14** – neogénne zlomy.

Fig. 1. Landslide area Okoličné near town Liptovský Mikuláš. **A** – the landslide area with location of the net of monitoring objects; **B** – schematic geological profile 1 – 1´ (according to Fussgänger et al., 1976). **1** – hydrogeological boreholes; **2** – hydrogeological boreholes with automatic water-level indicator; **3** – inclinometric boreholes; **4** – horizontal drainage boreholes; **5** – the points of the geodetic net; **6** – border of the landslide; **7** – line of schematic (1 – 1´) and computed (1 – 1´´) profile; **8** – landslide deluvial deposits and weathered bedrock claystones; **9** – Váh river terrace fluvial deposits; **10** – Paleogene sandstones; **11** – Paleogene claystones; **12** – partial slip surfaces; **13** – basal slip surface; **14** – Neogene faults.

dokonalejšej kontroly aktuálneho stabilitného stavu svahu k nim neskôr pribúdali ďalšie objekty vrátane automatických hladinomerov.

V hodnotenom zosuvnom území sa vyvinulo viacero svahových porúch. Rozmermi aj aktivitou najvýraznejší zosuv má prúdový charakter s orientáciou hlavného pohybu zo SV na JZ (obr. 1A). Dĺžka zosuvu je 750 m, jeho celkové prevýšenie predstavuje 130 m (590 – 720 m n. m.). Akumulačná oblasť, ktorá má výrazne vyvinutý bochníkovitý tvar, je široká 290 m s relatívnym prevýšením oproti aluviálnej nive 20 m. Prechodová oblasť je široká približne 170 m a dosahuje relatívne prevýšenie 40 m. Najširšia časť zosuvu je odlučná oblasť, ktorá sa rozvetvuje na dve časti. Celková plocha postihnutého územia je 0,16 km^2. Západne od hlavného zosuvu vznikli v dôsledku nefunkčnosti starších odvodňovacích zariadení dva menšie zosuvy (obr. 1A).

Na geologickej stavbe zosuvného územia sa podieľajú horniny vnútrokarpatského paleogénu a kvartérne sedimenty (obr. 1B). Hranicu medzi paleogénnymi horninami a kvartérnym pokryvom tvorí eluviálny zvetraninový plášť. Paleogénne sedimenty majú flyšový charakter s prevládajúcou ílovcovou zložkou. Orientácia ich vrstvovitosti je 290 až 310° / 5 až 35°.

Eluviálne a deluviálne uloženiny sú svojím charakterom a geotechnickými vlastnosťami veľmi príbuzné. Eluviálne sedimenty – navetrané až zvetrané ílovce a pieskovce – možno vyčleniť len v najvyšších polohách svahu. Smerom po svahu postupne prechádzajú do deluviálnych sedimentov a v prostredí nad bazálnou šmykovou plochou sú vyčlenené ako zosuvné delúvium. Tvoria ich prevažne svahové ílovité hliny, ktoré pri zvýšenom výskyte pevnejších úlomkov pieskovcov a ílovcov nadobúdajú charakter hlinitých a hlinito-kamenitých sutín. Čelo zosuvu je v dĺžke viac ako 50 m presunuté cez aluviálne štrkovité náplavy Váhu (Fussgänger et al., 1976 – obr. 1B).

Z hydrogeologického hľadiska možno v zosuvnom území vyčleniť viacero zvodnených horizontov. V najvyššie položených častiach územia nad odlučnou oblasťou prevláda hlbší obeh podzemných vôd nad obehom v pokryvných útvaroch. Podzemná voda v tejto oblasti sa viaže na tektonicky porušené až rozlámané lavice pieskovcov. Smerom dolu po svahu (približne vo výške 650 m n. m.) sa tento pomer vyrovnáva a možno konštatovať, že oba obehy splývajú. V týchto miestach sa podzemná voda dostáva pod málo priepustné až nepriepustné bariéry. Tým jej hladina získava napätý charakter s piezometrickou výškou značne presahujúcou úroveň terénu.

Lokálne napäté hladiny sa vyskytujú aj v telese zosuvného delúvia. Svahovým pohybom sa porušil pôvodný hydrogeologický režim. Výsledkom toho je vznik lokálnych zvodnených polôh. Tieto skutočnosti veľmi nepriaznivo ovplyvňujú stabilitné pomery svahovej deformácie. Na úpätí svahu sa drenážnymi vlastnosťami prejavujú štrkovité a piesčité fluviálne náplavy rieky Váh, ktoré sú čiastočne postihnuté zosuvným pohybom (obr. 1B a 2).

Metodický postup riešenia

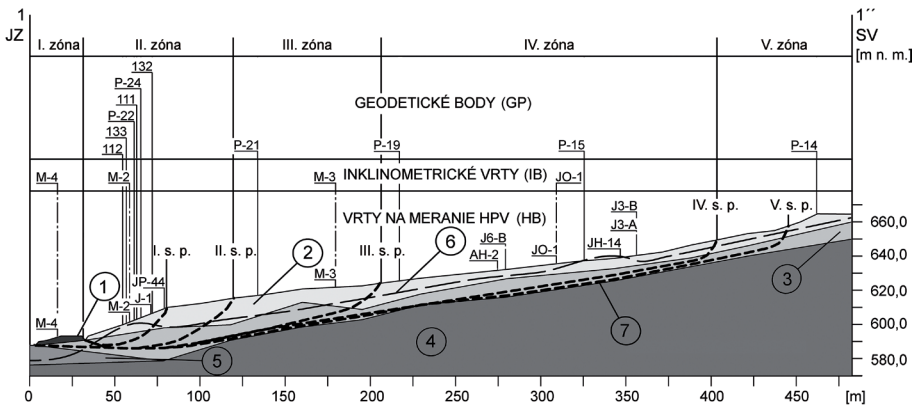
Postup riešenia úlohy pozostával z niekoľkých, vzájomne na seba nadväzujúcich etáp. Prvá etapa bola zameraná na zostavenie reprezentatívneho inžinierskogeologického modelu zosuvného svahu, jeho kvantifikáciu (t. j. výber reprezentatívnych fyzikálnych a mechanických vlastností hornín), výber výpočtových úrovní hladiny podzemnej vody a na výpočet stupňa stability na jednotlivých šmykových plochách pri rôznej úrovni hladiny podzemnej vody. V nasledujúcej etape sa vykonala analýza pohybovej aktivity zosuvných hmôt na základe výsledkov rôznych typov monitorovacích meraní počas vybraného obdobia monitorovania zosuvu. V poslednej etape riešenia sa získané výsledky stabilitných riešení a zaznamenaných pohybových aktivít zosuvu zosúladili v čase, vzájomne sa porovnali a z takejto analýzy sa odvodili poznatky a závery.

Vplyv režimu podzemnej vody na stupeň stability svahu

Stupeň stability sa určoval na generalizovanom inžinierskogeologickom modeli zosuvného svahu pri rôznych úrovniach hladiny podzemnej vody (otázke výberu hladiny podzemnej vody je venovaná samostatná časť). Výpočtový profil bol zostavený na základe reálnych súradníc terénu a hĺbky šmykových plôch zistených pri inžinierskogeologickom prieskume lokality (Fussgänger et al., 1976), ako aj z prác, v ktorých sa riešili stabilitné pomery opisovaného územia (Míka in Klukanová et al., 1998).

Inžinierskogeologický profil (1 – 1´´; obr. 2) prechádza centrálnou časťou najväčšieho prúdového zosuvu (obr. 1A). V profile s dĺžkou 481 m a s celkovým prevýšením 77,6 m je zachytených päť aktívnych šmykových plôch. Od čela zosuvu smerom k odlučnej oblasti profil prechádza cez terasové sedimenty rieky Váh, ktoré sú čiastočne prekryté sedimentmi zosuvného delúvia a umelým násypom železničnej trate, a pokračuje samotným zosuvným telesom. Podložie zosuvných deluviálnych sedimentov tvorí zvetraný horizont ílovcov, postupne prechádzajúci do neporušených ílovcov a pieskovcov vnútrokarpatského flyšu (obr. 2). Bazálna šmyková plocha, ktorá ohraničuje zosuv, vznikla počas staršej vývojovej fázy a z hľadiska súčasného vývoja zosuvného pohybu má prevažne stabilný charakter. Preto sa aj monitorovanie režimových ukazovateľov v oblasti nad aktívnymi šmykovými plochami výrazne zredukovalo. Vzhľadom na nedostatok informácií o režime podzemných vôd sa vo výpočtovom profile nehodnotí stabilita v celej dĺžke bazálnej šmykovej plochy.

Pri kvantifikácii výpočtového modelu sa z požadovaných vlastností hornín použil vždy spodný interval v rámci prevládajúceho rozsahu hodnôt objemovej tiaže suchej zeminy (γ) a efektívnych parametrov šmykovej pevnosti – uhla vnútorného trenia (φ) a súdržnosti (c), určených na vzorkách, ktoré sa odobrali z jednotlivých vrtov počas prieskumu. Na výpočet stupňa stability sa použila Woldtova metóda, ktorá umožňuje výpočet stupňa stability na ľubovoľnej polygonálnej šmykovej ploche. Softvér použitý pri stabilitných výpočtoch umožňuje zohľadniť aj pozitívny vztlakový horizont podzemnej vody. Pri zostavovaní výpočtového modelu sa postupovalo v zmysle užívateľskej príručky (Kovářík, 2008). Vstupné údaje charakterizujúce vlastnosti jednotlivých litologických vrstiev sú uvedené v tab. 1.



Obr. 2. Profil 1 – 1´´ so znázornením šmykových plôch pre stabilitné výpočty. **1** – násyp železničnej trate; **2** – zosuvné delúvium; **3** – zvetrané paleogénne ílovce; **4** – neporušené paleogénne podložie flyšového charakteru; **5** – riečna terasa Váhu; **6** – modelová úroveň hladiny podzemnej vody; **7** – parciálne šmykové plochy (I. – V. s. p.), **I. – V. zóna** – vyčlenené úseky s monitorovacími objektmi.

Fig. 2. Profile 1 – 1´´ with slip surfaces for stability calculation. **1** – railway embankment; **2** – landslide deluvial deposits; **3** – weathered Paleogene claystones; **4** – intact Paleogene bedrocks of Flysch character; **5** – Váh river terrace fluvial deposits; **6** – model ground water level; **7** – partial slip planes (I. – V. s. p.), **I. – V. zone** – determined parts of slope with monitoring objects; **GP** – geodetic points; **IB** – inclinometric boreholes; **HB** – hydrogeological boreholes.

Tab. 1
Inžinierskogeologické vlastnosti hornín vstupujúce do výpočtového modelu (Fussgänger et al., 1976)
Engineering geological properties of rocks and soils inputed into computing model (Fussgänger et al., 1976)

Litologický opis	Objemová tiaž γ [kN . m^{-3}]	Uhol vnútorného trenia φ [°]	Súdržnosť c [kPa]
Navážka, železničný násyp	20,00	15,00	10,00
Alúvium – štrk	20,00	30,00	0,00
Zosuvné delúvium – íl	19,17	19,80	0,00
Zvetraná ílovitá bridlica	20,10	21,10	0,00
Ílovitá bridlica	20,79	27,00	0,03

V súlade s manuálom (Kovářík, 2008) uvedené hodnoty predstavujú objemovú tiaž suchej zeminy a efektívne hodnoty šmykových parametrov na úrovni šmykovej plochy.

In accordance with the manual (Kovářík, 2008), the stated values represent the unit weight of dry soil and the effective values of the shearing parameters on the slip surface.

Dynamickou zložkou vo výpočtovom modeli, priamo ovplyvňujúcou určovaný stupeň stability, je premenlivá úroveň hladiny podzemnej vody. Informácia o jej režime pochádza z výsledkov dlhodobého monitorovania na 11 pozorovacích objektoch (vrty M-4, M-2, J-1, JP-44, M-3, AH-2, J6-B, JO-1, JH-14, J3-A, J3-B – obr. 1A, obr. 2). Merania na spomenutých objektoch sa vykonávajú v pravidelných týždňových intervaloch. Výnimku tvoria objekty, v ktorých sú umiestnené automatické hladinomery (J-1, AH-2). V nich sa hĺbka hladiny podzemnej vody zaznamenáva každú hodinu. Kolmá vzdialenosť pozorovacích objektov od línie profilu je do 45 m.

Monitorované objekty pochádzajú z rôznych etáp prieskumu, resp. sanácie zosuvného územia, pričom aj účel ich realizácie bol rozdielny. Z hľadiska využiteľnosti na režimové pozorovania sú najvhodnejšie vrty JH-14, J-1 (od roku 1996 s umiestneným automatickým hladinomerom), J6-B, J3-A a J3-B (pôvodne zabudované pre dva zvodnené horizonty). Tieto vrty sa realizovali počas prieskumu v rokoch 1972 až 1976 a boli vystrojené na režimové pozorovania. V októbri roku 2005 k nim pribudol vrt AH-2, vybudovaný kvôli umiestneniu zariadenia na automatický záznam úrovne hladiny podzemnej vody v režime on-line. Špeciálne postavenie v spomenutej skupine vrtov má vrt JH-14. Jeho situovanie v zóne so silným vztlakovým horizontom podzemnej vody spôsobuje stály preliv podzemnej vody cez ústie pažnice. Tento stav vyvolal isté problémy s interpretáciou úrovne hladiny, keďže na danom objekte sa sleduje výdatnosť v l . min^{-1}. Na základe výsledkov čerpacej skúšky vykonanej v roku 1975 (Fussgänger et al., 1976) RNDr. P. Malík, CSc., zo Štátneho geologického ústavu D. Štúra v Bratislave pomocou zaužívaných postupov uvedených v práci Muchu a Šestakova (1987) stanovil závislosť medzi vytekajúcim množstvom vody z vrtu a piezometrickou výškou hladiny podzemnej vody. To umožnilo transformovať merania výdatnosti na údaj použiteľný v stabilitnom výpočte.

Zásadným metodickým problémom je výber takej hĺbky hladiny podzemnej vody, ktorá vyvoláva nepriaznivý vplyv na stabilitný stav svahu. Preto sa hlavná pozornosť venovala vysokým stavom hladiny podzemnej vody, ktoré spôsobujú nárast šmykových napätí, ako aj zníženie šmykového odporu. Výsledkom toho môže byť následná reaktivácia svahového pohybu. Výber nepriaznivej hladiny sa uskutočňuje v súlade s monitorovacími cyklami v časovo obmedzenom intervale, ktorým je jeden kalendárny rok. Na odvodenie takejto, zo stabilitného hľadiska najmenej priaznivej hladiny sa zvolil postup, ktorý je znázornený na obr. 3. V rámci vymedzeného obdobia (jeden kalendárny rok) sa vybralo meranie, v ktorom hladina podzemnej vody bola súčasne vo všetkých pozorovaných objektoch najbližšie k povrchu terénu. Toto meranie charakterizuje moment, v ktorom sa priemerná hĺbka určená zo všetkých meraných hladín na lokalite nachádzala najvyššie, t. j. najbližšie k úrovni terénu. Matematicky možno tento stav vyjadriť vzťahom

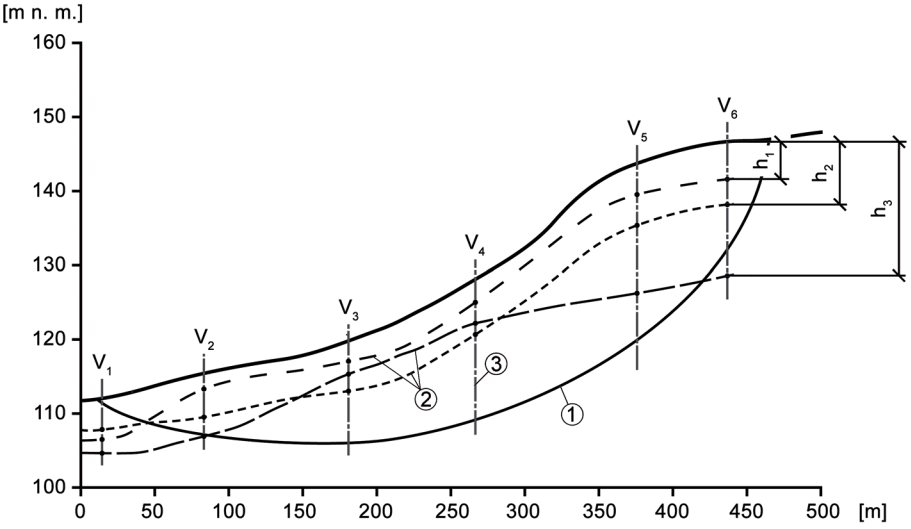
$$N_{hpv} = \min\left(\frac{\sum h_{ii}}{\sum V_i}\right),$$

kde N_{hpv} je hľadaná hodnota, ktorá charakterizuje meranie s najnepriaznivejšou hladinou podzemnej vody, h_{ii} predstavuje hĺbku hladiny podzemnej vody zaznamenanú v každom pozorovanom objekte počas jedného merania a V_i predstavuje počet meraných objektov. Hladiny zaznamenané počas tohto merania sa dosadzovali do výpočtového modelu na určenie stability svahu.

Stanovenie deformácie zosuvného územia a analýza výsledkov

Na modelovej lokalite sa prejavy pohybovej aktivity pravidelne pozorujú na povrchu svahovej deformácie pomocou geodetických meraní a pod povrchom – na úrovni šmykových plôch – metódou presnej inklinometrie. Merania geodetickej siete sa vykonávajú od roku 1971 dodnes. Spočiatku sa realizovali dvakrát do roka, od roku 1999 sa ich frekvencia znížila na jedno meranie ročne. Inklinometrické merania sa začali vykonávať v roku 1993 a realizujú sa dodnes jedenkrát ročne. Etapy meraní obidvomi metódami boli časovo nejednotné, a preto od roku 2001 je snaha ich synchronizovať (merania vykonávať raz ročne na sklonku jarného obdobia).

Geodetické a inklinometrické objekty sa rozdelili na päť zón tak, aby zaznamenaná deformácia dostatočne



Obr. 3. Modelový príklad stanovenia najnepriaznivejšej hladiny podzemnej vody na fiktívnom zosuvnom svahu. **1** – šmyková plocha; **2** – hladina podzemnej vody zaznamenaná v rôznom čase; **3** – objekt na pozorovanie režimu podzemnej vody.

Fig. 3. Model example of the most unfavourable ground water level determined on the fictitious landslide slope. **1** – slip surface; **2** – ground water levels recorded in various time periods; **3** – ground water regime observation object.

odrážala pohyby na jednotlivých hodnotených šmykových plochách (obr. 2). V prvej zóne je zachytená deformácia na piatej šmykovej ploche v predpolí čela zosuvu v oblasti železničného násypu vo vrte M-4 v hĺbke 2 m pod terénom. Deformácia druhej zóny je monitorovaná na povrchu geodetickými bodmi 112, 133, 132, 111, P-22 a P-24 a pod povrchom vo vrte M-2 v hĺbke 10,0 m pod terénom. V tretej zóne je povrchová deformácia monitorovaná geodetickým bodom P-21 a na úrovni šmykovej plochy vo vrte M-3 v hĺbke 17,5 m pod terénom. Deformáciu povrchového horizontu štvrtej zóny charakterizujú merania na geodetických bodoch P-19 a P-15 a pod povrchom terénu na úrovni šmykovej plochy vo vrte JO-1 v hĺbke 10,5 m pod povrchom terénu. Deformácia v piatej, najvyššie položenej zóne je pozorovaná zmenami polohy geodetického bodu P-14.

Pri analýze pohybovej aktivity sa v geodetických meraniach uvažuje s priestorovým vektorom pohybu v smere osí XYZ. V inklinometrických meraniach sa analyzuje hodnota smerového vektora v rovine osí XY.

Geodeticky a inklinometricky namerané deformácie sa v záverečnej etape riešenia porovnávali s hodnotami vypočítaného stupňa stability v každom posudzovanom kalendárnom roku a analyzoval sa vzájomný vzťah vypočítaných a nameraných hodnôt.

Výsledky riešenia problematiky

V súlade s opísanou metodikou sú v tejto časti prezentované výsledky získané v jednotlivých etapách riešenia.

Výber kritickej hladiny podzemnej vody

Zo súboru meraní rozčlenených na intervaly kalendárneho roku sa vybrala najvyššia úroveň, zaznamenaná súčasne vo všetkých pozorovacích objektoch.

V prvom hodnotenom roku 1999 sa najnepriaznivejšia hladina vo svahu vytvorila začiatkom mája ako dôsledok pretrvávajúceho vysokého stavu hladiny podzemnej vody vo vrte M-2 a následného stúpnutia hladín vo vrtoch JO-1 a JP-44. Situácia s podobným priebehom sa opakovala aj v roku 2000. Oveľa výraznejšie stúpla podzemná voda počas marca a apríla roku 2001. Vtedy hladina podzemnej

Tab. 2
Hĺbka hladiny podzemnej vody v jednotlivých meraných objektoch v termíne jej najnepriaznivejšieho stavu na celej lokalite
The depth of groundwater level in measured objects during its most unfavorable state on the whole locality

Hodnotený rok	Dátum merania s najnepriaznivejšou h. p. v.	Hĺbka h. p. v. pod terénom v monitorovaných objektoch [m]										
		M-4	M-2	J-1	JP-44	M-3	AH-2	J6-B	JO-1	JH-14	J3-A	J3-B
1999	4. 5. 1999	12,76	1,62	5,52	11,05	12,22		2,39	4,42	–10,45	8,84	4,49
2000	10. 5. 2000	12,05	2,75	4,91	6,44	10,79		2,36	4,22	–11,00	8,55	4,15
2001	30. 4. 2001	12,41	1,75	4,70	6,53	10,52		2,02	3,13	–9,53	7,37	2,60
2002	14. 3. 2002	12,51	1,77	5,53	18,91	9,84		1,93	3,68	–8,07	8,00	3,17
2003	15. 5. 2003	12,53	2,96	5,36	19,40	9,81		2,01	4,70	–7,15	8,37	4,55
2004	6. 8. 2004	12,96	16,79	7,43	18,75	11,10		2,60	5,04	–4,58	9,41	4,41
2005	11. 5. 2005	12,25	7,95	4,62	15,88	10,20		1,87	3,54	–11,37	7,82	2,72
2006	26. 4. 2006	12,30	7,29	4,23	6,00	9,66	2,54	1,93	4,22	–11,92	8,54	4,00
2007	24. 3. 2007	12,45	15,61	5,60	19,48	9,40	2,74	1,90	4,40	–14,67	8,78	4,27

vody dvakrát po sebe prudko stúpla a koncom apríla dosiahla ročné maximum súčasne v štyroch vrtoch (JP-44, M-3, JO-1 a J3-A). Tým vytvorila najnepriaznivejšiu úroveň hladiny v hodnotenom roku. Trend jarného vzostupu hladiny podzemnej vody sa opakoval aj v nasledujúcich rokoch 2002 a 2003.

Pozitívny stav podzemnej vody z hľadiska stability sa zaznamenal v roku 2004, keď sa hladina podzemnej vody nachádzala z dlhodobého hľadiska najhlbšie. Táto celkove nízka úroveň hladiny začala stúpať od prvého marcového merania v roku 2005 a najnepriaznivejší stav dosiahla na prelome mesiacov apríl a máj (11. 5. 2005). Analogická situácia sa zaznamenala aj v rokoch 2006 a 2007. Dátumy s najnepriaznivejšou hladinou podzemnej vody odvodenou pre celú lokalitu sú spoločne s úrovňou hladiny v jednotlivých meraných objektoch zhrnuté v tab. 2.

Výpočet stability

Odvodená najmenej priaznivá hladina podzemnej vody bola aplikovaná pri výpočte stupňa stability svahu v jednotlivých hodnotených rokoch.

Podľa výsledkov výpočtov je najnestabilnejšia prvá a druhá šmyková plocha (obr. 4). Najnižší stupeň stability bol na prvej šmykovej ploche určený počas pôsobenia hladiny podzemnej vody z konca apríla roku 2001. Výpočtovo priaznivé hodnoty stability boli určené pre stav hladiny podzemnej vody v roku 2004 (obr. 4-I. a 4-II.). Počas tohto roku stupeň stability ani v jednom prípade nepoklesol pod hodnotu medznej rovnováhy.

Na úrovni tretej šmykovej plochy možno za najnestabilnejšie obdobie považovať koniec apríla v roku 2006. Stupeň stability síce nedosiahol hodnotu medznej rovnováhy, no nachádzal sa tesne nad F_s = 1,2 (obr. 4-III.).

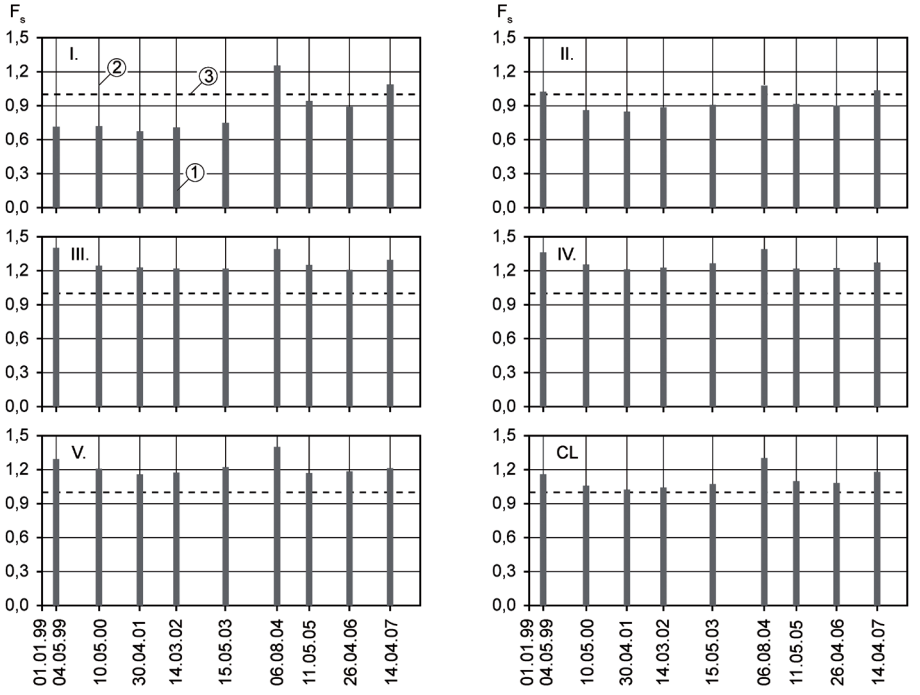
Na štvrtej a piatej šmykovej ploche sa najnižšia stabilita zaznamenala koncom apríla v roku 2001. Aj v týchto úsekoch sa pozitívne prejavila hlboko poklesnutá hladina z roku 2004. Pre toto obdobie sa na oboch šmykových plochách vypočítali najpriaznivejšie hodnoty stupňa stability (obr. 4).

Zhodnotenie zosuvnej aktivity

Deformácie zaznamenávané v I. zóne vo vrte M-4 charakterizujú pohyb čela piatej šmykovej plochy. Najväčšie hodnoty pohybu sa tu dosiahli v rokoch 2007 a 2002 (obr. 5).

V akumulačnej oblasti (II. zóna) sa geodetickými meraniami najvýraznejšia aktivita zaznamenala počas rokov 2006 a 2007 (obr. 5B). V oboch rokoch sa na hodnote priestorového vektora najvýraznejšie prejavila jeho vertikálna zložka. V roku 2006 sa napríklad v bode 133 zaznamenal zdvih s hodnotou 116,00 mm a v nasledujúcom roku sa smer pohybu zmenil na pokles s hodnotou 127,0 mm (obr. 5A). Analogický priebeh deformácie sa počas týchto dvoch rokov nameral vo väčšine pozorovacích bodov tejto zóny. Pod povrchom, na úrovni šmykovej plochy vo vrte M-2, sa zaznamenal najväčší pohyb v roku 2004, a to v polovici apríla (obr. 6A). Pre túto šmykovú plochu sú významné aj pohyby zaznamenané v rokoch 2005 a 2007. Z hľadiska zosuvnej aktivity II. zóny je mimoriadne dôležitý rok 2007, keď extrémne veľká deformácia bola pozorovaná súčasne v povrchovej aj podpovrchovej časti svahu. Naopak, najmenšie deformácie sa zaznamenali v roku 1999, keď väčšina nameraných zmien geodetickej siete nepresiahla hodnotu chyby použitej metódy.

V tretej zóne sa počas hodnoteného obdobia nevyskytli také výrazné prejavy deformácie ako v druhej zóne.



Obr. 4. Vyhodnotenie stupňa stability na parciálnych šmykových plochách. **I.** – **V.** – stupeň stability na 1. až 5. šmykovej ploche; **CL** – priemerná hodnota stupňa stability stanovená pre celú lokalitu; **1** – vypočítaná hodnota stupňa stability; **2** – termín merania hladiny podzemnej vody, ktoré bolo v hodnotenom roku označené ako najnepriaznivejšie; **3** – úroveň medznej rovnováhy F_s = 1,00.

Fig. 4. Evaluation of the degree of stability on the partial slip surfaces. **I.** – **V.** – degree of stability on the I. – V. slip surface; **CL** – average degree of stability for the whole locality; **1** – computed value of degree of stability; **2** – date of the ground water level measurement, selected as the most unfavourable state in the evaluated year; **3** – level of limit stability F_s = 1,00.

Geodeticky najväčší pohyb sa zaznamenal v roku 2002. Na šmykovej ploche sa najväčšia deformácia zaznamenala počas júnového merania v roku 2007 a o niečo menšie deformácie v rokoch 2003 a 2004 (obr. 6A).

Na povrchu v štvrtej zóne sa počas hodnoteného obdobia namerali vektory pohybu, ktoré nepresiahli hodnotu chyby merania a skôr poukazujú na neaktívny stav tejto oblasti (obr. 5D). Odlišný charakter má horizont na úrovni šmykovej plochy, meraný vo vrte JO-1. Zosuvný pohyb tu bolo možné indikovať predovšetkým v rokoch 2000, 2005 a 2007 (obr. 6). Najväčšia hodnota pohybu sa namerala počas júnového merania v roku 2007.

Najväčšia deformácia povrchového horizontu v V. zóne sa zaznamenala v roku 2000 (obr. 5E).

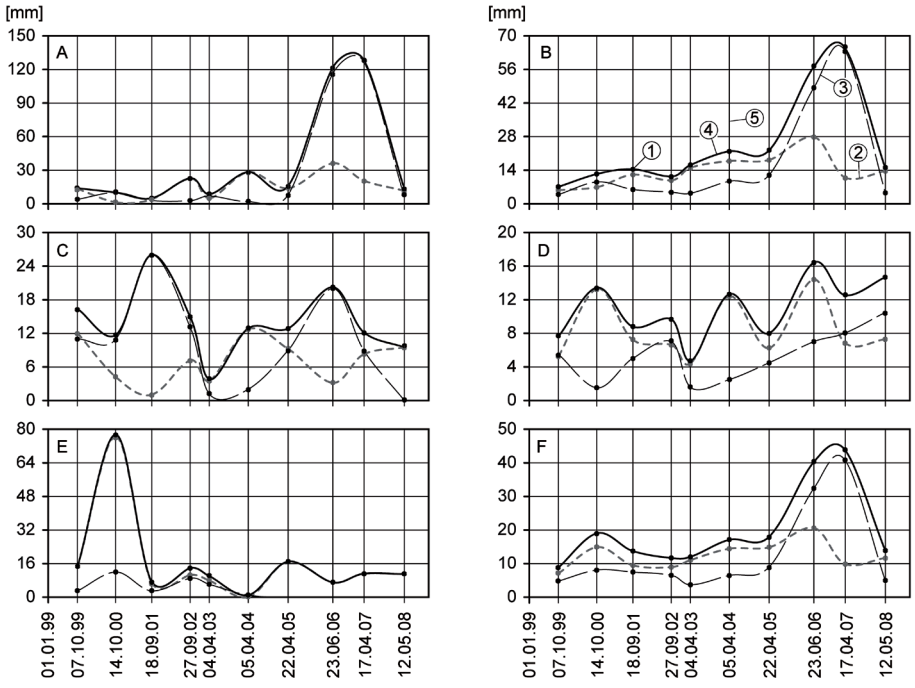
Porovnanie vypočítaného stupňa stability a nameraných deformácií

Nájdenie zákonitostí medzi vypočítaným stupňom stability a nameranou deformáciou prostredia je základom definovania vzťahu: stav hladiny podzemnej vody – vypočítaná stabilita – zaznamenaná deformácia. Zhodnotením pohybovej aktivity na základe vykonaných monitorovacích meraní a jej porovnaním s odvodeným stupňom stability možno teda buď preukázať korelačný potenciál daného vzťahu, alebo poukázať na nevyhnutnosť modifikácie metodického postupu riešenia a potrebnosť zohľadnenia ďalších faktorov, ktoré sú súčasťou veľmi zložitého študovaného systému.

Na základe vykonaných výpočtov stupňa stability na piatich šmykových plochách ako významné obdobia možno označiť roky 2001 a 2004. V roku 2001 bol stupeň stability na I., II., IV. a V. šmykovej ploche najnižší za celé hodnotené obdobie (obr. 4). Naopak, v roku 2004 nastal veľmi pozitívny vývoj stability. Ani počas najnepriaznivejšieho obdobia stupeň stability neklesol pod hodnotu medznej rovnováhy ani na jednej hodnotenej šmykovej ploche.

Pri hodnotení pohybovej aktivity v roku 2001 na vysokú úroveň hladiny podzemnej vody, a teda aj na nepriaznivý stav stupňa stability zareagovala zvýšenou pohybovou aktivitou oblasť bodov M-3 (tretia šmyková plocha) a P-21. Práve na monitorovacom objekte P-21 nastali počas tejto etapy najväčšie zmeny za celé monitorované obdobie (posuv 26,019 mm).

Porovnanie výpočtového stupňa stability a nameraných deformácií v hodnotenom roku 2001 preukazuje však aj paradoxnú situáciu, keď zaznamenaná zosuvná aktivita vykazovala v značnej časti hodnoteného profilu opačné výsledky, ako by bolo možné očakávať. Ak porovnáme merania pohybovej aktivity z roku 2001 s meraniami vykonanými v predchádzajúcej etape, môžeme konštatovať, že aktivita zosuvného pohybu sa čiastočne stlmila (obr. 5F a 6). Upokojenie pohybovej aktivity vyplýva najmä z meraní v bodoch P-14 a P-15. Ďalší výrazný pokles aktivity nastal aj na štvrtej šmykovej ploche (zaznamenaný v inklinometrickom vrte JO-1). V nesúlade s očakávaným vývojom je aj vzťah stupňa stability stanoveného pre prvú a druhú šmykovú plochu a nameranej deformácie v tejto oblasti.



Obr. 5. Veľkosť zaznamenaných deformácií na vybraných bodoch geodetickej siete. **A** – namerané pohyby na bode 133; **B** – priemerné pohyby zaznamenané na bodoch I. zóny; **C** – namerané pohyby na bode P-21; **D** – priemerné pohyby zaznamenané na bodoch IV. zóny; **E** – namerané pohyby na bode P-14; **F** – priemerný pohyb zaznamenaný na všetkých hodnotených geodetických bodoch; **1** – veľkosť deformácie; **2** – spojnica zaznamenaných polohových vektorov; **3** – spojnica zaznamenaných vertikálnych vektorov; **4** – spojnica zaznamenaných priestorových vektorov; **5** – etapa merania.

Fig. 5. Values of registered deformations on selected points of the geodetic net. **A** – measured displacements on the point 133; **B** – average displacements on the points of the I. zone; **C** – measured displacements on the point P-21; **D** – average displacements on the points of the IV. zone; **E** – measured displacements on the point P-14; **F** – average displacements on the whole evaluated geodetic points; **1** – values of deformation; **2** – join line of measured position vectors; **3** – join line of measured vertical vectors; **4** – join line of measured spatial vectors; **5** – the stage of measurement.

Stupeň stability v týchto zónach poklesol na najnižšiu úroveň v hodnotenom období, ale priemerná deformácia pre túto oblasť neprekročila chybu použitej metódy.

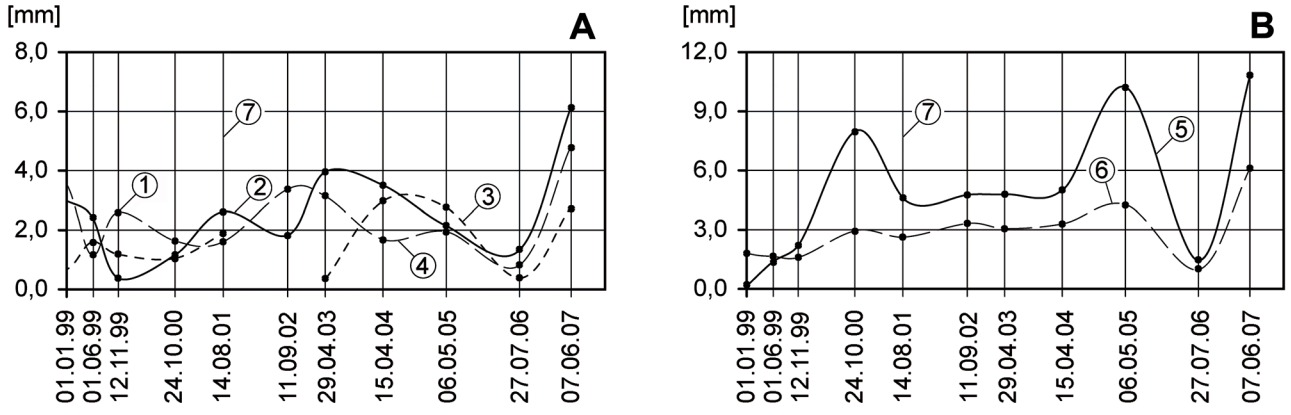
Najpriaznivejšie hodnoty stupňa stability zaznamenané počas roku 2004 indikujú upokojenie pohybovej aktivity zosuvu. Tento predpoklad sa potvrdil najmä v odlučnej oblasti na piatej šmykovej ploche (V. zóna), ale aj na veľkej časti geodetických bodov, ktorých posuvy nepresiahli chybu použitej meracej metódy. V porovnaní s predchádzajúcim obdobím pokles pohybovej aktivity sa zaznamenal aj na šmykových plochách monitorovaných vo vrtoch M-3 a M-4. Výnimkou sú namerané deformácie na prvej šmykovej ploche v oblasti vrtu M-2, kde práve počas tejto etapy sa zaznamenal najvýraznejší pohyb za celé monitorované obdobie. Možno predpokladať, že zaznamenané prejavy pohybovej aktivity sú výsledkom postupného dotvárania geometrie svahu v dôsledku pôsobenia zvýšenej hladiny podzemnej vody z predchádzajúcich rokov.

Na základe nameraných a spracovaných skutočností nie je možné jednoznačne preukázať a potvrdiť závislosť medzi úrovňou hladiny podzemnej vody (a z nej odvodeným stupňom stability) a pohybovou aktivitou zosuvných hmôt. Pri analýze vzťahu stupňa stability a pohybovej aktivity z opačnej strany, z hľadiska pohybu zosuvnej masy, sú pohybovo aktívne obdobia v jednotlivých zónach definovaných v predchádzajúcej kapitole časovo nejednotné. V niektorých prípadoch pozorované javy v jednotlivých zónach môžu mať protichodný charakter (zaznamenaný aktívny stav v jednej zóne sa počas tej istej etapy merania môže v inej zóne prejaviť ako obdobie zosuvného upokojenia). Tento stav je charakteristický najmä pre povrchový horizont, v ktorom sa deformácia zaznamenáva meraniami na geodetickej sieti. Čiastočne odlišné sú výsledky meraní realizovaných metódou presnej inklinometrie. Ide napríklad o meranie z roku 2007, keď vo všetkých monitorovacích objektoch sa zaznamenala výrazná akcelerácia pohybu. Toto meranie má z hľadiska hodnotenia deformácií na šmykových plochách veľký význam, pretože svedčí o aktivácii pohybu pozdĺž celého profilu a namerané hodnoty deformácie sú vo väčšine prípadov najvyššie za celé hodnotené obdobie. Príčina tohto významného pohybu nevyplýva jednoznačne z vypočítaného stupňa stability pre najmenej priaznivý stav hladiny podzemnej vody v danom roku. Pravdepodobnejšia je úvaha o retardácii vplyvu podzemnej vody na stabilitný stav svahu. V roku 2006 sa vypočítal najnižší stupeň stability na tretej šmykovej ploche. To pravdepodobne vytvorilo podmienky na aktiváciu zosuvného pohybu.

Roky 2006 a 2007 sú významné aj z hľadiska zosuvnej aktivity v povrchovom horizonte. Zaznamenaná aktivita v tomto horizonte nie je taká jednotná, ako na úrovni šmykových plôch. Výsledná hodnota priemerného pohybu geodetickej siete je však najvýraznejšia práve v spomenutých rokoch. Je to spôsobené predovšetkým intenzívnymi pohybmi bodov v čele svahovej deformácie vo vertikálnom smere.

V uvedenom príklade z rokov 2006 a 2007 sú isté náznaky vzťahu medzi stupňom stability a nameraným pohybom. Nie je však zodpovedaná otázka, prečo takýto výrazný pohyb nenastal na prvej a druhej šmykovej ploche v čase, keď stupeň stability bol pod hodnotou medznej rovnováhy (napr. v rokoch 2000 až 2003). Určitým vysvetlením je to, že v uvedených rokoch sa zaznamenala veľmi vysoká hladina podzemnej vody prevažne v oblasti čela zosuvu. Táto skutočnosť spôsobila zníženie stupňa stability na všetkých šmykových plochách, no najmä na prvej a druhej šmykovej ploche.

Okrem konkrétnych praktických výstupov (preukázanie najnepriaznivejšieho stabilitného stavu svahu v rokoch 2001, 2006 a 2007, odvodenie nepriaznivých úrovní hladiny podzemnej vody v jednotlivých pozorovaných objektoch, zaznamenanie nameraných deformácií zodpovedajúcich kritickému stabilitnému stavu) vykonaná analýza názorne preukázala skutočnosť, že vzťah medzi stavom hladiny podzemnej vody a zaznamenanou pohybovou aktivitou svahu nie je vôbec taký jednoduchý, ako sa tradične



Obr. 6. Zaznamenané hodnoty deformácie na úrovni šmykových plôch. **1** – veľkosť deformácie, spojnica zaznamenaných pohybov: **2** – na III. šmykovej ploche v bode M-3; **3** – na I. šmykovej ploche v bode M-2; **4** – na V. šmykovej ploche v bode M-4; **5** – na IV. šmykovej ploche v bode JO-1; **6** – spojnica priemerných hodnôt pohybu na všetkých šmykových plochách; **7** – etapa merania.

Fig. 6. Recorded values of deformation on the slip surfaces level. **1** – values of deformation, join line of the movements: **2** – on the III. slip surface in the borehole M-3; **3** – on the I. slip surface in the borehole M-2; **4** – on the V. slip surface in the borehole M-4; **5** – on the IV. slip surface in the borehole JO-1; **6** – join line of average value of movement on the whole slip surfaces; **7** – the stage of measurement.

prezentuje v teoretických úvahách i praktických riešeniach. Túto skutočnosť nesporne ovplyvňuje kvalita vstupných údajov (či už z meraní hĺbky hladiny podzemnej vody alebo meraní deformácií prostredia), ale aj mnohé ďalšie faktory, ktoré nie sú v analýze zahrnuté, no uvedený vzťah môžu významne ovplyvňovať.

V snahe výstižnejšie preukázať analyzovaný vzťah a odvodiť hodnoty, ktoré možno považovať za kritické, bol vytvorený modifikovaný postup riešenia problematiky.

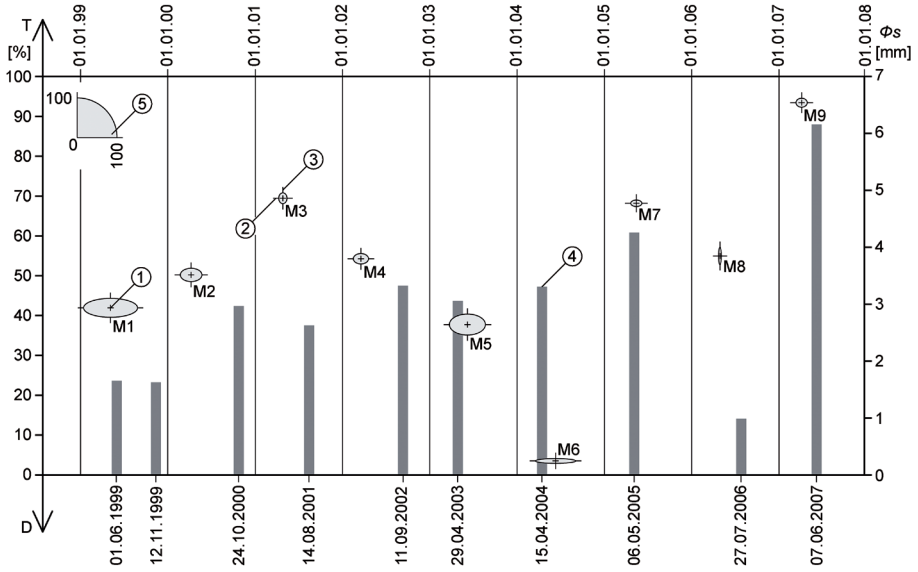
Modifikovaný metodický prístup

Podobne ako v predchádzajúcej časti príspevku, aj pri modifikovanom metodickom postupe hlavnú úlohu zohrávajú informácie o režime podzemnej vody. Celá analýza je orientovaná najmä na dosiahnutý maximálny stav hladiny podzemnej vody v pozorovacích objektoch počas hodnotených rokov. Hodnotenie je zamerané na význam dosiahnutého maxima z dlhodobého hľadiska, ale aj vplyv jeho výskytu počas hodnoteného roku. Základnou myšlienkou tohto postupu je predpoklad, že dosiahnutie významného (extrémneho) maximálneho stavu hladiny podzemnej vody v krátkom časovom úseku zaznamenané v celom zosuvnom telese spôsobí aktiváciu pohybu zosuvných hmôt.

Informácie o hladine podzemnej vody pochádzajú zo zúženého súboru pozorovacích objektov. Boli z neho vyradené objekty, ktoré pre svoje vystrojenie vnášajú do zaznamenávanej informácie o priebehu hladiny podzemnej vody určitú neistotu (ide o vrty M-2 a JH-44). Vyradený bol aj vrt AH-2 s nekompletným časovým radom údajov, ktorý by mohol skresliť výsledky analýzy, a nakoniec aj vrt M-4, zaznamenávajúci hladinu mimo hodnoteného zosuvného delúvia. Výsledný súbor monitorovacích objektov teda pozostáva zo siedmich vrtov (J-1, M-3, J6-B, JO-1, JH-14, J3-A, J3-B).

Zo súboru meraní rozčlenených na jednotlivé kalendárne roky sa pre každý monitorovací objekt vybralo meranie, ktoré zaznamenalo maximálnu úroveň hladiny podzemnej vody. Časová nejednotnosť výskytu nameraných maximálnych stavov a veľká rôznorodosť v zaznamenanej hĺbke maximálnej úrovne hladiny počas hodnoteného obdobia (aj v prípade jedného pozorovacieho objektu) vytvárali určitú bariéru pri analýze vzťahu podzemnej vody s pohybovou aktivitou. Preto sa údaje upravili tak, aby bolo možné lepšie sledovať podmienky, ktoré vplývajú na pohybovú aktivitu zosuvného územia. Pri úprave maximálnych stavov sa použil nasledujúci postup:

– kvantitatívne vyjadrená hĺbka hladiny podzemnej vody sa transformovala na percentuálnu hodnotu, ktorá vyjadruje význam ročného maxima hladiny podzemnej vody, k nameranému maximu na danom objekte za celé monitorované obdobie (maximálna hladina zaznamenaná za celé hodnotené obdobie v určitom pozorovacom objekte najbližšie k povrchu terénu predstavovala najvyššiu percentuálnu váhu – 100 %; minimálna hladina, ktorá sa nachádzala najhlbšie, predstavovala najnižšiu percentuálnu váhu – 0 %);



Obr. 7. Zhodnotenie vplyvu maximálnych stavov hladiny podzemnej vody. **1** – bod „M"; **2** – os elipsy, ktorá vyjadruje časový faktor výskytu maxím stavov podzemnej vody; **3** – os elipsy, ktorá vyjadruje rozptyl percentuálnej váhy zaznamenaných maxím úrovne podzemnej vody na pozorovaných objektoch počas roka; **4** – priemerná hodnota deformácie zaznamenaná na úrovni šmykových plôch; **5** – mierka rozptylu hodnotených údajov vyjadrených elipsami; **T** – úroveň terénu; **D** – dno vrtu; **φs** – priemerná deformácia zaznamenaná na úrovni šmykových plôch.

Fig. 7. Evaluation of the influence of maximal states of ground water level. **1** – the point "M"; **2** – center line of ellipse which expresses time factor of occurrence of maximal states of ground water; **3** – center line of ellipse which expresses dispersion of percentage weight of recorded maximal levels of ground water registered on the observed objects during a year; **4** – average value of deformation recorded on the level of slip surface; **5** – scale of dispersion of assessed data expressed by ellipse; **T** – ground level; **D** – borehole bottom; **φs** – average value of the deformation on the slip surfaces.

– k obdobiu každého kalendárneho roka sa priradila priemerná hodnota percentuálnej váhy stanovenej pre jednotlivé pozorovacie objekty (vyjadrená bodom M s hodnotami na osi y – obr. 7), teda čím je hodnota M bližšia k 100 %, tým je väčší predpoklad vplyvu podzemnej vody na pohybovú aktivitu zosuvu;

– bod M je okrem takto definovanej pozície ovplyvnený rozptylom časového výskytu maximálnej úrovne v jednotlivých pozorovaných objektoch; spolu s rozptylom hodnôt kolísania hladín sú tieto skutočnosti vyjadrené tvarom elipsy so stredom v bode M;

– zhodnotenie parametra rozptylu výskytu maximálnej hladiny podzemnej vody v čase (počas kalendárneho roka) sa vykonalo nasledujúcim postupom:

- v prvom kroku sa stanovil dátum (vyjadruje pozíciu bodu M na osi x – obr. 7), ktorý predstavuje priemernú hodnotu dátumov zachytávajúcich maximálny stav hladiny podzemnej vody na pozorovacích objektoch; tento postup sa zopakoval v každom kalendárnom roku;
- rozptyl medzi hodnotenými meraniami je určený ako priemerná hodnota dĺžky času medzi fiktívnym meraním a samotnými meraniami (počas ktorých sa v hodnotenom roku namerala najvyššia hladina podzemnej vody) a graficky je vyjadrený dĺžkou horizontálnej osi elipsy; čím je hodnota rozptylu nižšia (čím je v horizontálnom smere kratšia elipsa), tým sú hladiny koncentrovanejšie a vytvárajú väčší predpoklad vzájomného spolupôsobenia na pohybovú aktivitu;

– rozptyl zaznamenaných maxím počas kalendárneho roka na jednotlivých pozorovacích objektoch je vyjadrený priemernou hodnotou absolútnych rozdielov medzi hodnotou M a percentuálnymi váhami, ktoré boli priradené k pozorovacím objektom (obr. 7 – vertikálna zložka elipsy).

Výsledky tejto analýzy podávajú informáciu o troch parametroch. Prvým z nich je význam zaznamenanej hladiny podzemnej vody v hodnotenom roku z dlhodobého hľadiska. Zo súboru hodnotených časových intervalov možno za najvýznamnejšie hladiny podzemnej vody označiť tie, ktoré sa namerali počas roku 2007 (bod M9 na obr. 8). Najmenší význam majú hladiny zaznamenané v roku 2004. Druhým údajom je rozptyl maximálnych stavov v čase. Podáva informáciu o rozložení, respektíve spolupôsobení maximálnych hladín v priebehu hodnoteného intervalu, ktorým bol jeden kalendárny rok. Najväčšia koncentrácia maximálnych stavov sa zaznamenala v roku 2006. Naopak, najväčší rozptyl maximálnych hladín sa zaznamenal počas roku 1999. Posledným hodnoteným parametrom je údaj o rozptyle percentuálneho významu maxím hladiny podzemnej vody na hodnotených objektoch počas roka. Táto informácia dopĺňa údaj o význame zaznamenanej hĺbky hladiny podzemnej vody z dlhodobého hľadiska. Minimálnu hodnotu dosiahol tento parameter počas roku 2004. Poukazuje to na skutočnosť, že všetky hodnoty z meracích objektov boli blízke nulovému percentu významnosti a naopak, najvyššiu hodnotu dosiahol počas roku 2003. Poukazuje to na rôznorodosť významu zaznamenaných maximálnych stavov počas roka.

Pohybovú aktivitu zosuvných hmôt ilustruje priebeh priemernej hodnoty deformácie na jednotlivých šmykových plochách zistený v danom časovom intervale merania (obr. 7). Najväčšia deformácia sa zaznamenala v roku 2007, keď vznikla výrazná deformácia na všetkých šmykových plochách súčasne. Najmenšie deformácie sa zistili v rokoch 1999 a 2006.

Na základe porovnania stavu hladiny podzemnej vody odvodeného opísaným spôsobom a preukázanej pohybovej aktivity zosuvných hmôt môžeme konštatovať, že:

– najväčšie polohové zmeny na šmykových plochách zaznamenané v poslednom hodnotenom roku 2007 spôsobila pravdepodobne extrémne vysoká úroveň hladiny podzemnej vody, ktorá vystúpila v relatívne krátkom období (popri extrémne vysokých hladinách zaznamenaných v tomto roku sa na vrte JH-14 nameral extrémny preliv),

– koncentrácia maximálnych stavov zaznamenaná v roku 2006 pravdepodobne spôsobila extrémne deformácie zaznamenané na povrchu zosuvného svahu (obr. 5A, B) a pravdepodobne ovplyvnila aj pohybovú aktivitu v roku 2007,

– vďaka výraznému časovému rozptylu maximálnych hladín zaznamenaných v jednotlivých objektoch počas roku 1999 boli prejavy zosuvného pohybu v tomto roku len minimálne.

Naopak, výrazný nesúlad medzi výslednými hodnotami odvodeného stavu hladiny podzemnej vody a nameranou deformáciou (rok 2001 a 2004) poukazuje na skutočnosť, že ani modifikovaný metodický postup riešenia úlohy nedokáže pri uvažovaných vplývajúcich faktoroch a danom objeme primárnych údajov dostatočne vystihnúť všetky zákonitosti analyzovaného procesu.

Napriek tomu možno konštatovať, že stavy hladiny zaznamenané v poslednom hodnotenom roku mohli byť impulzom na zvýšenú pohybovú aktivitu pozorovanú na jednotlivých šmykových plochách. Aj keď spôsob pozorovania režimových a deformačných faktorov neumožňuje stanoviť prahové hodnoty pre jednotlivé pozorovacie objekty (nie je možné stanoviť čas ani faktor, ktorý deformáciu vyvolal), extrémne hladiny z roku 2007, a najmä ich spolupôsobenie v celom zosuvnom území možno považovať za kritické (tab. 3). Zvýšenú pozornosť treba venovať najmä vrtu JH-14, na ktorom sa v poslednom hodnotenom roku zaznamenala najvyššia dosiaľ nameraná výdatnosť, a teda aj najvyššia hodnota vztlaku.

Tab. 3
Kritická hĺbka hladiny podzemnej vody v pozorovaných objektoch
Critical depth of ground water level in observed objects

Objekt	Dátum merania s max. hladinou	Nameraná hĺbka h. p. v. [m]	Percent. významnosť [%]
J-1	19. 5. 2007	4,99	54,07
M-3	8. 4. 2007	8,98	100,00
J6-B	24. 3. 2007	1,54	100,00
JO-1	24. 3. 2007	2,72	100,00
JH-14	8. 4. 2007	–14,67	100,00
J3-A	24. 3. 2007	6,93	100,00
J3-B	24. 3. 2007	2,18	100,00

Záver

Cieľom práce bolo zistiť závislosť medzi režimom podzemnej vody (ktorý priamo ovplyvňuje stupeň stability) a pohybovou aktivitou. Pri odvodzovaní tejto závislosti sa použili dva odlišné metodické postupy, vďaka ktorým sa podarilo zistiť určité závislosti medzi posudzovanými javmi. Okrem analyzovanej závislosti sa preukázali aj viaceré skutočnosti, o ktorých sa dosiaľ neuvažovalo.

V prvom rade sa overil stupeň spoľahlivosti vypočítanej stability v komplikovanom zosuvnom prostredí. Ukázalo sa, že výsledné hodnoty stupňa stability v takomto prostredí (pri súčasnej úrovni jeho poznania) poskytujú iba orientačný obraz o stabilitných pomeroch, a teda nie sú vhodné na korelácie s presnými metódami, ktoré zaznamenávajú veľkosť deformácie rádovo v milimetroch. Zvýšenie presnosti výpočtového modelu by prinieslo spresnenie informácií o litologickej stavbe, fyzikálnych a mechanických charakteristikách hornín, zvýšenie spoľahlivosti a hustoty informácie o režime všetkých horizontov hladiny podzemnej vody, a najmä o ich vztlakovom pôsobení.

Vďaka týmto zisteniam sa pozornosť posunula od teoretických hodnôt stupňa stability k analýze primárne zaznamenanej úrovne hladiny podzemnej vody. Modifikovaný metodický prístup naznačuje cestu, ktorá by mohla prispieť k nájdeniu tejto závislosti. Výsledky analýzy vo viacerých prípadoch poukazujú na vzťah medzi pôsobením hladiny podzemnej vody a zaznamenanou deformáciou, no v rámci hodnoteného súboru je viacero prípadov, ktoré vytvárajú priestor na ďalší rozbor. Spresnenie výsledkov by sa mohlo dosiahnuť hodnotením dĺžky trvania vysokého stavu hladiny podzemnej vody a rýchlosti jej stúpania a klesania. Bolo by vhodné zohľadniť aj informáciu o zrážkových úhrnoch v kratších časových intervaloch (dni, týždne).

Z praktického hľadiska výsledky oboch analýz potvrdzujú pretrvávajúce nebezpečenstvo zosuvného ohrozenia železničnej trate v hodnotenom úseku. Analýzy poukázali na trend stúpania hladiny podzemnej vody a v určitých oblastiach aj zosilňovanie jej vztlaku. Tento trend sa v posledných rokoch prejavil aj na zvýšenej pohybovej aktivite. Uvedené skutočnosti môžu byť spôsobené zrážkovou činnosťou zaznamenanou v predchádzajúcich rokoch, no rovnako môžu súvisieť aj so starnutím a zanášaním drenážneho systému.

Aj keď niektoré z výsledkov analýzy založenej na modifikovanom prístupe možno označiť za vierohodné, na definovanie kritických hodnôt hladiny podzemnej vody (na základe ktorých by bolo možné predpovedať aktivizáciu svahového pohybu) bude potrebný rozbor širšieho spektra faktorov, ktoré už boli spomenuté (dĺžka trvania, rýchlosť stúpania a klesania hladiny podzemnej vody atď.). Pri hľadaní prahových (kritických) hodnôt úrovne hladiny podzemnej vody môže v budúcnosti zohrať významnú úlohu možnosť vzájomného porovnania meraní z automatických hladinomerov a inklinometrov s kontinuálnym záznamom. Vytvorenie takéhoto systému môže priniesť nové objektívne poznatky pri analýze posudzovaného veľmi zložitého vzťahu medzi stavom podzemnej vody a pohybovou aktivitou zosuvných hmôt.

Poďakovanie. Ďakujeme MŽP SR za možnosť publikovať niektoré výsledky získané pri riešení úlohy *Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky*.

Literatúra

Fussgänger, E., Jadroň, D. & Litva, J., 1976: Okoličné – prieskum zosuvu. Záver. spr. z inžinierskogeologického prieskumu, IGHP, n. p. Žilina. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 163 s.*

Fussgänger, E. & Jadroň, D., 1977: Engineering geological investigation of the Okoličné landslide using measurement of stresses existing in soil mass. *In: Bull. IAEG (Krefeld), 16, pp. 203 – 209.*

Klukanová, A., 1998: Mapovanie a monitorovanie geologických faktorov životného prostredia. *In: Geológia a životné prostredie. Zbor. ref. z I. konferencie. Bratislava, s. 123 – 126.*

Klukanová, A., Wagner, P., Ondrášik, M., Jánová, V., Liščák, P., Matys, M., Vlčko, J., Kováčiková, M., Hrašna, M., Bodiš, D., Moczo, P., Iglárová, Ľ., Frankovská, J., Rapant, S., Jelínek, R., Pauditš, P., Petro, Ľ., Polaščinová, E., Kováčik, M., Scherer, S., Kristeková, M., Labák, P., Dananaj, I., Spišák, Z., Jadroň, D., Vybíral, V., Holzer, R., Malgot, J., Baliak, F., Jánoš, J., Gajdoš, V., Letko, V. & Míka, R., 1998: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky. Stav k 31. 12. 1997. Čiastk. záver. spr., Diel 1. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Kovářík, K., 2008: Užívateľský manuál k programu Svah, verzia 2.64. Žilina, 51 s.

Mucha, I. & Šestakov, V. M., 1987: Hydraulika podzemných vôd. *Bratislava, Alfa – Praha, SNTL.*

Nemčok, A., 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. *Bratislava, Veda, 319 s.*

Scherer, S. & Wagner, P., 1997: Analýza dlhodobej funkčnosti odvodňovacích sanačných opatrení. *In: Zbor. z III. geotechnickej konferencie Interakcia stavieb a horninového prostredia. Bratislava, STÚ, Staveb. fakulta.*

Slivovský, M., Jadroň, D. & Ngyyen Giang, 1998: K otázkam režimu podzemných vôd a hĺbkového odvodňovania zosunu v Okoličnom. *In: Geológia a životné prostredie. Zbor. ref. z I. konferencie. Bratislava, 1998, s. 89 – 93.*

Wagner, P., Vybíral, V., Andor, L. & Szabo, Š., 1997: Monitoring of landslides in Slovakia. *Proceedings of Int. Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens. Balkema, Rotterdam/Brookfield, pp. 1 131 – 1 136.*

Wagner, P., Iglárová, Ľ. & Petro, Ľ., 2000: Methodology and some results of slope movement monitoring in Slovakia. *In: Miner. Slov. (Bratislava), Vol. 32, pp. 359 – 367.*

Rukopis doručený 4. 2. 2009
Revidovaná verzia doručená 24. 4. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 30. 6. 2009

Analysis of the relation between calculated degree of slope stability and kinetic activity of the landslide Okoličné (Liptovský Mikuláš district, Slovakia)

The aim of the paper is to find relation between the changes of ground water regime and kinetic activity of landslide masses. Analysis of these events has been realized on the model locality of landslide near Okoličné village (in Liptovský Mikuláš district). This landslide represents the ancient slope failure, recently activated by extending of the railway line in 1949. Undercutting of the ancient landslide toe in the Paleogene sandstones and claystones environment triggered a new landslide (Fig. 1A). Presence of the several lift horizons of ground water have an unfavorable influence on stability conditions, as well (Fig. 1B).

The analysis of the relation between ground water regime data and kinetic activity of landslide has been based on the comparison of calculated degree of slope stability and the values of deformations observed on the surface and subsurface parts of the landslide. Each measured deformation is assigned to selected section of slip surface (Fig. 2). The slope stability degree has been calculated at the engineering geological model of the landslide slope using a real co-ordinates of all borders and information about the individual lithological strata properties (Tab. 1).

Measurements of ground water level directly influencing the value of slope stability degree were subdivided according to individual calendar years. The basic problem consists in selection of ground water level which would characterize the real most unfavorable stability state. The ground water level corresponding with the measurement of the lowest average value (when ground water level is nearest to the surface) was indicated as the most unfavorable (according to the scheme in Fig. 3).

Information about kinetic activity of landslide comes from geodetic and inclinometric measurements. Location of measured points on the landslide slope is in Fig. 2. A spatial vectors of the results of geodetic measurements and position vectors of inclinometric deformations were taken into consideration in the process of analysis.

An assumption that kinetic active periods occurred after the high level of ground water (which caused a low degree of the stability) was basic in the process of comparison of the results of computed degree of stability and measured values of kinetic activity of landslide.

A measurement which characterized the worst state of ground water level during assessed year was determined in each calendar year (Tab. 2). Substituting of these values of ground water level into the stability calculation, the degree of stability on all slip surfaces was determined for each year (Fig. 4). The lowest degrees of stability were calculated for the first and second slip surfaces. According to time scale the lowest degree of stability was computed for conditions in 2001 and the most stable conditions were determined in 2004.

According to measured surface deformations the most active periods were in the years 2006 and 2007 (Fig. 5). An outstanding vertical changes of geodetic points, situated at the front of landslide, were recorded. The highest kinetic activity on the slip surfaces were registered in 2007, when marked acceleration of creep movement was registered on all slip surfaces at the same time (Fig. 6).

Comparison of the stability analysis results and kinetic activity of the landslide apart from several logic conclusions indicated various unexpected outputs in the assessed relation. Therefore the modified methodic was derived and used. This method is based explicitly on the achieved maximal levels of ground water. Weight of each measured maximal level against a background of the whole assessed period was taken into consideration, as well as effect of time dispersion of maximal levels occurrence in the calendar year (Fig. 7).

The results of analysis led to conclusion, that extremely high level of ground water in 2007 and its overall behavior on the whole landslide area have activated the slope movement. The values of ground water level (Tab. 3) corresponding to this state may indicate near unfavorable stability state in the future.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 225 – 242
ISSN 0369-2086

Význam grafickej analýzy hydrogeochemických dát pri interpretácii pôvodu minerálnych vôd flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát

NATÁLIA BAČOVÁ

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum, Jesenského 8, 040 01 Košice

Significance of the graphic analysis of hydrogeochemical data for interpretation of origin of mineral water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians

The contribution reviews and compares selected genetic classifications of natural water by different authors. Author of this contribution is preferring the classification by Kirjuchin et al. (in Švarcev, 1996). The opinions on genesis of mineral water from the Flysch Belt of Western Carpathians, reviewed in contribution after various authors reflect the recent knowledge in this field in the world and in described territory.

The interpretation of the origin of strongly mineralized water from localities in the Flysch Belt in Slovakia requires learning of wider relations, influencing the origin of mineral water in wider area. Article emphasizes the importance of statistic and graphic evaluation of selected hydrogeochemical data (contents of Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, HCO_3^-, Cl^-, Br^-, and stable isotopes ^{18}O and D), as well as some remarkable regional regularities in chemical and isotopic composition detected by data processing from localities of mineral water of the Flysch Belt and Carpathian Foredeep in the territory of Moravia, Slovakia and Poland.

Key words: mineral water, origin of natural water, chemical composition, isotopic composition, Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians

Úvod

Vo flyšovom pásme a predhlbni Západných Karpát sú známe lokality minerálnych vôd (v súlade s definíciou uvedenou v hydrogeologickom slovníku – Hanzel et al., 1998) s rôznym chemickým a izotopovým zložením. Procesmi ich formovania a genézou sa zaoberali významní odborníci u nás aj v zahraničí. Minerálne vody širších území skúmali a hodnotili vo svojich prácach predovšetkým Dowgiałło et al. (1969), Franko et al. (1975), Franko a Kolářová (1983), Dowgiałło (1976), Leśniak a Dowgiałło (1986), Zuber a Grabczak (1987), Zakovič et al. (1988), Gucalo et al. (1982), Kolodij a Kojnov (1984), Porowski (2006), Oszczypko a Zuber (2002), Rajchel et al. (2004), Pluta (2005) a Bačová a Michalko (2007). Pôvod vôd s celkovou mineralizáciou vyššou ako 10 g . l^{-1} zo slovenského úseku flyšového pásma evidentne nie je možné opísať bez poznania širších súvislostí, uplatňujúcich sa vo výskyte minerálnych vôd v podstatne väčšom okolitom priestore.

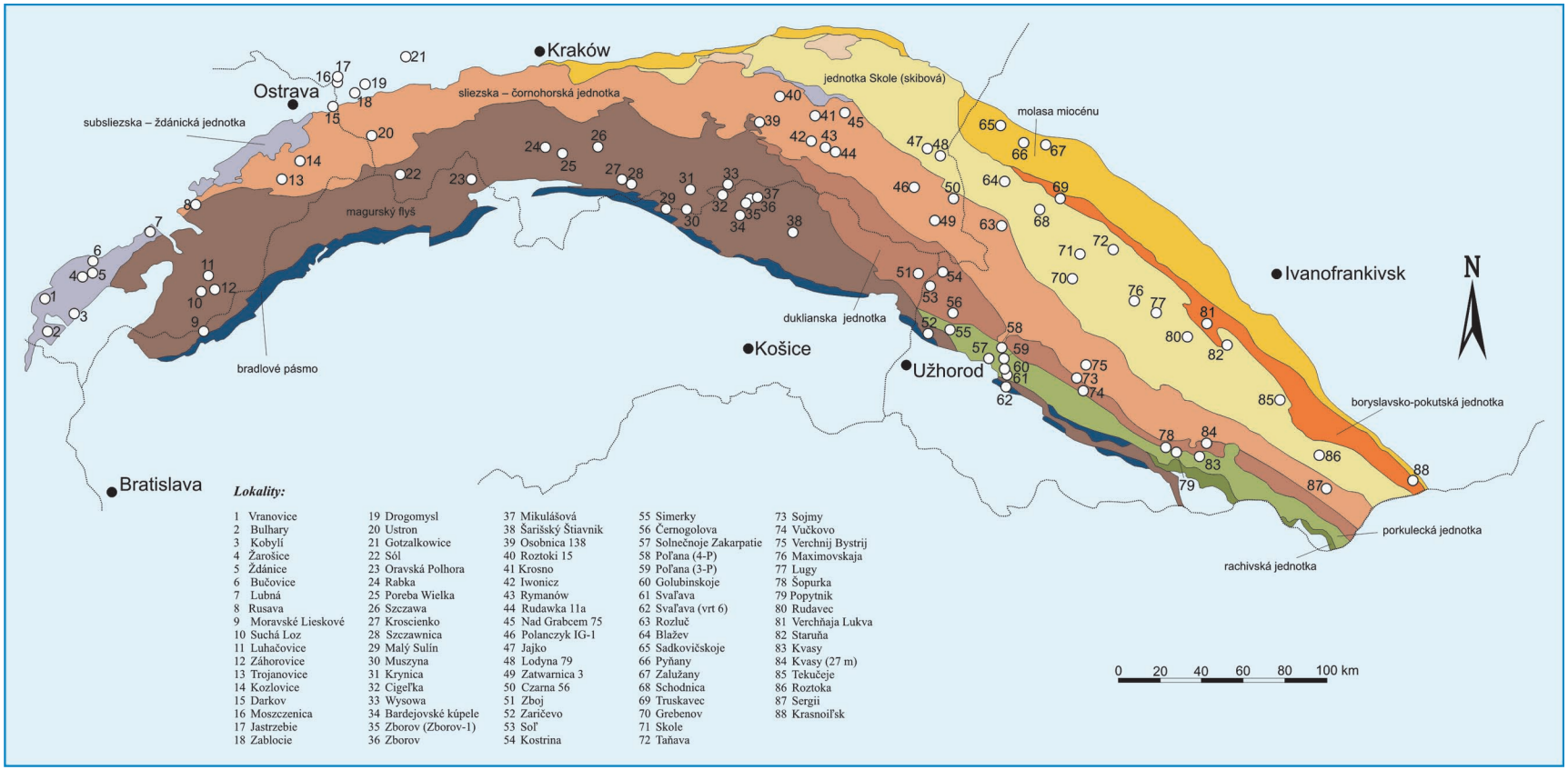
V príspevku chceme poukázať na význam grafickej interpretácie hydrochemických a izotopových údajov pri opisovaní pôvodu vôd a na niektoré pozoruhodné regionálne zákonitosti formovania chemického a izotopového zloženia, zistené takýmto syntetizujúcim spracovaním údajov.

Chemické zloženie minerálnych vôd

Najvýznamnejšie výskyty minerálnych vôd flyšového pásma a predhlbne Západných (Morava, Slovensko, Poľsko) a čiastočne aj Východných Karpát (Ukrajina) sú situované na obrázku 1. Na podklade štruktúrnej schémy flyšového pásma Karpát zostavenej Oszczypkom (2004) je vyobrazených 88 lokalít s uvedením ich zoznamu. Zdroje údajov použitých pri zostavení obrázka 1 a 2 sú citované v spodnej časti obrázka 2. Aj keď je rozmiestnenie lokalít v obrázku 1 relatívne nerovnomerné, získavame pomerne ucelený obraz o chemickom zložení vôd.

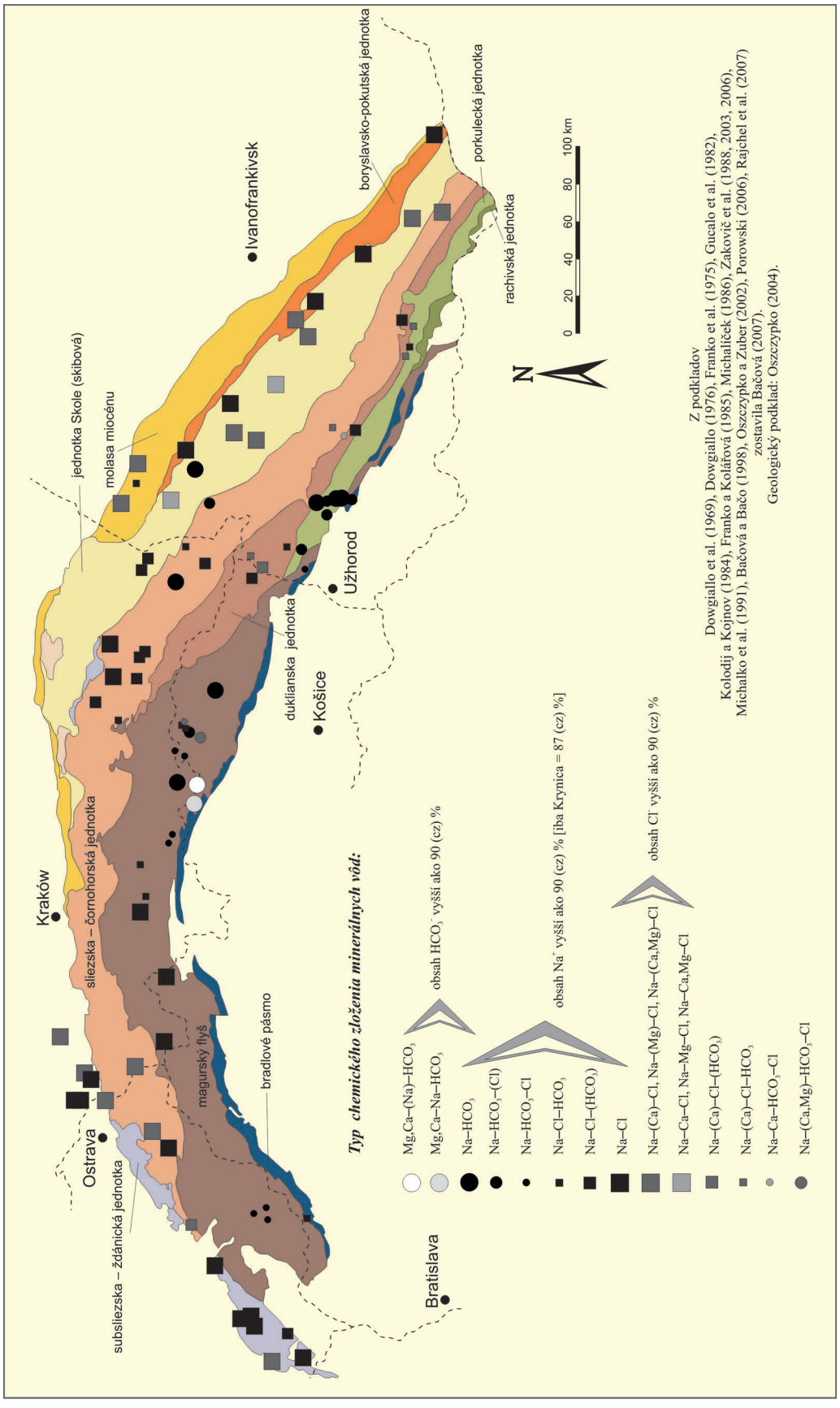
Na obrázku 2 je chemické zloženie minerálnych vôd vyjadrené použitím klasifikácie Kurlova (in Klimentov, 1980), založenej na princípe prevládajúcich iónov. Do názvu chemického typu sa zahŕňajú ióny so zastúpením vyšším ako 25 cz %, katióny a anióny sa uvádzajú v poradí podľa znižovania obsahu. Túto klasifikáciu sme upravili tak, že ióny s obsahom vyšším ako 10 cz % sa uvádzajú v zátvorke. Vďaka tomu je možné lepšie sledovať trend stúpania či poklesu obsahu chloridov. Klasifikácia Kurlova sa javí ako najvhodnejšia na súhrnnú interpretáciu údajov o minerálnych vodách rôznych lokalít s odlišným východiskovým vyjadrením chemického zloženia.

Vody s obsahom chloridov vyšším ako 90 cz % sú známe predovšetkým z vonkajšieho okraja karpatského oblúka. V priestore magurského a duklianskeho príkrovu sú známe najmä z lokalít Sól – Oravská Polhora – Rabka. Obsah nátria vyšší ako 90 cz % je príznačný najmä pre silno slané vody až veľmi silné soľanky (v súlade s klasifikáciou prírodných vôd podľa celkovej mineralizácie vypracovanou Švarcevom, 1996; tab. 1) rovnako z vonkajšieho okraja karpatského oblúka a tiež pre vody s mineralizáciou do 10 g · l^{-1} z ostatných oblastí flyšového pásma, zväčša temer slané (podľa citovanej klasifikácie).



Obr. 1. Lokality minerálnych vôd na podklade štruktúrnej schémy flyšového pásma Karpát (Morava, Slovensko, Poľsko, Ukrajina). Zostavila Bačová (2007), štruktúrna schéma z podkladov Oszczypka (2004).

Fig. 1. Localities of mineral water depicted in structural scheme of the Flysch Belt of Carpathians (Moravia, Slovakia, Poland and Ukraine). Compiled by Bačová (2007), structural scheme taken after Oszczypko (2004).



Obr. 2. Makrochemické zloženie minerálnych vôd flyšového pásma a predhlbne Karpát (Morava, Slovensko, Poľsko a Ukrajina) na podklade štruktúrnej schémy.

Fig. 2. Macrochemical composition of mineral water from the Flysch Belt and Carpathian Foredeep (Moravia, Slovakia, Poland and Ukraine) plotted in structural scheme of the territory.

Tab. 1
Klasifikácia podzemných vôd podľa celkovej mineralizácie
Classification of groundwater according to TDS

Celková mineralizácia (g . l^{-1})	Názov podzemnej vody		Celková mineralizácia (g . l^{-1})	Názov podzemnej vody
< 0,2	sladká	ultrasladká	< 1,0	sladká
0,2 – 0,5		mierne sladká		
0,5 – 1		vlastná sladká		
1 – 3	temer slaná	veľmi mierne slaná	1 – 3	nepatrne slaná
3 – 10		mierne slaná	3 – 10	mierne slaná
10 – 30	slaná	slabo slaná	10 –35	veľmi slaná
30 – 50		silno slaná	> 35	soľanka
50 – 100	soľanka	slabá		
100 – 320		silná		
320 – 500		veľmi silná		
> 500		extrémne nasýtená		
Švarcev, 1996			USGS ((http://water.nv.gov/WaterPlanning/)	

Najvyšší obsah rozpustených látok majú v skúmanom priestore vody z horninového prostredia predhlbne Karpát, respektíve z podložia tektonických jednotiek flyšového pásma. Silné soľanky sú známe napríklad z lokalít Ustrón, Lapczyca (Poľsko), Lugy, Tekučeje, Moršin, Pyňany a ďalších (Ukrajina).

Genetické klasifikácie prírodných vôd

Skúmaniu pôvodu prírodných vôd sa venovala a venuje značná pozornosť odborníkov u nás i vo svete. Štúdiom a interpretovaním sústredeného rozsiahleho materiálu o procesoch a podmienkach formovania chemického a izotopového zloženia vôd dospeli k pozoruhodným výsledkom. Názory na pôvod prírodných vôd sa vyvíjali v súvislosti so získavaním nových poznatkov z konkrétnych lokalít. V tabuľke 2 uvádzame niektoré genetické klasifikácie prírodných vôd. Rovnakou farbou písma sú vyjadrené vody rovnakého (podobného) pôvodu. Vyjmúc genetickú klasifikáciu Zubera et al. (2007), zameranú len na vody územia Poľska (autor nevyčleňuje magmatickú alebo juvenilnú vodu, definuje dehydratačnú), všetky ostatné klasifikácie sú porovnateľné, viac či menej detailné. Rozlišujú jednoznačne vody meteorického a magmatického pôvodu. Sedimentačné vody podľa Kirjuchina et al. (in Švarcev, 1996) iní autori zrejme nazvali syngenetickými, fosílnymi či formačnými (odlíšené červenou farbou). Prírodné vody však najčastejšie predstavujú zmes rôznych genetických typov vôd. Zreteľne to vidieť aj v grafoch v nasledujúcom texte.

Klasifikácia prírodných vôd z hľadiska ich pôvodu by mala zohľadňovať predovšetkým hlavné hydrogeochemické procesy podieľajúce sa na ich výslednom chemickom zložení. Domnievame sa, že pri opise a triedení minerálnych vôd kľúčovú úlohu zohráva predovšetkým skúmanie chemického zloženia (pôvodu jednotlivých zložiek), ktoré je rozhodujúce aj z hľadiska ich využívania. Izotopové zloženie ($\delta^{18}O$ a δD) tieto poznatky významne dopĺňa. Odráža predovšetkým mieru izolovanosti vôd od recentných meteorických. Dôležité je skúmať ho najmä pri riešení problematiky ochrany vôd.

Prehľad názorov na pôvod minerálnych vôd flyšového pásma Západných Karpát

Najvýznamnejšie výsledky rozsiahlych výskumov týkajúcich sa najmä slaných vôd a soľaniek flyšového pásma na Slovensku vo svojich prácach zhrnuli predovšetkým Franko (1986 in Michalko et al., 1991), Zakovič et al. (1988) a Michalko et al. (1991).

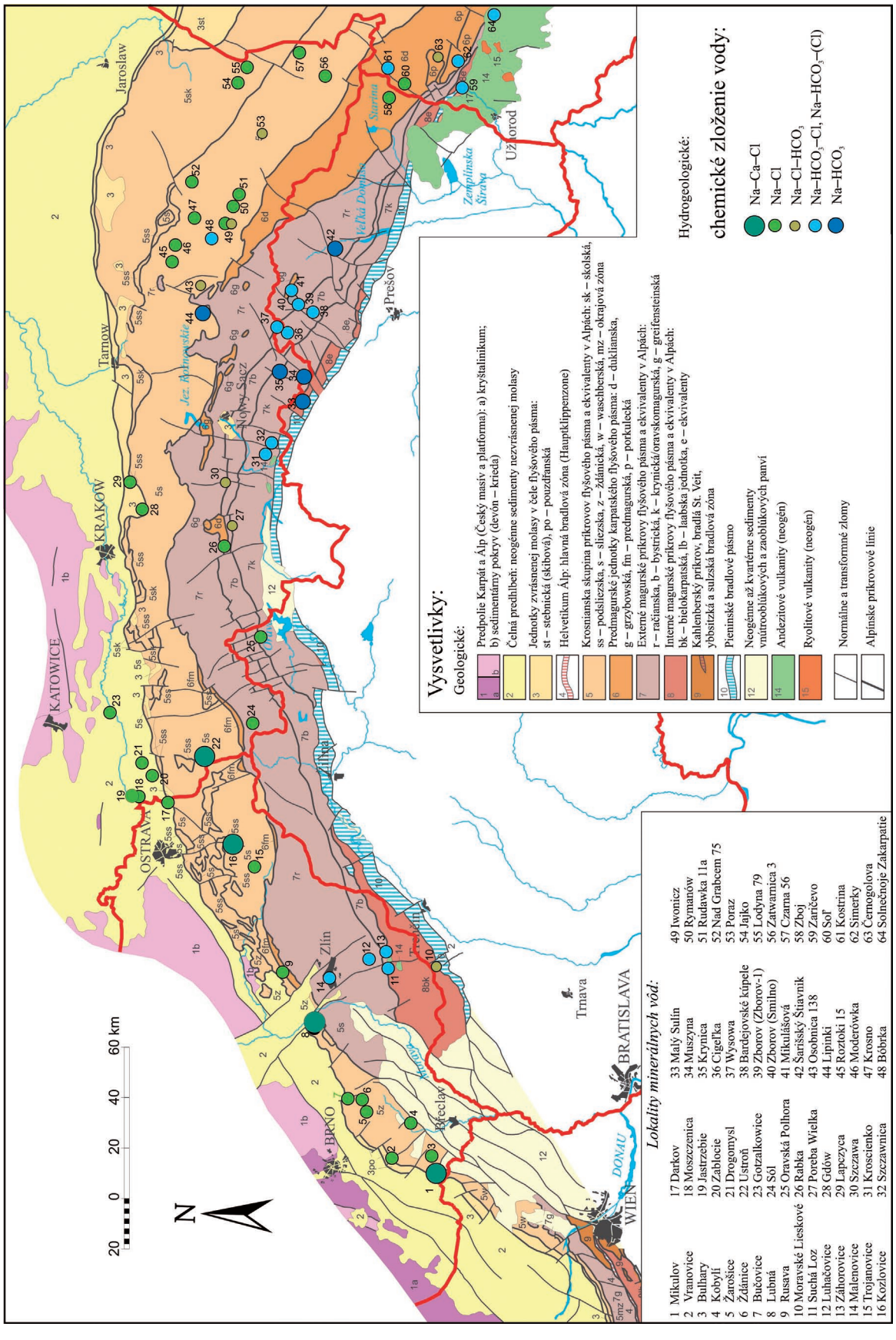
Franko (l. c.) v prípade vôd z oblasti Rabky (Poľsko) a Oravskej Polhory predpokladá prevládajúci podiel synsedimentárnych marinogénnych vôd. Vody Wysowej, Cigeľky, Bardejova a Luhačovíc považuje za zmiešané vody, ktoré vznikajú miešaním vôd typu Oravská Polhora s recentnými atmosférickými vodami. Zakovič et al. (1988) konštatujú, že z poznatkov získaných interpretáciou geologických pomerov, hydraulických vlastností hornín a hydrogeochemických faktorov vyplýva, že jódovo-brómové vody Oravskej Polhory (z vrtu FPJ-1) sú infiltračne nedegradované marinogénne vody, ktoré pochádzajú z uzavretej hydrogeologickej štruktúry. Primárnym kolektorom je pieskovcové súvrstvie jednotky Obidowa – Slopnice (– Zboj). Prvotné vody pochádzali pravdepodobne z morských vôd, ktoré mali obmedzený styk s otvoreným morom, a procesmi evaporácie sa ich salinita zvyšovala. Po následnom uzatvorení v horninovom prostredí podliehali iba malým zmenám v procesoch metamorfózy. Interakcia voda – hornina prebiehala pravdepodobne iba v obmedzenej miere, pretože horninové prostredie tvoria hydrogeochemicky málo aktívne minerály. Vznik chemického zloženia minerálnej vody z vrtu KLK-1 v Moravskom Lieskovom (Potfaj et al., 1986; celková mineralizácia 25,6 g · l^{-1}, typ Na–Cl–HCO_3) opisujú autori ako rozptyľovanie hlbinných – marinogénnych – vôd Na–Cl typu do infiltračne degradovaného horninového prostredia s vodami Na–HCO_3 typu. Pri hodnotení minerálnej vody z vrtu Zborov-1 [celková mineralizácia 16,4 – 17,1 g · l^{-1}, typ Na–HCO_3–(Cl)] Michalko et al. (1991) predpokladajú, že pôvod vody najlepšie opisuje viaczložkový model za účasti fosílnej morskej vody a metamorfnej a meteorickej (paleoinfiltračnej) zložky. Pripúšťajú aj účasť organickej vody. Domnievajú sa, že minerálne vody v Cigeľke,

Tab. 2
Genetická klasifikácia prírodných vôd
Genetic classification of natural water

Typ vody	Genetické typy prírodných vôd		Genetická klasifikácia podpovrchových vôd	White, 1986	Genetická klasifikácia prírodných vôd	Sheppard, 1986	Hlavné genetické typy podzemných vôd	Kirjuchin et al., 1988	Genetické typy podzemných vôd	Kirjuchin, Korotkov a Švarcev (in Švarcev, 1996)	Genetická klasifikácia podzemných vôd	Zuber, 2007
Cl	atmosférická		meteorická		morská		infiltračná		infiltračná	meteorická	meteorická	
Cl	meteorická	povrchová	morská		meteorická		influačná		kondenzačná	sedimentačná		syngenetická, epigenetická
Cl	meteorická	evaporitová	vyvinutá fosílna		formačná		kondenzačná		pochovaná	sedimentačná		morská, kontinentálna
Cl	meteorická	litogénna	metamorfná		metamorfná		sedimentogénna		elízna	dehydratačná		metamorfná (uvoľňovaná z hydratovaných ílových minerálov)
Cl	meteorická	pórová	magmatická		magmatická		metamorfogénna		uvoľnená v dôsledku porušenia štruktúry minerálu	dehydratačná		
Cl	morská	povrchová	juvenilná alebo primárna		juvenilná		magmatogénna		magmatogénna	dehydratačná		diagenetická
Cl	morská	podzemná			exotická		uvoľnená v dôsledku dehydratácie minerálov		intratelurická	dehydratačná		dehydratačná zo sadrovcov
Cl	morská	pórová			organická		juvenilná		litifikačná	zmiešaná		
Cl	fosílna	morská			ostatné vody		talasogénna		riftogénna	zmiešaná		
Cl	fosílna	naftová					talasogénna		subdukčná	zmiešaná		
Cl	fosílna	evaporitová					talasogénna			zmiešaná		
Cl	fosílna	endogénna					talasogénna			zmiešaná		
Cl	metamorfná						talasogénna			zmiešaná		
Cl	vulkanická						talasogénna			zmiešaná		
Cl	magmatická	recirkulovaná					talasogénna			zmiešaná		
Cl	magmatická	juvenilná					talasogénna			zmiešaná		
Citácia	Pačes, 1983		White, 1986		Sheppard, 1986		Kirjuchin et al., 1988		Kirjuchin, Korotkov a Švarcev (in Švarcev, 1996)		Zuber, 2007	

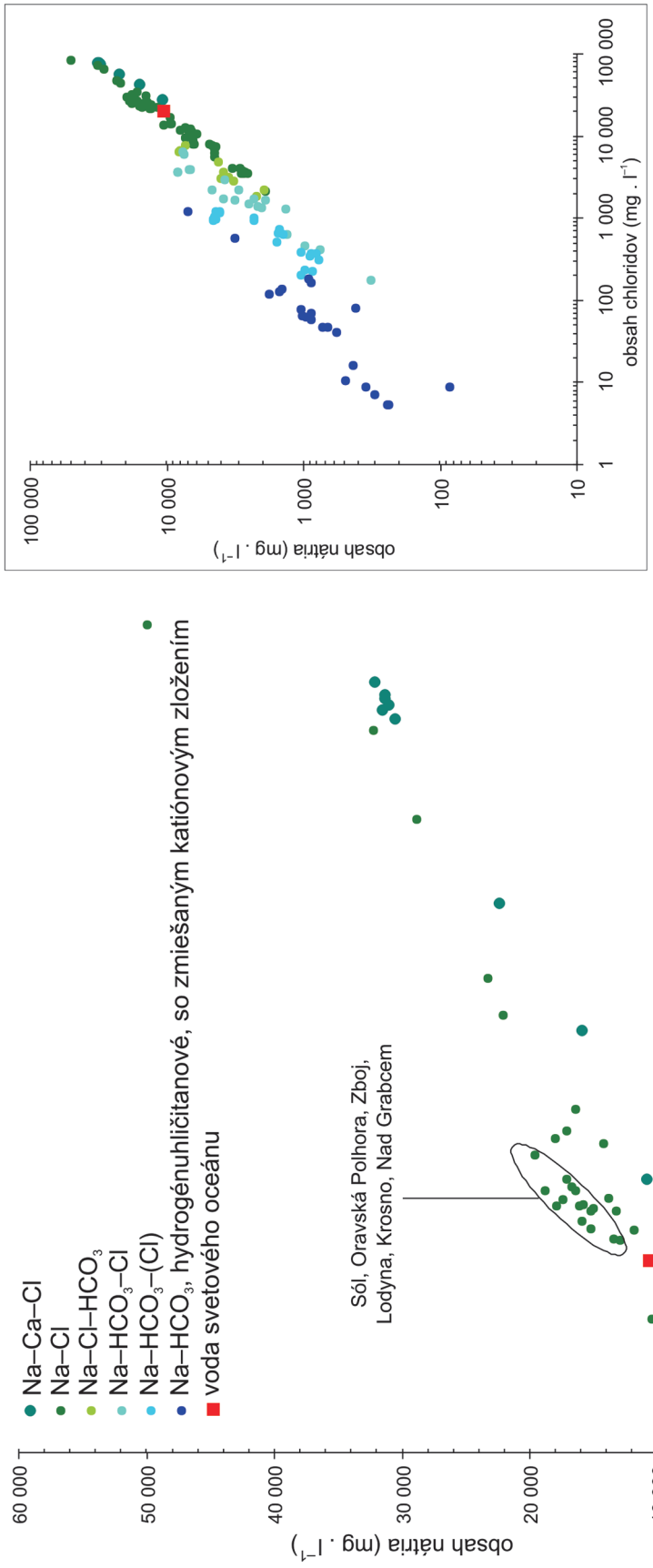
Bardejove a Luhačoviciach predstavujú podiel zdrojových (hlbinných) vôd zmiešaných v rôznom stupni s obyčajnými podzemnými vodami (v Luhačoviciach je obsah $\delta^{18}O$ –1,9 ‰ a δD –51,2 ‰, v Bardejove je $\delta^{18}O$ –6,1 ‰ a δD –61,1 ‰).

Pôvod minerálnych vôd typu Na–Cl, Na–Cl–HCO_3 a Na–HCO_3–Cl vystupujúcich vo flyši Západných Karpát skúmali mnohí významní poľskí odborníci. Výsledky prác v osemdesiatych rokoch minulého storočia publikovali a interpretovali Dowgiałło, Glogoczowski a Barański, Dowgiałło a Slawinski, Leśniak a Leśniak a Dowgiałło. Najskôr zdôrazňovali vystupovanie najmenej dvoch zložiek vôd v rôznych pomeroch: infiltračnej a reliktnej. Leśniak (1980) predpokladá aj účasť metamorfnej vody, uvoľnenej v dôsledku dehydratácie ílových minerálov v podmienkach nízkoteplotného metamorfizmu. Zuber a Grabczak (1985) usudzujú, že minerálne vody Wysowej, Rabky, Szczawy, Szczawnice a Poręby Wielkej reprezentujú miešanie infiltračných a metamorfných vôd. Zároveň sa nazdávajú, že treba vylúčiť genetický súvis vysokého obsahu chloridov v opisovaných vodách s morskými vodami. Podľa nich zvýšená koncentrácia môže byť výsledkom lúhovania flyšových hornín metamorfnými vodami. Predpokladajú, že chloridové vody vyskytujúce sa v jasielskom synklinóriu – Iwonicz, Rymanów, Krośno – alebo v podloží flyšu podsliezskej jednotky – Ustroń – sú paleoinfiltračné. Ich izotopové zloženie podľahlo zmene v dôsledku procesov súvisiacich so vznikom ložísk ropy. Neskôr Leśniak a Dowgiałło (1986) konštatujú, že chloridové vody vystupujúce vo flyši Karpát majú z hľadiska chemického zloženia výrazné znaky genetickej spätosti s morskou vodou. Oszczypko a Zuber (2002) vyjadrujú názor, že chloridové vody obohatené o CO_2 vo flyšovom pásme Západných Karpát na území Poľska často obsahujú nemeteorickú zložku s izotopovým zložením typickým pre dehydratačné vody formujúce sa počas metamorfných procesov ($\delta^{18}O \approx +6,5$ ‰, $\delta D \approx -25$ ‰). Porovnanie s ďalšími známymi výskytmi vôd s podobným izotopovým zložením



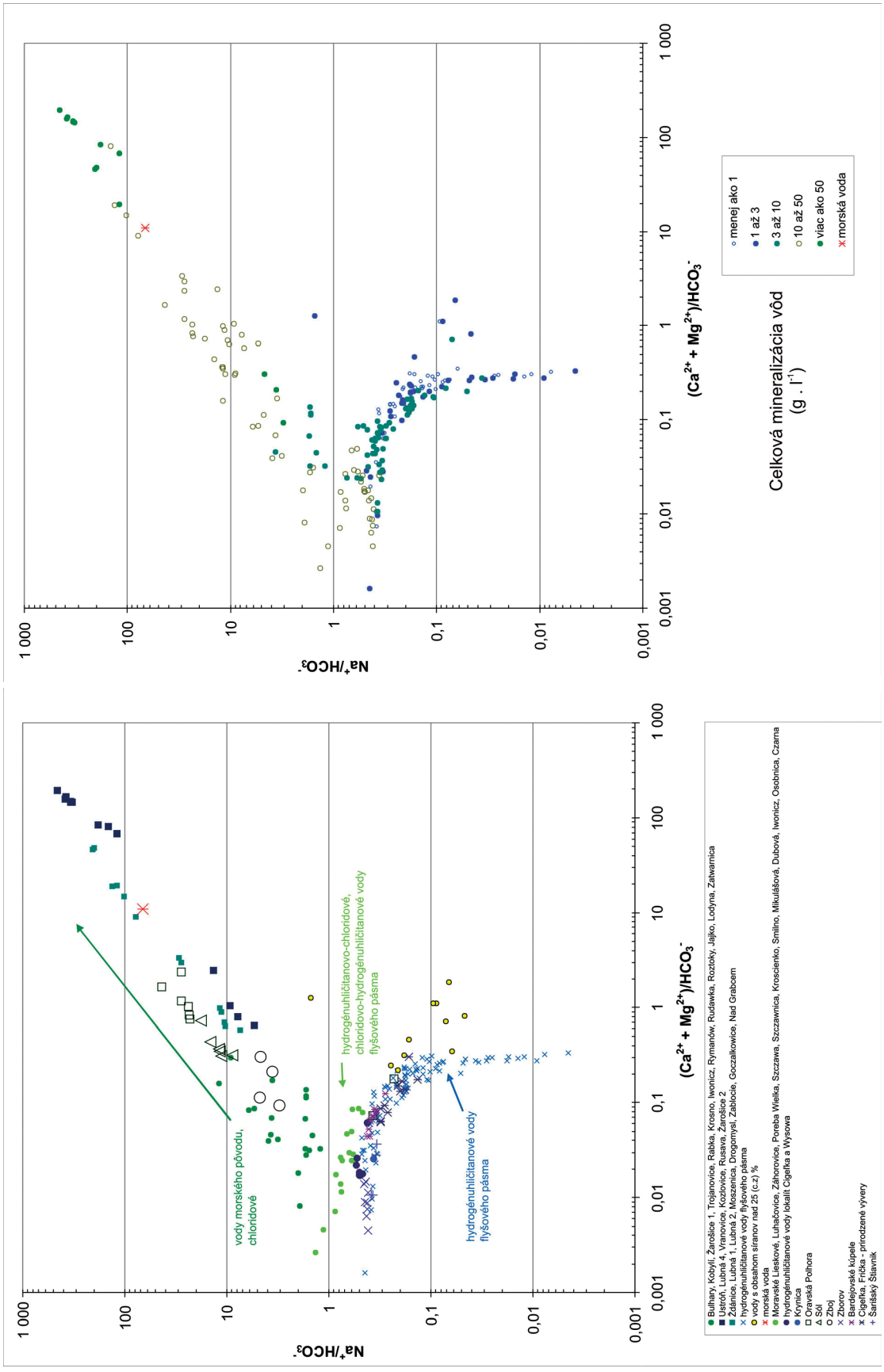
Obr. 3. Lokality minerálnych vôd flyšového pásma Západných Karpát (Moravy, Slovenska a Polska).

Fig. 3. Localities of mineral water from the Flysch Belt of Western Carpathians (Moravia, Slovakia and Poland).



Obr. 4. Vzťah medzi obsahom nátria a chloridov v minerálnych vodách flyšového pásma a predhlbne Karpát.

Fig. 4. Relation between natrium and chlorides content in mineral water of the Flysch Belt and Foredeep of Carpathians.



Obr. 5. Vzťah medzi koeficientmi Na^+/HCO_3^- a $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/HCO_3^-$ v minerálnych vodách flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát.

Fig. 5. Relation between Na^+/HCO_3^- and $(Ca^{2+} + Mg^{2+})/HCO_3^-$ in mineral water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians.

naznačuje, že sú predovšetkým výsledkom transformácie smektitu na illit počas poklesovej diagenézy flyšových sedimentov. Autori konštatujú, že pre takéto vody je charakteristický vysoký obsah chloridov (asi do 14 g · l^{-1}), v rôznych regiónoch rozdielny. Súdia, že nie sú badateľné žiadne príspevky morskej vody, hodnoty $\delta^{18}O$ a δD sú nepatrne rozptýlené. Predpokladajú, že pre tieto vody sú charakteristické vysoké hodnoty koeficientov Na/Cl a B/Cl. Rajchel et al. (2004) opisujú genézu chloridových vôd lokality Sól. Dovtedajší výskum izotopového zloženia poukázal na to, že väčšina vôd nesporne reprezentuje zmesi slaných neinfiltračných vôd s lokálnymi infiltračnými vodami. Autorka prezentuje argumenty dokazujúce pôvod neinfiltračnej zložky soľaniek lokality Sól spätý s dehydratáciou ílových minerálov prebiehajúcou v čase diagenézy flyšových sedimentov v súlade s argumentmi opísanými Oszczypkom a Zuberom (2002). Ďalej však uvádza, že chemické zloženie pravdepodobne určujú pozostatky sedimentačných vôd obohatených v procese ultrafiltrácie prebiehajúcom počas spevňovania sedimentov. Rekapituluje, že v prípade vôd lokality Sól z dvoch protichodných procesov – osladzovania sedimentačných vôd dehydratačnými vodami a obohacovania o chemické zložky v dôsledku ultrafiltrácie – dominujúcim sa zdá druhý proces vedúci k vysokému zasoleniu, významne prevyšujúcemu mineralizáciu morskej vody.

V súvislosti s opisom pôvodu minerálnych vôd ukrajinských Karpát Kolodij a Kojnov (1984) podľa izotopového zloženia vyčleňujú vody infiltračnej aj sedimentačnej genézy a ich zmesi. Konštatujú, že v sv. časti flyšového pásma a predhlbne ukrajinských Karpát dominujú sedimentogénne vody, ktoré sa často stretávajú už v hĺbke 1 000 m. Analýza izotopového zloženia vodíka a kyslíka umožňuje rozlíšiť vody, ktoré sú podľa genézy rôzne, ale majú identické chemické zloženie a mineralizáciu. Identické izotopové zloženie môžu mať vody s rôznou genézou. Preto pri dôkladnom posudzovaní genézy vôd je potrebné komplexne analyzovať hydrogeochemické údaje, údaje o zložení plynov, o izotopoch, údaje z hydrogeotermie a paleohydrogeológie s ohľadom na geologické a technické podmienky prejavov vôd. Autori zdôrazňujú značnú úlohu paleoinfiltračných soľaniek vylúhovania soľonosnej molasy miocénu vo formovaní silných soľaniek typu Na–Ca–Cl flyšu karpatskej predhlbne a flyšového pásma Karpát. Berúc do úvahy, že takéto soľanky sa vyskytujú v značnej časti flyšového pásma, taký rozsiahly výskyt je možné predpokladať aj pod nasunutým flyšom molasy neogénu a zodpovedajúcu amplitúdu nasunutia flyšového pásma na predhlbeň.

Interpretácia chemického a izotopového zloženia minerálnych vôd

V nasledujúcom texte sa zameriavame na grafickú interpretáciu údajov o obsahu nátria, hydrogénuhličitanov, chloridov a bromidov v minerálnych vodách a izotopovom zložení vôd s cieľom vyjadriť existujúce regionálne zákonitosti formovania chemického zloženia vôd. Poukážeme na význam grafického zobrazenia vzťahu medzi jednotlivými charakteristikami chemického zloženia vôd pri opise pôvodu a pozície minerálnych vôd zo Slovenska v rámci celého skúmaného priestoru flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát.

Chemické zloženie minerálnych vôd

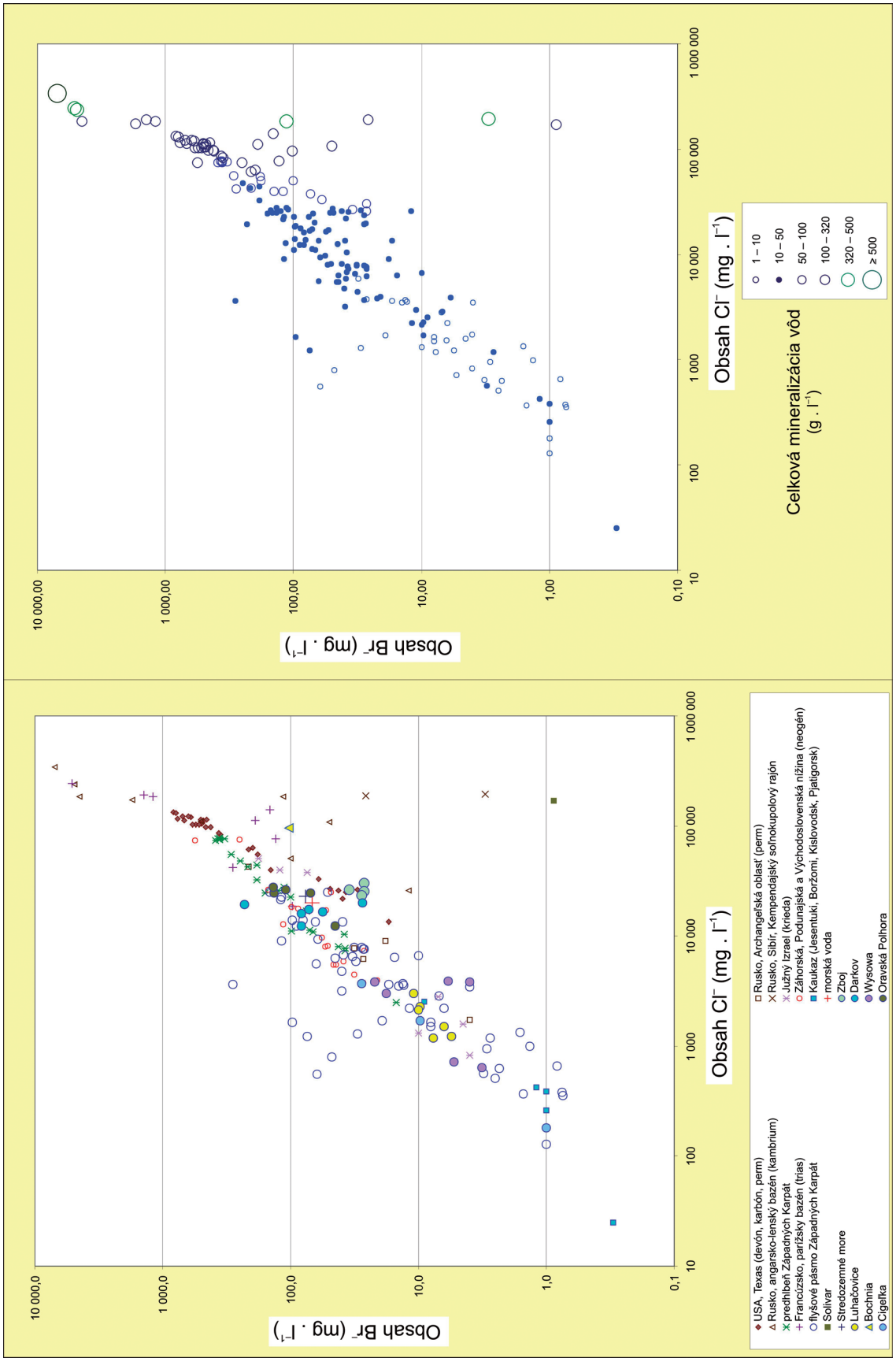
Na obrázku 3 sú znázornené chemické typy minerálnych vôd vybraných lokalít (na podklade štruktúrnej schémy flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát zostavenej Lexom et al., 2000). Vzťah medzi obsahom nátria a chloridov v týchto vodách vykresľuje graf na obrázku 4. Na oboch obrázkoch sú jednotlivé chemické typy vôd vyjadrené rovnakými farbami značiek.

Vo všeobecnosti vody typu Na–Cl vystupujú najmä v sedimentárnych horninách. Sú prítomné v oblastiach ložísk kamennej soli, ílovcov a sadrovcov s vložkami halitu. Ide najmä o vody s vysokou mineralizáciou (soľanky). Sú najrozšírenejšie, vo vertikálnom smere tvoria najhrubšiu hydrogeochemickú zónu – zónu soľaniek (Švarcev, 1996). Táto zóna sa nachádza v rôznej hĺbke (kým v artézskych panvách je zóna soľaniek iba niekoľko stoviek metrov pod povrchom, v hydrogeologických masívoch býva v hĺbke až niekoľko kilometrov) a nesúvisí už výslovne s horninovým prostredím. Obyčajne ide o zónu hydrogeochemickej stagnácie (Macioszczyk a Dobrzyński, 2007).

V skúmanom regióne Západných Karpát majú najvyšší celkový obsah rozpustených látok slané vody až silné soľanky (podľa klasifikácie Švarceva, 1996; tab. 1) typu Na–Cl až Na–Ca–Cl z priestoru predhlbne Západných Karpát. Vyskytujú sa v sedimentoch neogénu (Lapczyca) a v podloží flyšových príkrovov krosnianskej skupiny (devón, vrt U-3A kúpeľov Ustroň v Poľsku, soľanka exploatovaná z hĺbky 1 318 až 1 728 m; Rajchel et al., 2007). Dosahujú celkovú mineralizáciu až vyše 130 g · l^{-1}. Na obrázku 4 sú znázornené tmavozelenými krúžkami (silnú soľanku lokality Ustroň predstavuje skupinka najväčších tmavozelených bodov s maximálnym obsahom nátria a chloridov).

V grafe vzťahu medzi obsahom nátria a chloridov (obr. 4) sa v súbore vôd typu Na–Cl nápadne vyčleňuje skupinka bodov reprezentujúcich vody lokalít Sól, Oravská Polhora, Zboj, Krosno, Lodyna a Nad Grabcem. Majú relatívne vyšší obsah nátria (vo vzťahu k chloridom) ako vody z podložia flyšového pásma. To pravdepodobne odzrkadľuje fakt, že ide o vody zo samotného flyšového pásma, ktorých chemické zloženie je ovplyvnené ionovýmennými procesmi.

Predpokladáme, že na lokalitách pri vnútornom okraji karpatského oblúka (napr. Luhačovice, Cigeľka, Wysowa, Szczawa) vyšší obsah chloridov v minerálnych vodách typu Na–HCO_3–(Cl) až Na–HCO_3–Cl signalizuje prítomnosť určitého (rôzne veľkého) podielu vôd typu Na–Cl z podstatne väčšej hĺbky (zo zóny soľaniek). Vyplýva to aj z grafu znázorňujúceho vzťah medzi koeficientmi (Ca^{2+} + Mg^{2+})/HCO_3^- a Na^+/HCO_3^- (obr. 5). Slané vody až soľanky typu Na–Cl zaujímajú vždy polohu v hornej časti grafu (koeficient Na^+/HCO_3^- je vyšší ako 1). Ide o sedimentačné vody (podľa klasifikácie Kirjuchina et al. in Švarcev, 1996; tab. 2). Zo Slovenska sem patria silno slané vody až soľanky z lokalít Zboj a Oravská Polhora. V rámci vôd



Obr. 6. Bromidy a jodidy v minerálnych vodách flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát a vybraných lokalít z rôznych častí sveta.

Fig. 6. Bromides and iodides in mineral water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians and selected localities of various parts of the world.

typu Na–Cl sa zistil najvyšší obsah vápnika a horčíka v silných soľankách z podložia flyšového pásma (Ustroń, obr. 5, tmavozelené štvorčeky v pravom hornom rohu grafu).

Hydrogénuhličitanové vody – meteorické (podľa klasifikácie Kirjuchina et al. in Švarcev, 1996) – sa nachádzajú v spodnej časti grafu – koeficient Na^+/HCO_3^- je vždy nižší ako 1 (prevažne je jeho hodnota nižšia ako 0,5). Sem patria aj minerálne vody typu Na–HCO_3 z početných prirodzených výverov flyšového pásma východného Slovenska – v grafe najmä v strednej časti ľavého spodného kvadrantu. V tom istom kvadrante v jeho pravej časti sú sústredené vody s prevahou vápnika a horčíka v katiónovom zložení, pričom sú to zároveň vody s najnižšou celkovou mineralizáciou (v grafe sú zahrnuté aj minerálne vody s celkovou mineralizáciou nižšou ako 3 g · l^{-1}, najmä z prirodzených výverov vo flyšovom pásme východného Slovenska).

Hodnota koeficienta Na^+/HCO_3^- približne v rozmedzí 0,5 až 1,05 (plné svetlozelené krúžky) charakterizuje vody typu Na–HCO_3–Cl až Na–Cl–HCO_3 z lokalít uvedených vo vysvetlivkách. Tieto vody sú prechodným typom medzi opísanými vodami. Predpokladáme, že ich chemické zloženie je výsledkom miešania meteorických a sedimentačných vôd v rôznom pomere.

Na obrázku 5 v grafe vľavo sú identifikované body zastupujúce niektoré významné lokality flyšového pásma Slovenska (menej aj z územia Poľska). Aby bolo možné predstaviť si ich pozíciu v rámci celého skúmaného priestoru, vpravo je graf znázorňujúci hodnoty celkovej mineralizácie vôd. Obrázok tak významnou mierou napomáha pri utváraní uceleného obrazu o formovaní chemického zloženia minerálnych vôd flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát.

Pri posudzovaní pôvodu vôd má rovnako nezanedbateľný význam aj hodnotenie a interpretovanie údajov o obsahu chloridov, bromidov a jodidov. Skúma sa pomer hmotnostnej koncentrácie týchto halogenidov (Cl/Br, Br/I), ktorý umožňuje posúdiť spätosť vôd s ložiskami soli, ropy a zemného plynu alebo so sedimentogénnymi vodami (Pich a Turek, 1972; Worden, 1996; Winid a Witczak, 2004; Bačová, 2009).

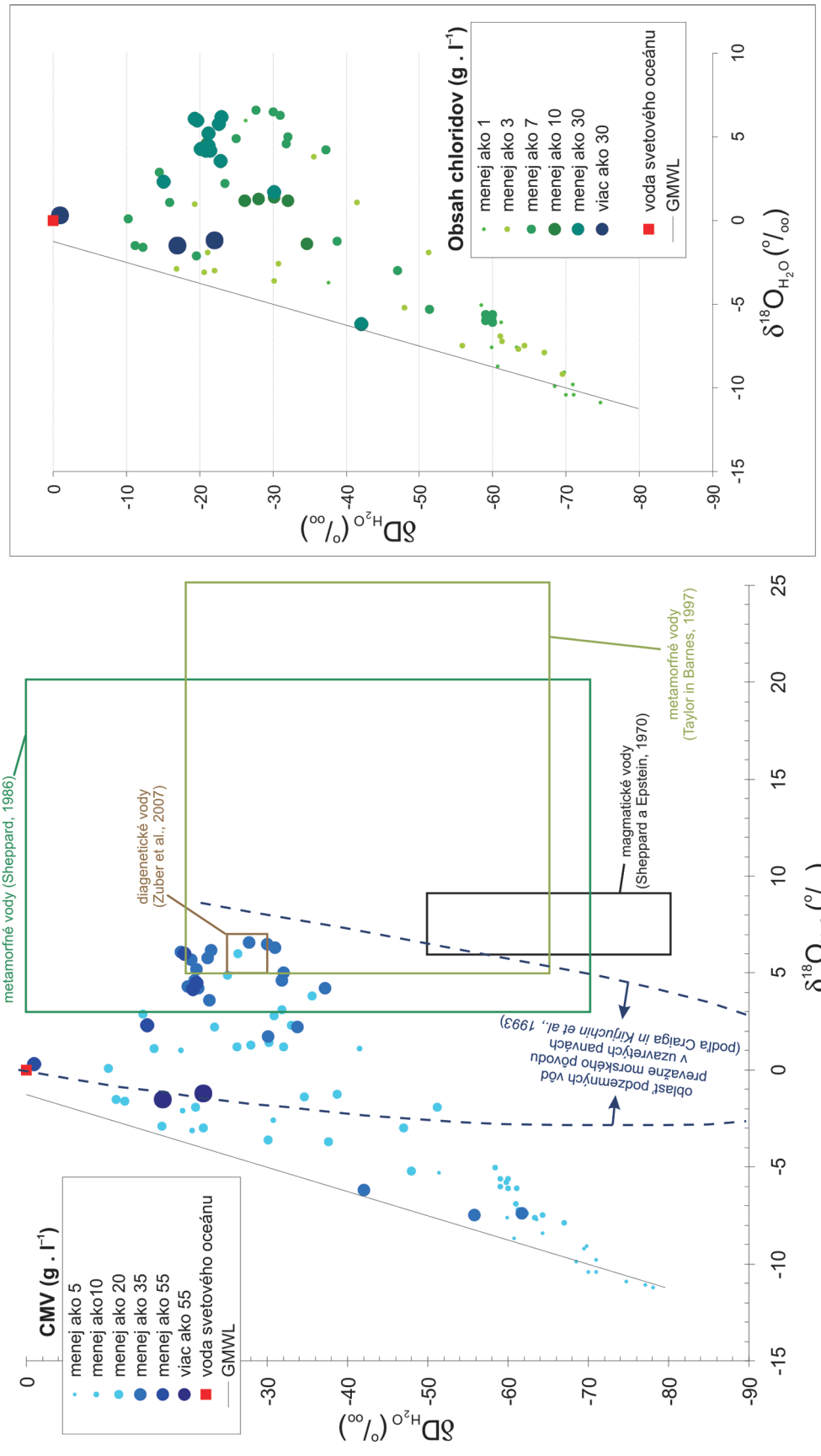
Na obrázku 6 je znázornený obsah chloridov a bromidov vo vodách flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát v porovnaní s minerálnymi vodami (najmä silnými soľankami) rôznych častí sveta (zdroje východiskových údajov o obsahu bromidov a jodidov: Goebel, 1964; Franko et al., 1975; Franko a Michalíček, 1975; Franko a Kolářová, 1983; Michalíček, 1986; Pluta, 2005; Rajchel et al., 2004; Rajchel et al., 2007; Krahulec et al., 1977, 1978; Dowgiałło et al., 1969; Dowgiałło, 1976; Oszczypko a Zuber, 2002; Ďurkovič et al., 1982; Zakovič et al., 1988, 2003, 2006; Pacindová et al., 1997; Michalko et al., 1991; Porowski, 2006; Kirjuchin et al., 1993; Stueber et al., 1998; Rosenthal et al., 1999; Fontes a Matray, 1993). Graf má nesporne veľký význam pri skúmaní pôvodu minerálnych vôd. Soľanky morského pôvodu alebo vody s určitým podielom takýchto soľaniek (s nižšou celkovou mineralizáciou) majú pozíciu vymedzenú na línii s najväčším zhustením bodov. Od tejto línie sa odkláňajú body zastupujúce vody s istým rastúcim podielom vôd vylúhovania ložísk soli – vpravo. Vyšší obsah bromidov, ako je priemerný obsah vo vodách morského pôvodu, naznačuje spätosť s akumuláciami uhľovodíkov – body umiestnené vľavo od línie najväčšieho zhustenia bodov v grafe. Pri obsahu chloridov vyššom ako 100 g · l^{-1} sa začína prejavovať štádium vypadávania halitu zo soľaniek. Toto štádium graf znázorňuje výrazným spomalením rastu obsahu chloridov v soľankách, zatiaľ čo obsah bromidov naďalej stúpa (v sedimentačných vodách morského pôvodu vysokých štádií odparovania) alebo rapídne klesá (soľanky vylúhovania ložísk soli).

Vody flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát sú v grafe odlíšené od ostatných modrým obrysom značiek. V rámci nich sú identifikované niektoré lokality. Vody Oravskej Polhory, Soli (Poľsko) a Zboja majú identické chemické zloženie (obr. 3) a približne rovnaký celkový obsah rozpustených látok. Poloha bodov zastupujúcich vodu zo Zboja však poukazuje na istý podiel mineralizácie vznikajúcej vylúhovaním soli – v grafe veľmi transparentne indikovaný značným posunom bodov od línie najväčšieho zhustenia značiek smerom doprava.

Izotopové zloženie minerálnych vôd

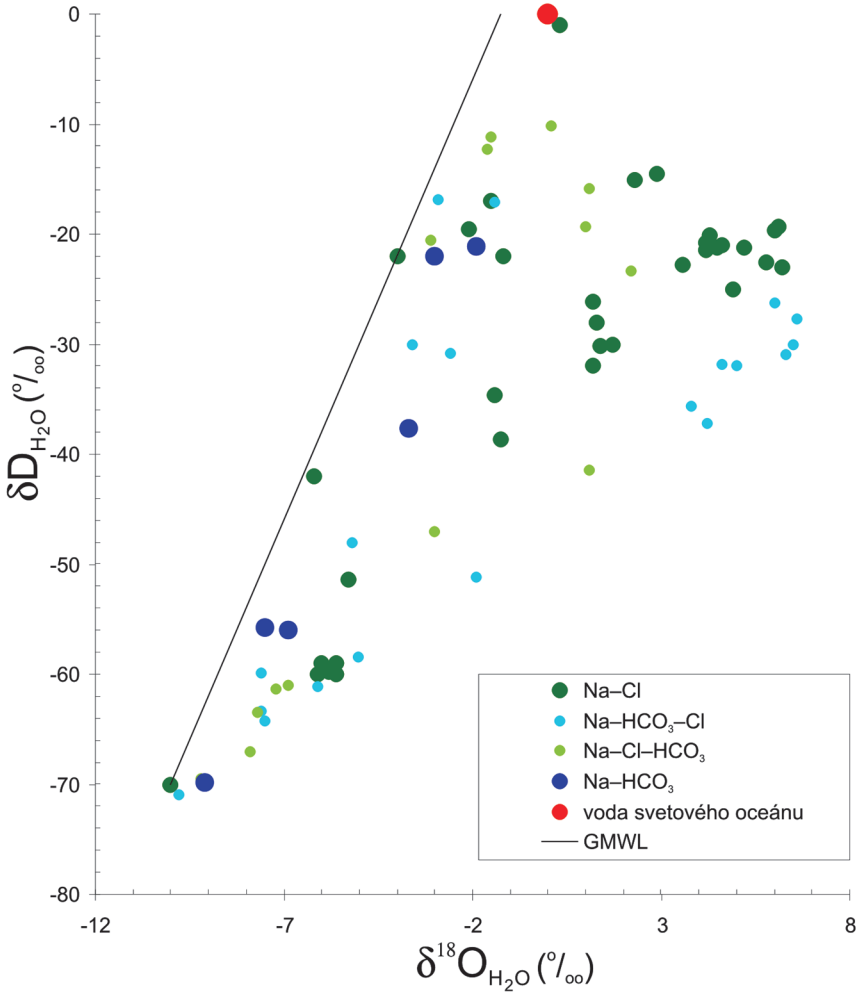
Údaje o izotopovom a chemickom zložení minerálnych vôd vybraných lokalít flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát sú zhrnuté v tabuľke 3. Ide o vody s celkovým obsahom rozpustených látok vyšším ako 3 g · l^{-1}. Z ich spracovania a grafického vyhodnotenia (obr. 4 – 8) vyplýva:

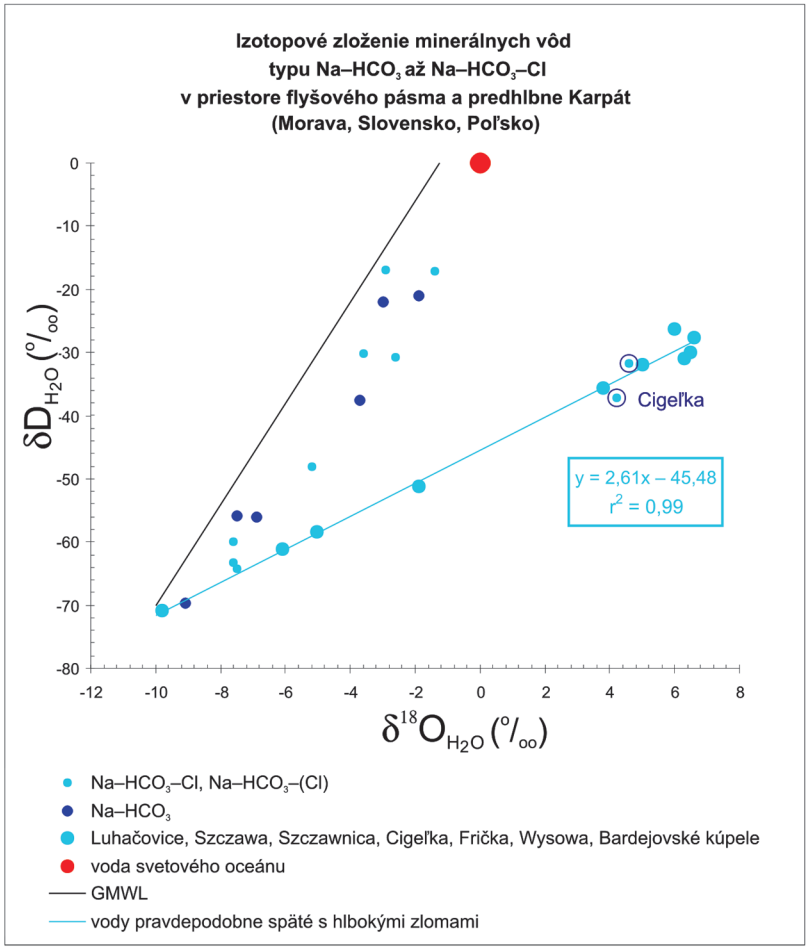
- *Vody typu Na–Cl* majú zväčša obsah $\delta^{18}O_{H_2O}$ od –2 do +6 ‰ a obsah δD_{H_2O} –10 až –40 ‰. Hodnoty δD_{H_2O} sú o niečo vyššie ako v prípade vôd typu Na–HCO_3–Cl. Izotopovo najťažšie vody typu Na–Cl z priestoru flyšového pásma Karpát v grafe vzťahu medzi hodnotami $\delta^{18}O_{H_2O}$ a δD_{H_2O} spadajú do relatívne širokej oblasti podzemných vôd prevažne morského pôvodu v uzavretých bazénoch vymedzenej Craigom (obr. 7). Na základe interpretácie údajov o izotopovom a chemickom zložení minerálnych vôd z priestoru flyšového pásma Západných Karpát usudzujeme, že tieto vody majú veľmi pravdepodobne morský pôvod. Evidentne ide o sedimentačné vody podľa klasifikácie Kirjuchina et al. (in Švarcev, 1996; tab. 2) a Kirjuchina (2008) či fosílne vody morského pôvodu podľa Whitea (1963). Rozdielne chemické a izotopové zloženie badateľne odráža ich nerovnomerné miešanie s meteorickými vodami a tiež rôzny vplyv procesov vedúcich k izotopovej frakcionácii.
- Opísať pôvod minerálnych vôd iba na základe interpretácie známych údajov o ich izotopovom zložení nie je možné. Hypotézy o formovaní vôd by boli veľmi nejednoznačné. Vyplýva to aj z grafu na obrázku 7. Body reprezentujúce silno slané vody z hydrogeologických vrtov v Cigeľke spadajú do oblasti metamorfných vôd vymedzenej Sheppardom (1986) a súčasne do oblasti morských vôd vymedzenej Craigom. Vzhľadom na pozíciu bodov zastupujúcich vodu zo zdroja Alexandra vo Wysowej môžeme v jej prípade hovoriť o podiele metamorfnej vody, morskej vody alebo ako o diagenetickej vode (Zuber, 2007; tab. 1).



Obr. 7. Izotopové zloženie, celková mineralizácia a obsah chloridov v minerálnych vodách.

Fig. 7. Isotopic composition, total mineralization and chlorides content in mineral water.





Obr. 8. Izotopové zloženie a typ chemického zloženia minerálnych vôd.

Fig. 8. Isotopic composition and type of mineral water.

Tab. 3
Chemické a izotopové zloženie minerálnych vôd
Chemical and isotopic composition of mineral water

Lokalita, zdroj (hĺbka vrtu)	CMV	Na^+	Cl^-	HCO_3^-	Dátum analýzy	Zdroj údajov	$\delta^{18}O_{H_2O}$	δD_{H_2O}	Dátum analýzy	Zdroj údajov	Typ vody
		$mg \cdot l^{-1}$					‰				
Luhačovice, Elektra (23,74 m)	13 800	3 760	2 979	6 478	1968	1	–1,9	–51,2		10	Na–HCO_3–Cl
Darkov, prameň Helena	20 577	6 800	12 245	232	1969	1	–6,2	–42			Na–Cl
Zablocie, Tadeusz (vrt)	52 944	17 100	32 534	142	1995	2	0,3	–1		2	Na–Cl
Ustroń, vrt U-3	89 410	22 400	55 593	122	1980	2	–1,2	–22		2	Na–Cl
Goczalkowice, vrt GN-1	77 536	23 250	47 994	117	1995	2	–1,5	–17		2	Na–Cl
Sól, Słanica (0,3 m)	40 128	15 094	22 811	1 043	2003	3	4,47	–21,2	2003	3	Na–Cl
Sól, Słanica (0,3 m)	39 606	15 177	22 617	1 290	2004	3	4,19	–20,8	2004	3	Na–Cl
Sól, Warzelniane (vzorka z hĺbky 1,5 m)	11 596	4 384	6 604	494	2003	3	–1,26	–38,7	2003	3	Na–Cl
Sól, Warzelniane (vzorka z hĺbky 6 m)	32 095	12 073	18 562	1 071	2004	3	1,72	–30,1	2004	3	Na–Cl
Sól, Warzelniane (vzorka z hĺbky 11 m)	35 756	12 881	21 213	1 071	2004	3	3,58	–22,8	2004	3	Na–Cl
Sól, Warzelniane (vzorka z hĺbky 13 m)	36 115	12 935	21 525	1 084	2004	3	5,79	–22,6	2004	3	Na–Cl
Oravská Polhora, vrt FPJ-1 (2 170 m)	46 892	17 150	27 725	741	1988	4	6	–19,662		12	Na–Cl
Rabka, Krakus (19 m)	21 519	7 940	11 818	1 464	1965	5	6,1	–19,3	1970	6	Na–Cl
Rabka 18 (vrt)	24 677	9 300	13 852	1 525	1976	2	6,2	–23		2	Na–Cl
Szczawa, Hanna (8 m)	7 236	2 230	1 819	3 020	1962	5	1,1	–41,5		6	Na–Cl–HCO_3
Szczawa II (vrt)	26 336	7 670	6 524	11 532	1976	2	6,3	–31		2	Na–HCO_3–Cl
Szczawnica, Magdalena (3,45 m)	10 572	2 950	2 199	4 958	1965	5	3,8	–35,6		13	Na–HCO_3–Cl
Szczawnica, Magdalena (3,45 m)	25 752	7 500	5 886	11 850	1976	2	5	–32		2	Na–HCO_3–Cl
Krynica, Zuber III (626 m)	28 370	7 000	1 149	19 228	1968	6	–7,5	–55,8	1970	6	Na–HCO_3
Krynica, Zuber III (626 m)		7 000	1 136	19 965	1976	2	–6,9	–56		2	Na–HCO_3
Cigeľka, vrt CH-1 (202,5 m)	29 315	8 380	3 670	16 718	1995	7	4,6	–31,8	1994	7	Na–HCO_3–Cl
Cigeľka, vrt V-HC-1 (212,6 m)	29 410	8 420	3 688	16 718	1995	7	4,22	–37,2	1994	7	Na–HCO_3–Cl
Cigeľka, prameň Mikva	4 372	911	180	2 917	1972	8	–9,09	–69,78	1994	7	Na–HCO_3
Frička, prameň	4 389	860	222	3 002	1992	7	–9,8	–70,92	1994	7	Na–HCO_3–(Cl)
Wysowa, Alexandra (100 m)	26 143	7 150	4 184	13 331	1973	6	6,6	–27,7	1970	6	Na–HCO_3–Cl
Wysowa, Alexandra (100 m)	24 240	6 900	3 850	13 110	1976	2	6,5	–30		2	Na–HCO_3–Cl
Bardejovské kúpele, Hlavný prameň (BV-2, 3,36 m)	4 051	885	377	2 385	1972	8	–7,6	–59,878		12	Na–HCO_3–(Cl)
Bardejovské kúpele, Herkules (vrt S-8, 35 m, 14 – 35)	9 555	2 300	990	5 783	1968	9	–6,1	–61,1		10	Na–HCO_3–(Cl)
Dlhá Lúka (BV-1)	6 708	1 578	505	4 168	1969	8	–5,03	–58,382		12	Na–HCO_3–(Cl)
Zborov, vrt Zborov-1 (5 500 m, 4 536 – 4 491)	17 106	4 590	938	11 097	1989	10	6	–26,308		10	Na–HCO_3–(Cl)
Lipinki, Adam 60 (107,5 m)	11 500	3 150	561	7 703	2000	11	–3,7	–37,6	2000	11	Na–HCO_3
Osobnica 117	7 605	2 464	2 111	2 904	2000	11	1	–19,3	2000	11	Na–Cl–HCO_3
Osobnica 138	10 969	3 550	3 184	4 059	2000	11	1,1	–15,9	2000	11	Na–Cl–HCO_3
Jaslo, Polmin 7 (1 295,5 m)	15 919	5 900	8 485	1 366	2001	11	–1,4	–34,6	2001	11	Na–Cl
Jaslo, Sobniów 29 (2 221,5 m)	21 149	7 589	10 259	2 757	2001	11	5,2	–21,2	2001	11	Na–Cl
Bóbrka, Opal 5 (601,0 m)	10 813	3 184	1 642	5 783	2000	11	–3,6	–30,1	2000	11	Na–HCO_3–Cl
Bóbrka, Opal 26	12 626	3 868	3 615	5 758	2002	11	–1,6	–12,3	2002	11	Na–Cl–HCO_3
Bóbrka, Opal 54 (472,0 m)	7 394	2 314	1 702	3 299	2000	11	–2,6	–30,8	2000	11	Na–HCO_3–Cl
Bóbrka, Radium 133 (569,0 m)	1 129	323	173	593	2000	11	–8,7	–60,7	2000	11	Na–HCO_3–Cl
Bóbrka, Alma 26 (323,0 m)	15 464	4 129	1 219	9 787	2000	11	–1,9	–21,1	2000	11	Na–HCO_3
Moderówka 7 (1 793,5 m)	20 088	7 252	9 360	3 167	2001	11	4,6	–21	2001	11	Na–Cl
Jaszczew 32a (2 280,0 m)	15 401	5 310	6 165	3 306	2001	11	4,9	–25	2001	11	Na–Cl
Jaszczew, Iskierska 18 (340,3 m)	27 825	9 633	12 398	5 124	2000	11	4,2	–21,4	2000	11	Na–Cl
Krosno, Mc Alan 3 (409 m)	16 440	5 436	5 517	5 270	2000	11	2,2	–23,4	2000	11	Na–Cl–HCO_3

Iwonicz, Elin 7 (237 m)	7 865	2 580	3 134	1 832	1973	6	–5,3	–51,4	1970	6	Na–Cl
Iwonicz, Elin 7 (176,5 m)	5 878	1 942	2 218	1 597	2001	11	–7,2	–61,3	2001	11	Na–Cl–HCO_3
Iwonicz, Lubatówka 12	18 760	6 470	7 938	4 132	1976	2	1,3	–28		2	Na–Cl
Iwonicz, Lubatówka 12 (886,5 m)	19 216	6 620	8 300	3 980	2001	11	1,2	–26,2	2001	11	Na–Cl
Iwonicz, Lubatówka 14	17 998	6 250	7 850	3 713	1976	2	1,2	–32		2	Na–Cl
Lubatówka 14 (786,0 m)	18 372	6 380	7 994	3 738	1995	11	1,4	–30,2	1995	11	Na–Cl
Iwonicz II (366,3 m)	5 519	1 808	2 067	1 511	2001	11	–6,9	–61	2001	11	Na–Cl–HCO_3
Iwonicz, Emma (186,8 m)	4 369	1 380	1 563	1 284	1991	11	–7,7	–63,5	1991	11	Na–Cl–HCO_3
Iwonicz, Zofia 6 (304,0 m)	12 503	4 223	5 399	2 636	2001	11	–3	–47	2001	11	Na–Cl
Iwonicz, Roman 5 (440,0 m)	19 010	6 180	4 520	7 140	1998	11	0,1	–10,2	1998	11	Na–Cl–SO_4
Iwonicz, Karol 2 (35,1 m)	1 570	388	203	732	2001	11	–9,9	–68,5	2001	11	Na–HCO_3–Cl
Iwonicz, Klimkówka 27 (446,8 m)	12 912	3 903	2 714	6 168	2001	11	–5,2	–48	2001	11	Na–HCO_3–Cl
Iwonicz, Iza 19 (102,5 m)	766	143	54	476	2001	11	–10,4	–70	2001	11	Na–HCO_3
Rymanów, Minka 5 (564,0 m)	12 918	4 026	3 710	4 965	2000	11	–1,5	–11,2	2000	11	Na–Cl–HCO_3
Rymanów, Minka 7 (104,0 m)	15 760	4 503	2 086	8 979	2000	11	–1,4	–17,1	2000	11	Na–HCO_3–Cl
Rymanów, Klementyna 7 (365,0 m)	16 695	4 664	1 701	10 128	2000	11	–3	–22	2000	11	Na–HCO_3
Rymanów – Celestyna (prameň)	8 146	2 745	3 608	1 600	1976	2	–5,6	–60		2	Na–Cl
Rymanów, Celestyna (4,5 m)	8 296	2 670	3 688	1 611	2001	11	–5,8	–59,8	2001	11	Na–Cl
Rymanów, Klaudia (prameň)	7 938	2 565	3 563	1 525	1976	2	–5,6	–59		2	Na–Cl
Rymanów, Klaudia (4,5 m)	8 058	2 600	3 580	1 562	2001	11	–6	–59	2001	11	Na–Cl
Rymanów, Tytus (4,5 m)	7 920	2 529	3 510	1 550	2001	11	–6,1	–60	2001	11	Na–Cl
Rymanów 2 (444,0 m)	8 258	2 440	1 560	4 148	2001	11	–7,5	–64,3	2001	11	Na–HCO_3–Cl
Rymanów 4 (689,7 m)	6 523	1 985	1 666	2 721	2001	11	–7,9	–67	2001	11	Na–Cl–HCO_3
Rymanów 5 (508,7 m)	6 515	1 921	993	3 521	2001	11	–7,6	–63,3	2001	11	Na–HCO_3–Cl
Rymanów 6 (203,3 m)	3 673	1 070	1 152	1 281	2001	11	–9,2	–69,5	2001	11	Na–Cl–HCO_3
Rudawka 11a (393,0 m)	29 651	10 488	13 527	5 283	2002	11	4,3	–20,1	2002	11	Na–Cl
Jajko (950,0 m)	12 516	4 466	5 560	2 327	2001	11	2,9	–14,5	2001	11	Na–Cl
Lodyna 76 (492,3 m)	48 967	17 928	24 956	5 622	2001	11	2,3	–15,1	2001	11	Na–Cl
Zatwarnica 3 (886,5 m)	7 975	2 760	3 482	1 630	2001	11	–2,1	–19,5	2001	11	Na–Cl
Zatwarnica 8 (288,5 m)	7 125	2 417	2 775	1 757	2001	11	–3,1	–20,6	2001	11	Na–Cl–HCO_3
Czarna 130 (1 114,0 m)	11 955	3 721	2 936	5 087	2001	11	–2,9	–16,9	2001	11	Na–HCO_3–Cl

Zdroj údajov/Source of data: 1 – Květ a Kačura (1976); 2 – Oszczypko a Zuber (2002); 3 – Rajchel et al. (2004); 4 – Zakovič et al. (1988); 5 – Dowgiałło et al. (1969); 6 – Dowgiałło in Čadek a Pačes (1976); 7 – Pacindová et al. (1997); 8 – Krahulec et al. (1978;) 9 – Franko et al. (1975); 10 – Michalko et al. (1991); 11 – Porowski (2006); 12 – Marcin a Melioris (1994); 13 – Cortecci a Dowgiałło (1975).

• Zuber (l. c.) uvádza pre diagenetické vody charakteristické hodnoty $\delta^{18}O_{H_2O}$ od +5 do +7 ‰ a obsah δD_{H_2O} –25 až –30 ‰ a opisuje ich ako vody späté predovšetkým s prechodom smektitov do illitov v hĺbke niekoľko kilometrov. K takýmto vodám zaraďuje vody lokalít Szczawnica, Szczawa a Wysowa. Macioszczyk a Dobrzyński (2007) konštatujú, že zmeny chemického zloženia synsedimentačných vôd sú natoľko podstatné, že niektorí autori na ich opísanie uviedli do literatúry pojem diagenéza vôd. Ďalej uvádzajú, že tento pojem sa v Poľsku neprijal. Podobne sa neprijal ani termín metamorfizácia vôd používaný ruskými bádateľmi, definujúci (vymedzujúci) komplex premien, ktorým podliehajú reliktné vody v etape svojho vylúčenia z hydrologického obehu. V Poľsku sa namiesto toho niekedy používa pojem metamorfóza – teda premena (pretvorenie) podzemných vôd (Pazdro a Kozerski, 1990).

• *Minerálne vody typu Na–HCO_3 a Na–HCO_3–Cl* sú v grafe izotopového zloženia uložené na dvoch priamkach. Tým sú indikované dva súbory s typickým kladným lineárnym korelačným vzťahom medzi hodnotami $\delta^{18}O_{H_2O}$ – δD_{H_2O} (obr. 8):

o Prvý pravdepodobne reprezentuje vody z priestoru externých magurských príkrovov flyšového pásma, viazané na hlboké zlomy (a zrejme aj prejavy neogénneho magmatizmu) s prítomným CO_2 predovšetkým predpokladaného hlbinného pôvodu (Cigeľka, Wysowa, Luhačovice). Nevylučuje sa ani určitý podiel CO_2 organického pôvodu (príkladom je prírodná liečivá voda Cigeľka; Bačová a Bačo, 1998). Veľmi podobné minerálne vody poznáme z regiónu Poľana – Svaľava na Ukrajine. Originálny model formovania týchto vôd vypracoval Volkonský (1999). Podáva unikátne zhrnutia o viaczdrojovej genéze CO_2 v minerálnych vodách a značnej úlohe biogénnej zložky v rozpustenom CO_2.

o Druhý sa javí ako súbor vôd geneticky spätých s akumuláciami ropy a zemného plynu – predovšetkým z priestoru predmagurských jednotiek a krosnianskej skupiny príkrovov flyšového pásma [obr. 3; vody centrálnokarpatského synklinória (Porowski, 2006)], v grafe izotopového zloženia sú uložené pozdĺž línie Craiga (GMWL).

Významný obsah chloridov v oboch prípadoch veľmi pravdepodobne signalizuje účasť sedimentačných vôd na formovaní výsledného chemického zloženia.

• Vysoké hodnoty $\delta^{18}O_{H_2O}$ a δD_{H_2O} – bez ohľadu na chemické zloženie – poukazujú na dobrú izolovanosť od infiltračných vôd, teda na pôvod vody z priestoru viac alebo menej uzavretých hydrogeologických štruktúr (zo zóny bez vodnej výmeny so zemským povrchom).

Je evidentné, že vody typu Na–HCO_3–(Cl) až Na–HCO_3–Cl, pravdepodobne späté s hlboko siahajúcimi zlomami, majú relatívne najnižší obsah deutéria v rámci flyšového pásma (obr. 7). Vzťah medzi obsahom deutéria a obsahom izotopu kyslíka ^{18}O v nich vyjadruje rovnica regresnej priamky na obrázku 8.

Porovnaním prírodnej liečivej vody Cigeľka (zo zdroja CH-1 alebo V-HC-1) s minerálnou vodou zo zdroja Alexandra v poľských kúpeľoch Wysowa zistíme, že obe sú typu Na–HCO_3–Cl. Ich výskyt sa veľmi pravdepodobne viaže na ten istý hlboký zlom (muránsky tektonický systém) a izotopové zloženie svedčí o dobrej izolovanosti akumulačných oblastí od meteorických vôd. Naproti tomu, prírodná liečivá voda Cigeľka:

– má vyššiu celkovú mineralizáciu a nižší obsah chloridov ako voda zo zdroja Alexandra,

– vyznačuje sa vyšším obsahom hydrogénuhličitanov,

– má nižší obsah izotopu ^{18}O, zrejme vďaka vyššiemu obsahu CO_2. V oblasti Cigeľky je známe množstvo suchých výronov CO_2, podobne ako v okolí Złockieho v Poľsku.

Minerálna voda zo zdroja Alexandra vo Wysowej obsahuje väčší podiel sedimentačnej vody typu Na–Cl (to sa relevantne prejavuje na izotopovom zložení) ako voda z vrtov CH-1 a V-HC-1 v Cigeľke.

Záver

Grafická interpretácia údajov o chemickom a izotopovom zložení minerálnych vôd má neoceniteľný význam. Pri vhodne zvolených charakteristikách chemického zloženia sa v grafoch zobrazujúcich ich vzájomný vzťah vody určitého pôvodu umiestňujú do vymedzených pozícií. Syntetizujúce skúmanie vybraných hydrogeochemických údajov o vodách flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát v príspevku viedlo k veľmi zaujímavým a závažným zisteniam. Vďaka nim bolo možné detailnejšie opísať pôvod minerálnych vôd konkrétnych lokalít z územia Slovenska.

V rámci flyšového pásma Karpát sa izotopovo najťažšie vody zistili predovšetkým v priestore magurského flyšu (Sól, Oravská Polhora, Rabka, Cigeľka, Wysowa, Zborov). Vody s podobným izotopovým zložením sú známe aj na Ukrajine (flyšové pásmo: vrt Maximovskaja-1, 3 005 m, soľanka typu Na–Ca–Cl s CMV 218 g · l^{-1}, $\delta^{18}O_{H_2O}$ +3,9 ‰, δD_{H_2O} –54 ‰; vnútorná zóna karpatskej predhlbne: vrt Lugy-1, 5 490 – 5 525 m, soľanka typu Na–Ca–Cl s CMV 155 g · l^{-1}, $\delta^{18}O_{H_2O}$ +6,2 ‰, δD_{H_2O} –33 ‰; Kolodij a Kojnov, l. c.). Minerálne vody všetkých spomenutých lokalít majú často zásadne odlišné makrochemické zloženie. Vyskytujú sa v horninovom prostredí s rôznymi geologickými a tektonickými podmienkami. Dá sa povedať, že ich spája iba takmer identické izotopové zloženie. To nám umožňuje usudzovať, že vody majú rozdielny pôvod a izotopové zloženie zreteľne vypovedá iba o miere ich izolovanosti od hydrologického obehu (a teda uplatnenia možných procesov spolupôsobenia vôd s horninovým prostredím ich akumulácie – ultrafiltrácie, dehydratácie a podobne).

V príspevku sme poukázali na význam grafickej interpretácie vybraných hydrogeochemických charakteristík minerálnych vôd. Pri opise pôvodu vôd je vždy nevyhnutné dôsledné skúmanie širokého komplexu geologických, tektonických, hydrogeologických a hydrogeochemických podmienok.

Literatúra

Bačová, N. & Bačo, P., 1998: Minerálne vody Cigeľky a ich postavenie vo flyšovom pásme Západných Karpát. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 30, s. 453 – 468.*

Bačová, N., 2006: Vertikálna hydrogeochemická zonálnosť vo flyšovom pásme Karpát a jej odraz vo výskytoch minerálnych vôd východného Slovenska. *In: Rubin, H. a Kowalczyk, A., 2006 (ed.): HYDROGEOCHEMIA ´06 (zborník príspevkov na X. medzinárodnej vedeckej konferencii, Sosnowiec, 23. – 24. jún 2006). Wydzial Nauk o Ziemi, Uniwersytet Ślaski, na CD.*

Bačová, N. & Michalko, J., 2007: Vertikálna hydrogeochemická zonálnosť a izotopové zloženie minerálnych vôd flyšového pásma Karpát. *In: Szczepański, A., Kmiecik, E. a Zurek, A., 2007 (ed.): XIII Sympozjum Wspólczesne problemy hydrogeologii. Kraków, Wydzial Geologii, Geofizyki i ochrony Środowiska AGH, 33 – 41.*

Bačová, N., 2009: Bromidy a jodidy v minerálnych vodách flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát. *In: Fľaková, R., Ženišová, Z., Jašová, I. a Ďuričková, A. (eds.): Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie – HYDROGEOCHEMIA '09 (Bratislava, 18. – 19. jún 2009), s. 150 – 155.*

Barnes, H. L., 1997: Geochemistry of hydrothermal ore deposits. *Third edition. John Willey, 972 p.*

Bates, R. L. & Jackson, J. A., 1987: Glossary of geology. *AGI Alexandria, Virginia, 788 p.*

Dowgiałło, J., 1971: Studium genezy wód zmineralizowanych w utworach mezozoicznych Polski pólnocznej. *In: Biul. geol. (Univ. warszaw.), 13.*

Dowgiałło, J., 1976: Problems of the origin of Cl–HCO_3–Na mineral waters of the Polish Flysh Carpathians. *In: Čadek, J. a Pačes, T., 1976 (eds.): Proceedings International Symposium on Water--Rock interactions. Praha, Ústř. Úst. geol.*

Dowgiałło, J., Karski, A. & Potocki, J., 1969: Geologia surowców balneologicznych. *Warszawa, Wydawnictwa geologiczne, 296 s.*

Fontes, J. Ch. & Matray, J. M., 1993: Geochemistry and origin of formation brines from the Paris Basin, France. *In: Chem. Geol. (Amsterdam), 109, pp. 149 – 200.*

Franko, O., Gazda, S. & Michalíček, M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 232 s.*

Franko, O. & Kolářová, M., 1983: Mapa minerálnych vôd ČSSR 1 : 500 000. *Bratislava – Praha, Geol. Úst. D. Štúra – Ústř. Úst. geol.*

Franko, O. & Michalíček, M., 1975: Štúdia o jódobrómových vodách. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Goebel, S., 1964: Analizy chemiczne wód mineralnych Polski (mapy v skali 1 : 300 000), Tom I, II. *Warszawa, Wydawnicztwa geologiczne, 1 255 s.*

Gucalo, L. K., Krajnov, S. R., Kojnov, I. M. & Jarynyč, O. A., 1982: Genezis i formirovanie karbonatnoj sistemy mineralnych vod Sovetskich Karpat (po izotopnomu sostavu). *In: Geochimija (Moskva), 10, s. 1 481 – 1 497.*

Hanzel, V., Bodiš, D., Böhm, V., Bujalka, P., Fides, J., Franko, O., Hyánková, K. & Jetel, J., 1998: Geologický slovník. Hydrogeológia. *Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 301 s.*

Kirjuchin, V. A., Korotkov, A. I. & Švarcev, S. L., 1993: Gidrogeochimija. *Nedra, Moskva, 383 s.*

Kirjuchin, V. A., 2008: Obščaja gidrogeologija. *Sankt-Peterburg, 438 s.*

Kirjuchin, V. A., Korotkov, A. I. & Pavlov, A. N., 1988: Obščaja gidrogeologija. *Leningrad, Nedra, 359 s.*

Klimentov, P. P., 1980: Obščaja gidrogeologija. *Moskva, Vyssaja škola, 303 s.*

Kolodij, V. V. & Kojnov, I. M., 1984: Izotopnyj sostav vodoroda i kisleroda podzemnych vod karpatskogo regiona i voprosy ich proischoždenia. *In: Geochimija (Moskva), 5, s. 721 – 733.*

Krahulec, P., Rebro, A., Uhliarik, J. & Zeman, J., 1977: Minerálne vody Slovenska. Balneografia a krenografia. 1. *Osveta, Martin, 456 s.*

Krahulec, P., Rebro, A., Uhliarik, J. & Zeman, J., 1978: Minerálne vody Slovenska. Krenografia. 2. *Martin, Osveta, 1 040 s.*

Leśniak, P. M. & Dowgiałło, J., 1986: O genezie wód chlorkowych w Karpatach flyszowych – polemicznie. *In: Przegl. geol. (Warszawa), 34, s. 394 – 398.*

Lexa, J., Bezák, V., Elečko, M., Mello, J., Polák, M., Potfaj, M. & Vozár, J., 2000: Geologická mapa Západných Karpát a priľahlých území. *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Macioszczyk, A. & Dobrzyński, D., 2007: Hydrogeochemia. Strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. *Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN, 448 s.*

Michalíček, M., 1986: Geochemie hlubinných vod a plynů střední Moravy. *In: Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol. (Praha), 18, s. 51 – 147.*

Michalko, J., Bodiš, D. & Fendek, M., 1991: Izotopové, hydrogeochemické a hydrogeologické zhodnotenie vrtu Zborov-1. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Oszczypko, N., 2004: The structural position and tectono--sedimentary evolution of the Polish Outer Carpathians. *In: Przegl. geol. (Warszawa), 8, 2, pp. 780 – 791.*

Oszczypko, N. & Zuber, A., 2002: Geological and isotopic evidence of diagenetic waters in the Polish flysch Carpathians. *In: Geol. Carpath. (Bratislava), Vol. 53, No. 4, pp. 257 – 268.*

Pacindová, N., Bačo, P., Jetel, J., Michalko, J., Komoň, J., Krotký, A., Staňa, Š., Samuel, O., Žecová, K. & Prokop, M., 1997: Ochranné pásma minerálnej vody Cigeľka. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 150 s.*

Pačes, T., 1983: Základy geochemie vod. *In: Academia, Praha, 304 s.*

Pazdro, Z. & Kozerski, B., 1990: Hydrogeologia ogólna. *Warszawa, Wydawnictwa geologiczne.*

Pich, J. & Turek, S., 1972: Jod i brom jako wskaźniki genetyczne wód podziemnych na przykładzie środkowej części zapadliska przedkarpackiego. Z badań hydrogeologicznych w Polsce. *Instytut geologiczny, Biuletyn 256, tom II, 39 – 55.*

Pitter, P., 1990: Hydrochemie. 2. vyd. *Praha, Státní naklad. techn. literatury, 565 s.*

Pluta, I., 2005: Wody kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego – geneza, zanieczyszczenia i metody oczyszczania. *Prace nauk. GIG, 865, 169.*

Porowski, A., 2006: Origin of mineralized water in the Central Carpathian Synclinorium, SE Poland. *In: Stud. geol. pol. (Warszawa), 125, pp. 5 – 67.*

Rajchel, L., Zuber, A., Duliński, M. & Rajchel, J., 2004: Występowanie i geneza wód chlorkowych Soli. *In: Przegl. geol. (Warszawa), 52, 12, 1 179 – 1 186.*

Rajchel, L. & Rajchel, J., 2006: Mofeta ze Zlockiego (Beskid Sadecki) atrakcja geologiczna. *In: Przegl. geol. (Warszawa), 54, 12, 1 089 – 1 092.*

Rajchel, L., Śliwa, T. & Waligóra, J., 2007: Uwagi o wodach leczniczych Ustronia. *In: Szczepański, A., Kmiecik, E. a Zurek, A. (eds.): XIII Sympozjum Wspólczesne problemy hydrogeologii. Kraków, Wydzial Geologii, Geofyziki i Ochrony Środowiska AGH, 969 – 976.*

Rosenthal, E., Weinberger, G. & Kronfeld, J., 1999: Ground water salinization caused by residual Neogene and Pliocene sea water; an example from the Judea Group aquifer, southern Israel. *In: Ground Water, Vol. 37, No. 2, pp. 261 – 270.*

Sheppard, S. M. F., 1986: Characterization and isotopic variations in natural waters. *In: Valley, J. W., Taylor, H. P. Jr. and O'Neil, J. R. (eds.): Stable isotopes in high temperature geological processes. Virginia, Reviews in mineralogy, 16, pp. 165 – 183.*

Sheppard, S. M. F. & Epstein, S., 1970: D/H and $^{18}O/^{16}O$ ratios of minerals of possible mantle or lower crust origin. *Earth planet. Sci. Lett. (Amsterdam), 9, pp. 232 – 239.*

Stueber, A. M., Saller, A. H. & Ishida H., 1998: Origin, migration and mixing of brines in the Permian basin: Geochemical evidence from the Eastern Central Basin Platform, Texas. *In: AAPG Bulletin, Vol. 82, No. 9, pp. 1 652 – 1 672.*

Šestakov, V. M. & Orlov, M. S., 1984: Gidrogeologija. *Moskva, Izdateľstvo Moskovskogo universiteta, 315 s.*

Švarcev, S. L., 1996: Obščaja gidrogeologija. *Moskva, Nedra, 423 s.*

Taylor, H. P., 1974: The application of oxygen and hydrogen isotope studies to problems of hydrothermal alteration and ore deposition. *In: Econ. Geol. (New Haven), 69, pp. 843 – 883.*

Taylor, B. E., 2001: Hydrogen isotope composition of magmatic Water: Review of variations due to source, igneous environment, and degassing processes. American Geophysical Union, Spring Meeting.

VOLKONSKIJ, A. G., 1999: Chimičeskij i izotopnyj sostav rastvorjonnych gazov uglekislych mineraľnych vod Zakarpatija. *In: Geol. Žurn. (Kijev), 3, s. 67 – 74.*

ZAKOVIČ, M., BODIŠ, D., FENDEK, M., GABAUER, G. & BÁLINT, J., 1988: Geologický výskum jódobrómových vôd vo vybraných oblastiach SSR. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 68 s.*

ZAKOVIČ, M., PETERCOVÁ, A., HALEČKA, J., BLIŠŤAN, P., SPIŠÁK, Z. & VARGA, M., 2003: Podklady pre návrh ochranných pásiem prírodného liečivého zdroja MS-1 s názvom Johanus v Sulíne, doplnkový HGP. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

ZAKOVIČ, M., HALEČKA, J., PETERCOVÁ, A., SPIŠÁK, Z. & VARGA, M., 2006: Hydrogeologická štruktúra minerálnej vody Malý Sulín. *In: Podzemná voda, 12, 1, s. 56 – 64.*

ZUBER, A., CIĘŻKOWSKI, W., DULIŃSKI, M., HAŁAS, S., LIBER, E., PRZYLIBSKI, T., RÓŻAŃSKI, K. & WITCZAK, S., 2007: Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych. *Wrocław, Wydawnicztwo Politechniki Wrocławskiej, 402 s. (In Polish).*

WHITE, D. E., HEM, J. D. & WARING, G. A., 1963: Data of geochemistry. Chapter F: Chemical composition of surface waters. *US Geol. Surv. Prof. Pap. 440-F. Washington.*

WHITE, D. E., 1986: Subsurface waters of different origin. *Water--rock interaction, 5, Reykjavík, pp. 629 – 632.*

WINID, B. & WITCZAK, S., 2004: Bromide concentration in mine waters from the Wieliczka sat mine as an indicator of their origin and migration of flow paths in the salt deposit. *In: Ann. Soc. geol. Pol., 74, pp. 277 – 283.*

WORDEN, R. H., 1996: Controls on halogen concentrations in sedimentary formation waters. *In: Min. Mag. (London), 60, pp. 259 – 274.*

Rukopis doručený 17. 7. 2009
Revidovaná verzia doručená 16. 9. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

Significance of the graphic analysis of hydrogeochemical data for interpretation of origin of mineral water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians

The origin of strongly mineralized water from localities of Flysch Belt in Slovakia evidently cannot be described without wider relations, influencing the origin of mineral water in significantly larger area. Article emphasizes the importance of graphic evaluation of the content of main elements, dissoluted in water, when investigating their origin, as well as some regional regularities, forming chemical and isotopic compositions, and being revealed by synthesis of data from localities of mineral water from the Flysch Belt and Foredeep of Carpathians in the territory of Moravia, Slovakia, Poland and Ukraine (Fig. 1).

The chemical composition of mineral water is presented in Fig. 2. The review of selected genetic classifications of natural water by different authors we state in Tab. 2. Opinions on genesis of mineral water in the Flysch Belt of Carpathians, described in our contribution, reflect the knowledge about origin of similar water in the world and both – the Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians.

Water of Na–Cl type (Fig. 3) is known mainly in outer rim of Carpathian Belt. The highest total content of dissolved elements was found in salt water to salt brines (according to classification by Švarcev, 1996) from localities in the area of Foredeep molasse and Krosno group of flysch nappes, where they were found in their footwall – prevailingly in Devonian sediments (borehole U-3A Ustroń spa in Poland, brine exploited from the depth 1 318 to 1 728 m; Rajchel et al., 2007). Water of Na–Cl type from Flysch Belt has relatively higher natrium content than water present in its footwall (Figs. 4 and 5). Recent investigation indicates that in the space of Magura and Dukla nappes such water occurs deeper. Their ascents to surface in this area is connected with tectonic overprint of rock environment (Sól – Oravská Polhora – Rabka zone). We suppose that higher content of chlorides in mineral water of Na–HCO_3–(Cl) to Na–HCO_3–Cl types from localities situated at inner margin of Carpathian arc usually signalizes the presence of different ratio of Na–Cl water types (brines) from significantly greater depths (brine zones).

The graphic representation of relations among contents of Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+ and hydrogen-carbonates using coefficients (Ca^{2+} + Mg^{2+})/HCO_3^- and Na^+/HCO_3^- contributes to investigation and evaluation of water chemical composition and its origin (Fig. 5). It gives an integrated picture about chemical composition of water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians. It is evident that water with different provenance of chemical composition is delimited to precise position.

The content of halogenides (Cl^-, Br^-, I^-) from the water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians, important for data interpretation (Fig. 6), is compared with data from different parts of the world (mainly strong brines). Brines of the sea provenance or water with the content of these brines (with lower total mineralization) are present in line with the highest concentration of points. The points representing water with increased ratio of water of leached salt deposits are distributed in the right side of this line. The higher bromides content than the average in water of sea provenance indicates the relation with the accumulations of hydrocarbons – points in the graph are distributed left from the line led along the highest concentration of points. At chlorides content above 100 g · l^{-1} the phase of halite defluction from brines starts to act by the deceleration of the growth of chloride content in brines, but the bromides content increases continually (in sedimentary water of sea origin of high evaporation phase) or fastly decreases (brines of salt deposits leaching).

Isotopically the heaviest water of the Na–Cl type from the space of Flysch Belt of Carpathians (Tab. 3, Figs. 7 and 8) is projected in the graph of $\delta^{18}O_{H_2O}$ vs. δD_{H_2O} into the relatively wide area of water of prevailingly sea provenance in closed basins – being defined by Craig. They evidently represent the sedimentation water according to Kirjuchin et al. (in Švarcev, 1996; Kirjuchin, 2008), or fossil water of the sea provenance according to White (1963). Different chemical and isotopic compositions reflect their unequal mixing with meteoric water, as well as differing influence of processes leading to isotopic fractionation.

Water of Na–HCO_3 and Na–HCO_3–Cl types in the graph of isotopic composition is projected on two lines, indicating two sets with typical positive linear correlation between values $\delta^{18}O_{H_2O}$ – δD_{H_2O} (Fig. 8). First probable represents the water from the space of external Magura nappes of the Flysch Belt, being tied with deep faults and evidently also with the Neogene magmatism, with present CO_2 of supposed deep-seated origin. Second appears as the set of water related with mineral oil deposits (with accumulation of mineral oil and natural gas) – prevailingly from the space of Foremagura units and Krosno group of nappes of the Flysch Belt (in the graph of isotopic composition they are projected along the line of meteoric water GMWL). The chlorides content in both cases very probable signalizes the mixing with sedimentary water of Na–Cl type.

The high $\delta^{18}O_{H_2O}$ and δD_{H_2O} values – irrespective on chemical composition – demonstrate good isolation from infiltration water and the water origin in the space of more-or-less closed hydrogeological structures (from the zone without water exchange with the surface).

When considering the genesis of mineral water, not only the found data about chemical and isotopic composition of water from specific localities must be taken into account, but also an investigation of the wide geological, tectonic, hydrogeological and hydrogeochemical conditions must be done.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 243 – 252
ISSN 0369-2086

Minerálne vody v Košiciach

MÁRIA BURČOVÁ[1], ONDREJ FRANKO[1] a PAVEL TKÁČIK[2]

[1]GEO Slovakia, s. r. o., Rampová 4, 040 01 Košice
[2]Bajzova 20, 010 01 Žilina 1

Venované pamiatke Jozefa Frankoviča a Milana Halušku
Dedicated to the memory of Jozef Frankovič and Milan Haluška

Mineral water at Košice town (Eastern Slovakia)

Article evaluates the occurrence of mineral water at the town Košice. Water is fixed on Triassic dolomites. The aquifers were verified by hydrogeological boreholes and amount of water by pumping tests. The occurrence represents a thermal type of calcium-magnesium--hydrogencarbonate water, with increased concentration of Na, Cl and SO_4.

Mineral water at the town Košice is springing on crossing of longitudinal Hornád fault trending N-S and transversal fault of NW – SE trend. In the past, the water was verified by boreholes G-1 and G-2, G-4 as well as G-5. The deepest borehole G-4 (310.0 m) verified efficiency 4.9 $l \cdot s^{-1}$ with temperature 26 °C. Water is captured in dolomites in the depth of 72 – 273 m. Prevailing amount 3.24 – 3.83 $l \cdot s^{-1}$ of carbonated water outflowed from the borehole by eruption.

Dolomites have middle flow capacity ($T = 1.35 \cdot 10^{-4}$ $m^2 \cdot s^{-1}$) and wealish permeability ($k = 1{,}08 \cdot 10^6$ $m \cdot s^{-1}$). The water from the borehole G-1 was used for drinking until 1995. According to water type ($A_2 > 50$ %) and $rHCO_3/rCl$ (2.58; 2.16) factor the meteoric water is concerned being saturated by mantle CO_2 (1.37–1.80 $g \cdot l^1$). According to indicators rMg/rCa (0.74); rCl/rNa (0.71; 0.74), Cl/Br (2 230.0) and rSO_4/rM (0.06) the mineral water has carbonato--halo-sulphatogenic dissolved solids.

The factors rMg/rCa (0.74) and Cl/Br (2 230.0) suggest the solution of dolomites and halogenic dissolved solids which come from the Neogene sedimentation area.

The carbon-dioxide mineral water from borehole G-5 is recently used for drinking.

Key words: mineral water, boreholes, pumping tests, recovery test, chemical composition of water

Úvod

Augustín Rebro (1996) uvádza, že v 20. storočí vznikli v Košiciach kúpele, pričom nevie, či vznikli v nadväznosti na kúpele, ktoré sa uvádzajú v balneografiách z 19. storočia. Analýzu minerálnej vody (MV) z prameňa v týchto kúpeľoch dielo *Balneografia Slovenska* (Hensel, 1951) neobsahuje. Podobne sa zmienka o tejto vode nenachádza ani v práci Maheľa (1952) a diele Hynieho (1963). Prvá konkrétna informácia o MV v kúpeľoch je v *Balneografii a krenografii 2* (Krahulec et al., 1978). Prameň Kiosk v tom čase predstavoval razenú studňu hlbokú 3 m. Voda sa z nej čerpala ručnou pumpou. Podľa analýzy uverejnenej v tomto diele (označenie KE-6, IGHP Žilina, 1962) je to nevýrazný základný kalciovo-magnéziovo--hydrokarbonátový typ vody (A_2 = 62,4 mval %), studenej (t = 11,5 °C), slabo mineralizovanej (CMV = 3,56 $g \cdot l^{-1}$), silno uhličitej (CO_2 = 1,7 $g \cdot l^{-1}$), stredne sírovodíkovej (H_2S = 2,63 $mg \cdot l^{-1}$). V práci používame klasifikáciu MV podľa Franka et al. (1975). Vyhláška 100 MZ SR z r. 2006 sa týka len uznaných prírodných liečivých a prírodných MV. V publikácii *Balneografia Slovenska* sa odporúča lokalitu hydrogeologicky preskúmať a zistiť možnosti využitia týchto vôd.

Prieskumné práce

Na základe objednávky Východoslovenských vodární a kanalizácií z marca 1976 sa v oblasti kúpeľov zisťoval plošný rozsah výskytu MV v súvislosti so zámerom získať pitnú a úžitkovú vodu z kvartérnych náplavov Hornádu, prípadne z podložného mezozoika (Frankovič a Szabová, 1978).

Plynová prospekcia CO_2 v pôdnom vzduchu preukázala 3 oblasti s významným obsahom tohto plynu, aj keď jeho prítomnosť sa v rôznej koncentrácii zistila v celom skúmanom území. Do zisteného vývervového centra MV bol situovaný vrt G-1 a do miesta maximálnej plynovej koncentrácie vrt G-2. Vrt G-3 overil možnosť vybudovať zdroj pitnej vody v areáli ZDŠ Ťahanovce.

Na základe objednávky útvaru výstavby všešportového areálu Košice Franko a Zakovič v r. 1979 vypracovali *Štúdiu o možnostiach získania termálnej vody v oblasti Košíc*. Odporučili pomocou geofyzikálnych meraní a plytkých mapovacích vrtov zistiť hĺbku uloženia a rozšírenia triasových dolomitov a v nich prebiehajúce poruchové zóny. Do nich sa potom mali situovať prieskumné hydrogeologické vrty.

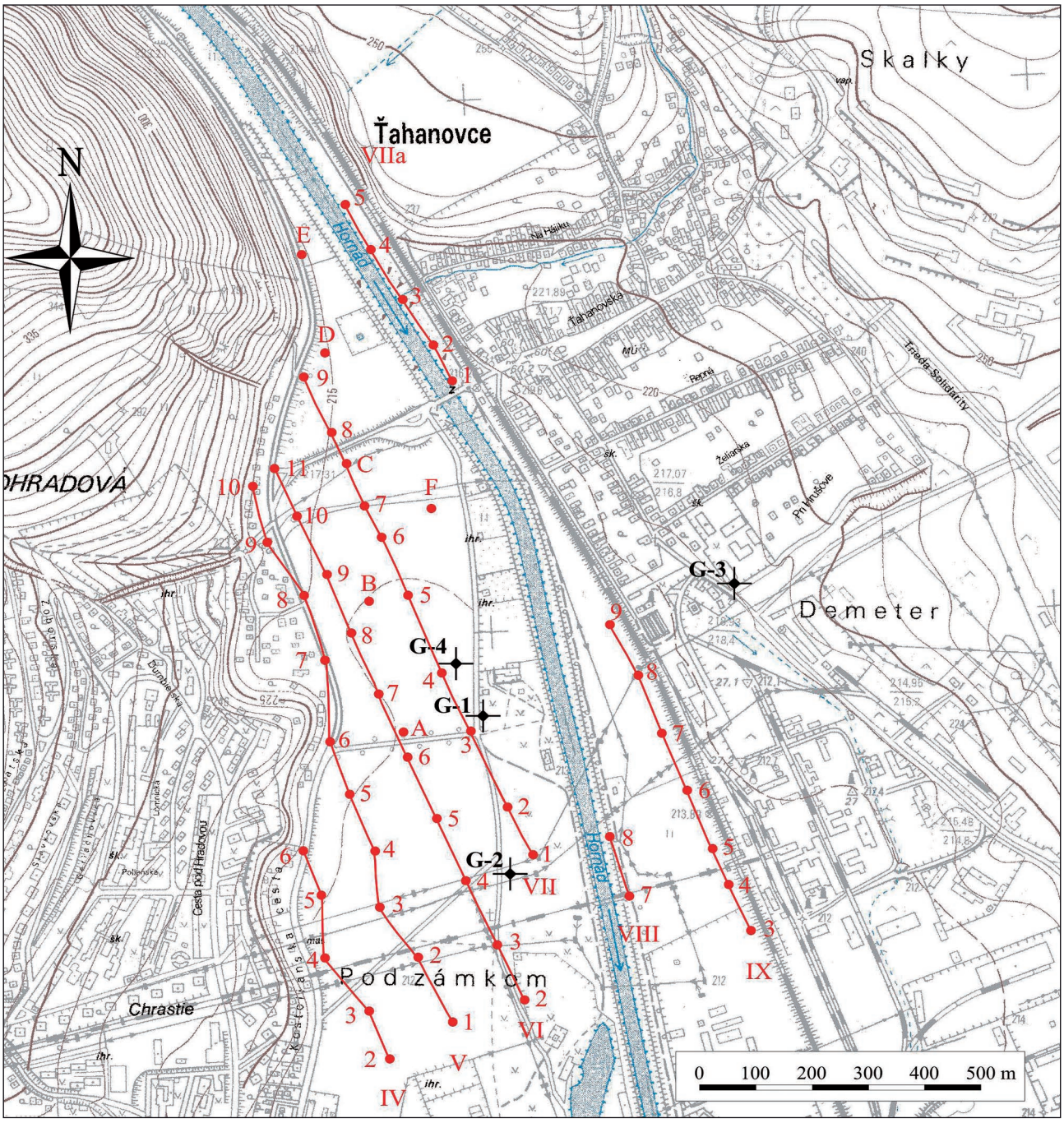
Geofyzika Bratislava v r. 1980 následne realizovala geofyzikálny prieskum v území výskytu MV (Tkáč, 1980). Medzi štátnou cestou a Hornádom sa urobili 4 profily

VES s rozostupom AB/2 = 200 m a 500 m. Profil č. VII ide v smere vrtov G-2 a G-1. Výsledkom bolo vymedzenie najvhodnejšieho miesta nasýteného minerálnou vodou na situovanie vrtu.

V štúdii z r. 1980 P. Tkáčik syntetizuje výsledky dovtedy urobených prác a navrhuje realizáciu ďalších prác, predovšetkým geofyzikálne merania.

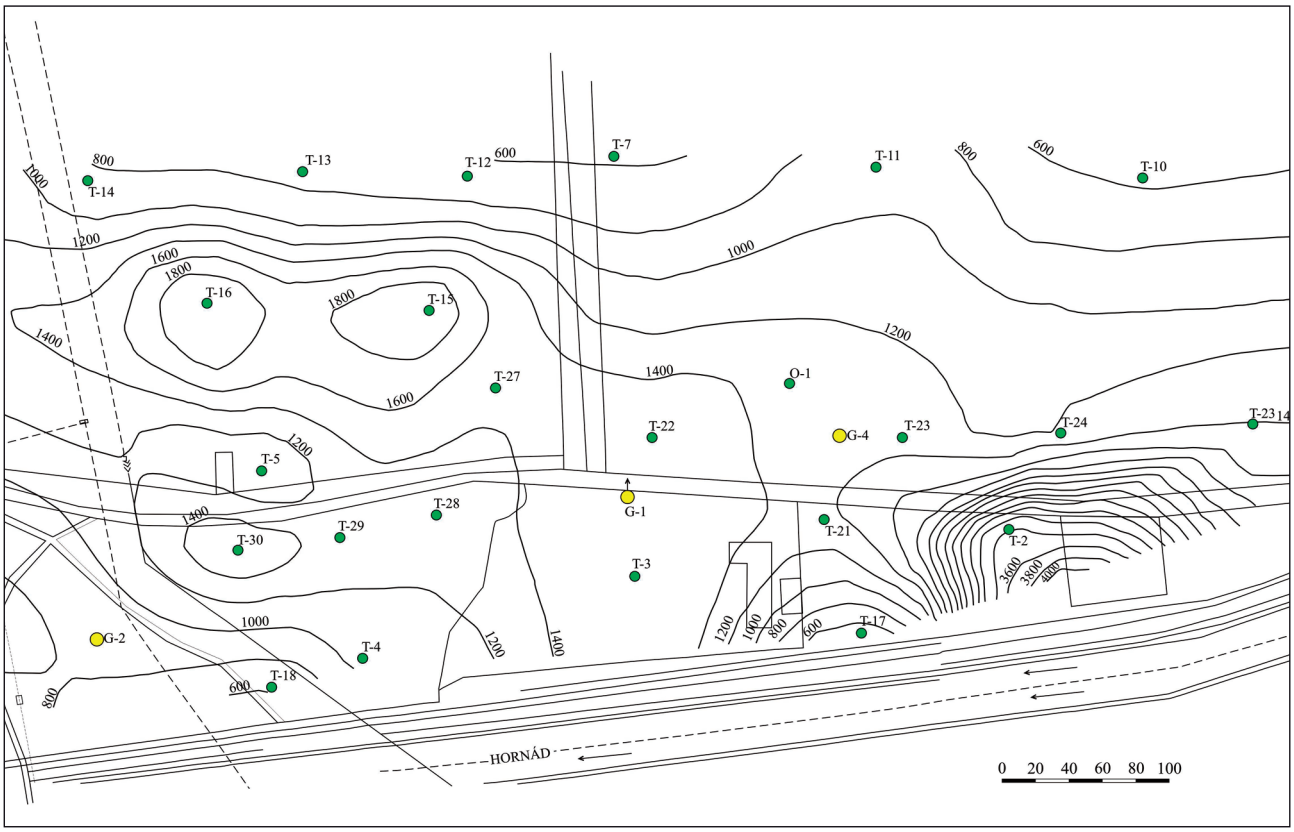
IGHP, závod Košice, na základe objednávky Parku kultúry a oddychu v Košiciach z apríla 1981 uskutočnil na realizovaných plytkých vrtoch (T-1 až T-33) hlbokých v priemere 6 m hydrochemickú prospekciu. Podľa jej hydrogeologickej analýzy po zohľadnení poznatkov z geofyzikálnych prác a plynometrickej prospekcie sa realizoval hlboký vrt G-4. Vrt bol situovaný v miestach predpokladanej zlomovej línie, po ktorej vystupujú minerálne vody na povrch (Haluška a Petrivaldský, 1982).

Geoconsult Košice na základe objednávky Správy mestskej zelene Košice v r. 1995 vybudoval nový zdroj



Obr. 1. Lokalizácia geofyzikálnych profilov (IV – IX) a hydrogeologických vrtov (G-1 – 4).

Fig. 1. Location of geophysical profiles (IV–IX) and hydrogeological boreholes (G-1 – 4).



Obr. 2. Izolínie vodivosti (S). Prieskumné vrty (T-22), hydrogeologické vrty (G-2, 4), prameň a vrt minerálnej vody (G-1).

Fig. 2. Isolines of conductivity (S). Prospector wells (T-22), hydrogeological boreholes (G-2, 4), spring and well of mineral water (G-1).

minerálnej vody, pretože voda z využívaného vrtu G-1 bola hygienicky nevhodná. V blízkosti tohto vrtu bol vyhĺbený vrt G-5 hlboký 32,0 m (Haluška a Petrivaldský, 1995). Z neho sa MV využíva na pitie v súčasnosti (obr. 7, foto 1).

Výverová oblasť

Minerálne vody sú rozšírené severne od Košíc na pravom brehu Hornádu oproti mestskej časti Ťahanovce (obr. 1). Podľa izočiar vodivosti je oblasť výverov MV pretiahnutá viac-menej v s.-j. smere. Jej dĺžka je asi 1 100 m a šírka 300 m (obr. 2). Na mape izolínií zdanlivého merného odporu (obr. 3) sú vymedzené dolomity a fylonity v podloží neogénnych a kvartérnych sedimentov. Na geoelektrickom profile VII (obr. 1) sú v podloží kvartéru interpretované dolomity a na SZ (sondy 7, 8, 9) fylonity (obr. 4). Na vertikálnom reze izoohm sú najnižšie hodnoty odporu medzi sondami 4 a 5. V geofyzikálno-geologickom reze je tento priestor s minimálnymi hodnotami zdanlivého merného odporu interpretovaný ako porušené dolomity nasýtené minerálnou vodou. Pretiahnutý (s.-j.) tvar výverovej oblasti MV sa zhoduje s priebehom hornádskeho zlomu, po ktorom sa z plášťa privádza CO_2 (Franko a Kolářová, 1985). Uvedený hlbinný zlom oddeľuje rudohorsko-pilíšsky blok od potiského bloku (Fusán et al., 1987). Prirodzené vývery MV sa obyčajne viažu na križovanie pozdĺžnych a priečnych zlomov. V tomto prípade sa vývery viažu na košickú kryhu, ktorá je obmedzená sz.-jv. zlomami (Elečko et al., 2007). Na JZ je to severný, myslavský zlom a na SV ruskovský zlom. Túto kryhu pretiahnutú v smere SZ až JV košický zlom jz.-sv. smeru rozčleňuje na sz. a jv. časť. V severozápadnej časti v podloží mladších sedimentov, resp. kvartéru je zastúpené klčovské súvrstvie (neskorý báden) a v jv. časti stretavské súvrstvie (spodný až stredný sarmat) (Kaličiak et al., 1996). V severozápadnej časti tejto kryhy v podloží kvartéru vystupujú už spomínané dolomity s MV. Z orientácie obr. 4b vidieť, že minerálne vody sa viažu na križovanie hornádskeho s.-j. zlomu a lokálneho priečneho zlomu, ktorý prebieha lokálnou dolinkou.

Vrty

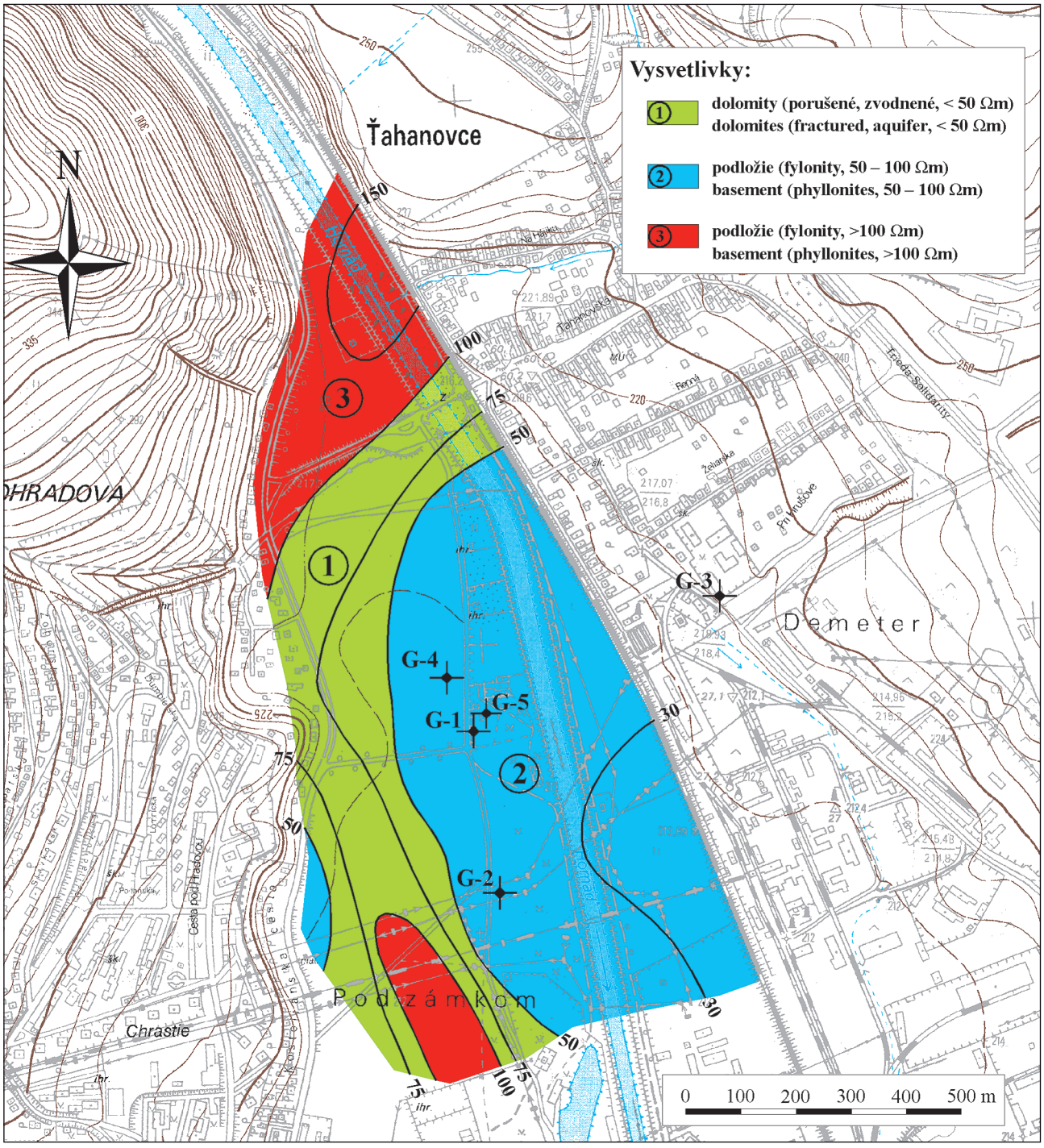
Ako sme už spomenuli, minerálnu vodu overili vrty G-1, G-2, G-4 a G-5 (tab. 1). Kvartérne sedimenty sú hrubé 10,0 – 11,0 m. V ich podloží sú stredno- až vrchnotriasové sivé dolomity patriace k obalu Čiernej hory. Vo vrte G-4 majú hrúbku 185 m. V každom vrte bol úsek dolomitov vystrojený perforovanými rúrami, vo vrte G-1 sa použil kremitý štrčík a vo vrte G-5 Johnsonov filter.

Čerpacie skúšky

Na vystrojených vrtoch G-1, G-2, G-4 a G-5 sa realizovali čerpacie skúšky (ČS) (tab. 2). Po ich skončení

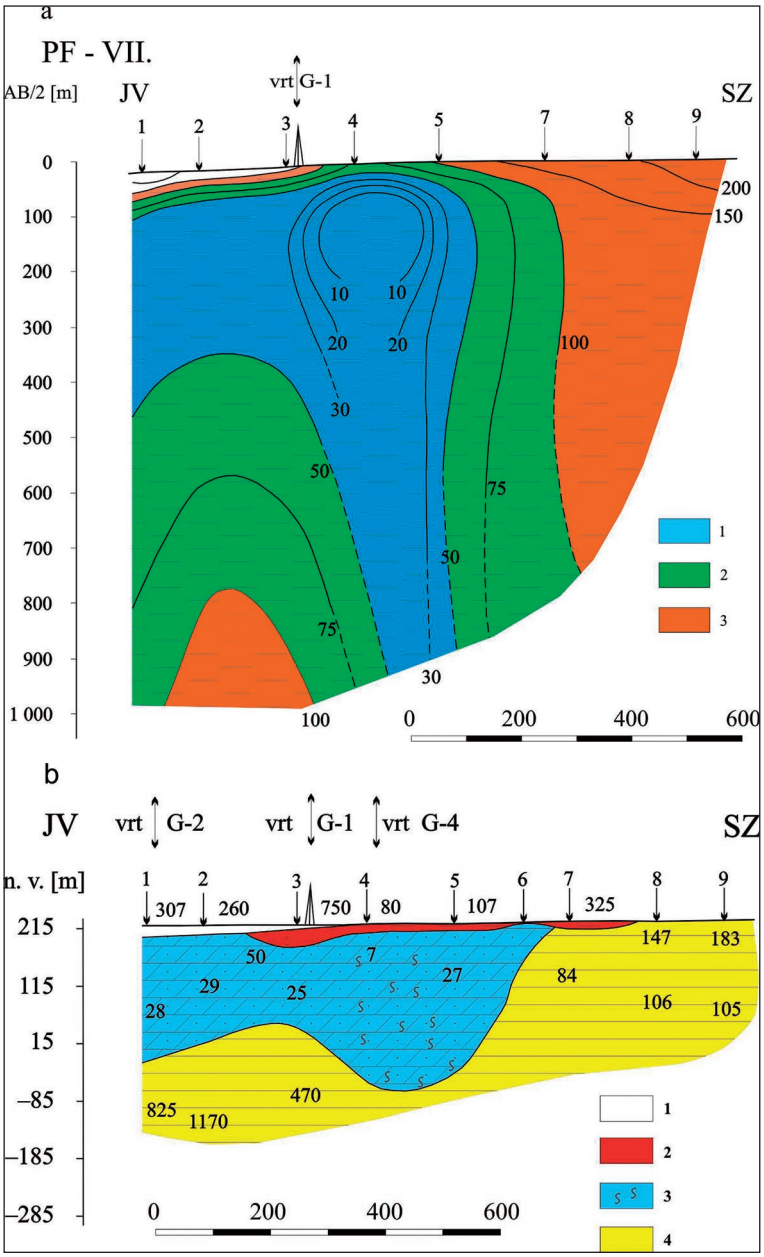
sa na využívanie odporučila MV z vrtu G-1 v množstve 0,5 l · s^{-1} pri znížení hladiny o 1,0 m. Po skončení ČS na vrte G-2 sa konštatovalo, že v mieste vrtu je možné získať 1,4 l · s^{-1} MV novým vrtom, pretože tento vrt bol zanesený jemným materiálom (slabý výnos jadra, dolomitový piesok). Preliv na vrte sa neobnovil ani po 2 mesiacoch od skončenia ČS.

Prv než sa začala ČS, na vrte G-4 sa zmerali erupcie MV (tab. 3). Z 5 meraní vidieť, že erupcie trvali prevažne 2,25 hod. a ich výdatnosť sa pohybovala v rozmedzí 2,37 až 3,83 l · s^{-1}. Čerpacou, viac-menej prevádzkovou skúškou (31 dní) sa preukázalo, že z vrtu G-4 je možné trvale odoberať 4,0 l · s^{-1} MV. Podľa výsledkov ČS na vrte G-5 je možné z neho využívať 15 – 20 l · min^{-1} (0,25 – 0,33 l · s^{-1}).



Obr. 3. Mapa izolínií zdanlivého merného odporu (50 Ωm). Hydrogeologické vrty (G-2 – 4).

Fig. 3. Isolines map of apparent resistivity (50 Ωm). Hydrogeological boreholes (G-2 – 4).



Obr. 4. Geoelektrické rezy: **a** – vertikálny rez izoohm Ωm; 1 – < 50 Ωm, 2 – 50 – 100 Ωm, 3 – > 100 Ωm. **b** – Geofyzikálno-geologický rez; 1 – povrchová vrstva, 2 – hlinité a piesčité štrky, 3 – dolomity (porušené, zvodnené, 4 – fylonity (podložie).

Fig. 4. Geophysical cross-sections: **a** – vertical cross-section at izoohm Ωm, 1 – < 50 Ωm, 2 – 50 – 100 Ωm, 3 – > 100 Ωm. **b** – Geophysical-geological cross-section. 1 – surface layer, 2 – loamy and sandy gravels, 3 – dolomites (fractured, aquifer), 4 – phyllonites (basement).

Stúpacia skúška

Vrt G-4 je jediný vrt, ktorým sa overila celá hrúbka dolomitov a ktorý zastihol aj ich podložie – fylonity (tab. 1). Výsledky stúpacej skúšky na tomto vrte zobrazuje graf závislosti hladiny od času (obr. 6), jej vyhodnotenie je v tab. 4. Popri hydraulických parametroch sú v tabuľke uvedené aj približné porovnávacie parametre (Jetel, 1982).

Z hľadiska klasifikácie prietočnosti horninových telies (Krásný, 1993) je možné zaradiť skúmané dolomity do III. triedy – stredná prietočnosť. Priepustnosť týchto hornín z hľadiska klasifikácie priepustnosti hornín (Jetel, 1982) je slabá – VI. trieda.

Tvorba chemického zloženia MV

Výsledky chemického rozboru vody z vrtu G-1 (Altánok Anička), ktorá sa využívala do r. 1995, je v tab. 5. Hydrochemické faktory, resp. charakteristiky vody a CO_2 sú v tab. 6. Podľa typu vody (A_2) a faktora $rHCO_3/rCl$ (2,58 a 2,16) ide o meteorickú vodu s karbonátogénno-halogénno-sulfátogénnou mineralizáciou z otvorenej hydrogeologickej štruktúry. Jej chemické zloženie sa tvorí rozpúšťaním karbonátov, sulfátov a halitu. Podľa faktorov rMg/rCa (0,74) ide prevažne o rozpúšťanie dolomitu a podľa faktora Cl/Br (2 230,8) o rozpúšťanie halogénnej mineralizácie vsiaknutej z neogénneho sedimentačného prostredia. Na vplyv neogénnej mineralizácie poukazuje

Tab. 1
Hydrogeologické vrty
Hydrogeological boreholes

Vrt	Rok	Hĺbka (m)	Geologický profil (m)	Hl. vody (m p. t.)	Zabudovanie (ϕ mm) Perforácia (ϕ mm)
G-1	1976	13,0	0,0 – 3,3 hlina, piesčitá hlina, hlina so štrkom 3,3 – 6,3 hlinitý piesčitý štrk 6,3 – 9,5 piesčitý štrk 9,5 – 11,0 ílovitá hlina s obliakmi 11,0 – 13,0 sivý dolomit	3,3	ϕ 273 0,0 – 8,0 m plná rúra 8,0 – 10,0 m perforácia 10,0 – 13,0 m kremitý štrčík
G-2	1977 – 1978	171,0	0,0 – 3,5 piesčitá hlina, hlina so štrkom 3,3 – 5,0 hlinitý piesčitý štrk 5,0 – 10,8 piesčitý štrk 10,8 – 171,0 sivý dolomit	3,5	0,0 – 20,0 m plná rúra, ϕ 229 20,0 – 70,0 m plná rúra, ϕ 160 70,0 – 117,0 m perforovaná rúra, ϕ 160
G-4	1981 – 1982	310,0	0,0 – 0,3 piesčitá hlina 0,3 – 10,0 piesčitý zahlinený štrk 10,0 – 195,0 svetlosivé dolomity 195,0 – 310,0 fylonity	–	0,0 – 30,0 m plná rúra, ϕ 219 30,0 – 72,0 m plná rúra, ϕ 216 72,0 – 243,0 m perforovaná rúra, ϕ 146 243,0 – 273,0 m perforovaná rúra, ϕ 133 273,0 – 310,0 m plná rúra, ϕ 133

Tab. 2
Čerpacie skúšky
Pumping tests

Vrt	Stupeň	Hladina vody ± terén (m)	Zníženie (m)	Výdatnosť ($l \cdot s^{-1}$)	Dĺžka stupňa (dni)	Voľný CO_2 ($g \cdot l^{-1}$)	Teplota vody (°C)
G-1	1. 2. 3. 4.	–2,53	0,5 1,0 1,5 1,0	0,32 0,61 0,9 – 0,8 0,55	1 1 7 5	1,24 1,58 1,47 1,48	13,0 14,0 14,0 14,0
G-2	1. 2. 3.	+0,488 preliv 0,056 l . s^{-1}	5,1 10,1 14,1	0,58 0,98 1,43	2 9 10	– 1,36 1,45	21,8 17,0 16,1
G-4	1. 2. 3.	+3,0	5,0 10,0 18,5	2,0 3,0 4,9	2 3 26	1,25 – 1,45	26,0
G-5	1.	–1,12	2,5	0,2	12	1,48	15,2

Tab. 3
Erupcie minerálnej vody na vrte G-4
Eruption of mineral water on borehole G-4

Dátum r. 1982	Erupcia od – do (hod.)	Erupcia (hod.)		Množstvo MV	
		Predchádzajúce prerušenie	Trvanie	(m^3)	($l \cdot s^{-1}$)
3. 3.	10:08 – 12:59	2,39	2,51	32,2	2,56
4. 3.	10:35 – 13:00	2,18	2,25	30,9	2,81
5. 3.	16:40 – 19:05	2,45	2,25	19,2	2,37
6. 3.	8:10 – 10:30	3,03	2,20	25,7	3,24
7. 3.	10:10 – 12:35	2,54	2,25	31,1	3,83

Tab. 4
Hydraulické parametre dolomitov vo vrte G-4
Hydraulic parameters of dolomites in borehole G-4

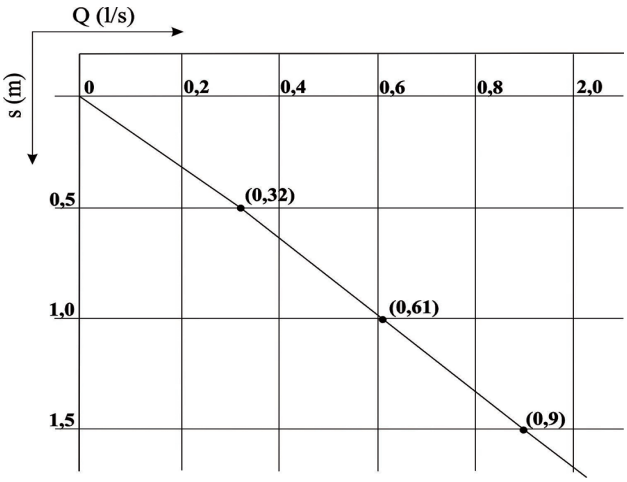
b, M (m)	Q ($l \cdot s^{-1}$)	Δs (m)	S (m)	T ($m^2 \cdot s^{-1}$)	k ($m \cdot s^{-1}$)	q $q = Q/S\ (l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1})$	q´ $q´ = q/M$	Y $Y = \log(10^6 q)$	Z $Z = \log(10^6 q´)$
125,0	4,9	6,5	18,5	$1,35 \cdot 10^{-4}$	$1,08 \cdot 10^{-6}$	0,264	$2,21 \cdot 10^{-3}$	5,42	2,67

Foto 1. Odberný objekt na vrte G-5.

Photo 1. Water intake object on the borehole G-5.

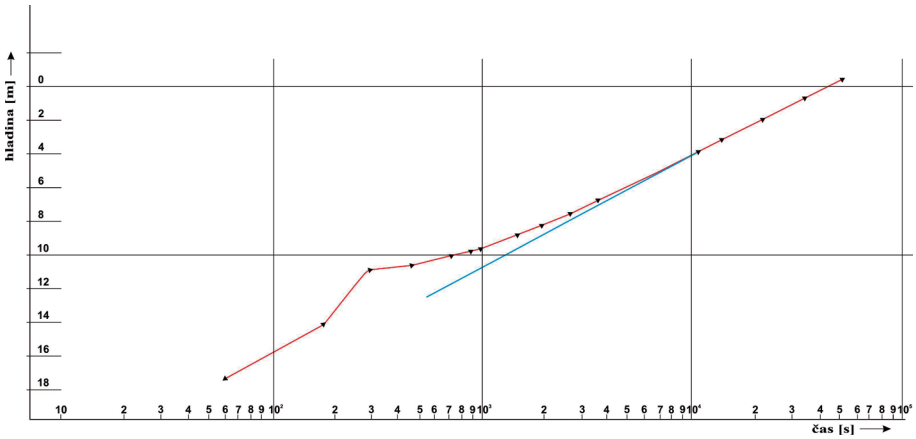
Foto 2. Odberný objekt na vrte G-5, naľavo vidieť altánok s vrtom G-1.

Photo 2. Water intake object on the borehole G-5. The object on the left side is located on the borehole G-1.



Obr. 5. Krivka výdatnosti vrtu G-1.

Fig. 5. Discharge-drawdown curve of borehole G-1.



Obr. 6. Graf závislosti hladiny od času (vrt G-4).

Fig. 6. Time dependency of ground-water-level graph (borehole G-4).

Tab. 5
Lokalizácia vrtu G-1 a údaje o odbere
Localization and data about water sample offtake from borehole G-1

1. LOKALIZÁCIA A ÚDAJE O ODBERE/LOCATION AND DATA ABOUT OFFTAKE			
Lokalita	Dátum odberu	Zdroj	Množstvo vody
Košice	9. – 11. 9. 1980	Vrt v altánku KE – 6a	10,250 l

2. FYZIKÁLNE A CHEMICKÉ VLASTNOSTI/PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS										
t °C	CO_2 mg/l	pH	H_2S mg/l	rH	HBO_2 mg/l	Ra · 10^{-12} Ci/l	o-SiO_2 mg/l	Rn · 10^{-12} Ci/l	Celková miner. mg/l	org. C mg/l
13,0	804,0	5,9	8,0	–	3,0	10,0	29,44	–	3 318,64	–

3. IÓNOVÉ ZLOŽENIE/IONIC COMPOSITION							
Katióny	mg/l	mval/l	mval %	Anióny	mg/l	mval/l	mval %
Li^{1+}	1,00	0,144	0,16	Cl^{1-}	395,09	11,154	12,29
Na^{1+}	360,00	15,652	17,29	Br^{1-}	0,45	0,005	0,00
K^{1+}	33,40	0,854	0,94	J^{1-}	0,35	0,003	0,00
NH_4^{1+}	0,00	0,000	0,00	F^{1-}	0,32	0,017	0,02
Mg^{2+}	147,38	12,120	13,39	NO_2^{1-}	2,10	0,046	0,05
Ca^{2+}	328,66	16,400	18,12	NO_3^{1-}	3,80	0,061	0,01
Sr^{2+}	1,49	0,034	0,04	SO_4^{2-}	253,89	5,289	5,83
Ba^{2+}				HPO_4^{2-}	0,00	0,000	0,00
Mn^{2+}	0,37	0,013	0,01	HCO_3^{1-}	1 756,80	28,800	31,74
Fe^{2+}	1,00	0,036	0,04	CO_3^{2-}			
Al^{3+}	0,10	0,011	0,01	OH^{1-}			
Súčet	873,40	45,264	50,00	Súčet:	2 412,80	45,375	50,00

4. STOPOVÉ PRVKY (. 10^{-6} g/l)/TRACE ELEMENTS							
As	<10	Ni	<2	Cu	13	Pb	5
Mo	<20	Co	<20	Zn	17	U	1,8
Cr	<5	Ti	<20	spektrochemicky dokázaná prítomnosť Na, Ca, Mg, K, Sr, B, Si, Li, Ba, Rb, Fe, Al, Cu a Mn			

5. PLYNY (objem %)/GASES									
	CO_2	H_2S	O_2	N_2	He	H_2	Ar	CH_4	Celkové množstvo plynov (ml/l)
1	98,55	0,546	0,016	0,865 5	0,000 1	0,001 1	0,017 6	0,000 4	960,80
2	–	–	1,786	96,49	0,005 6	0,117 2	1,958 0	0,042 0	8,70
3	–	–	–	–	–	–	–	–	–

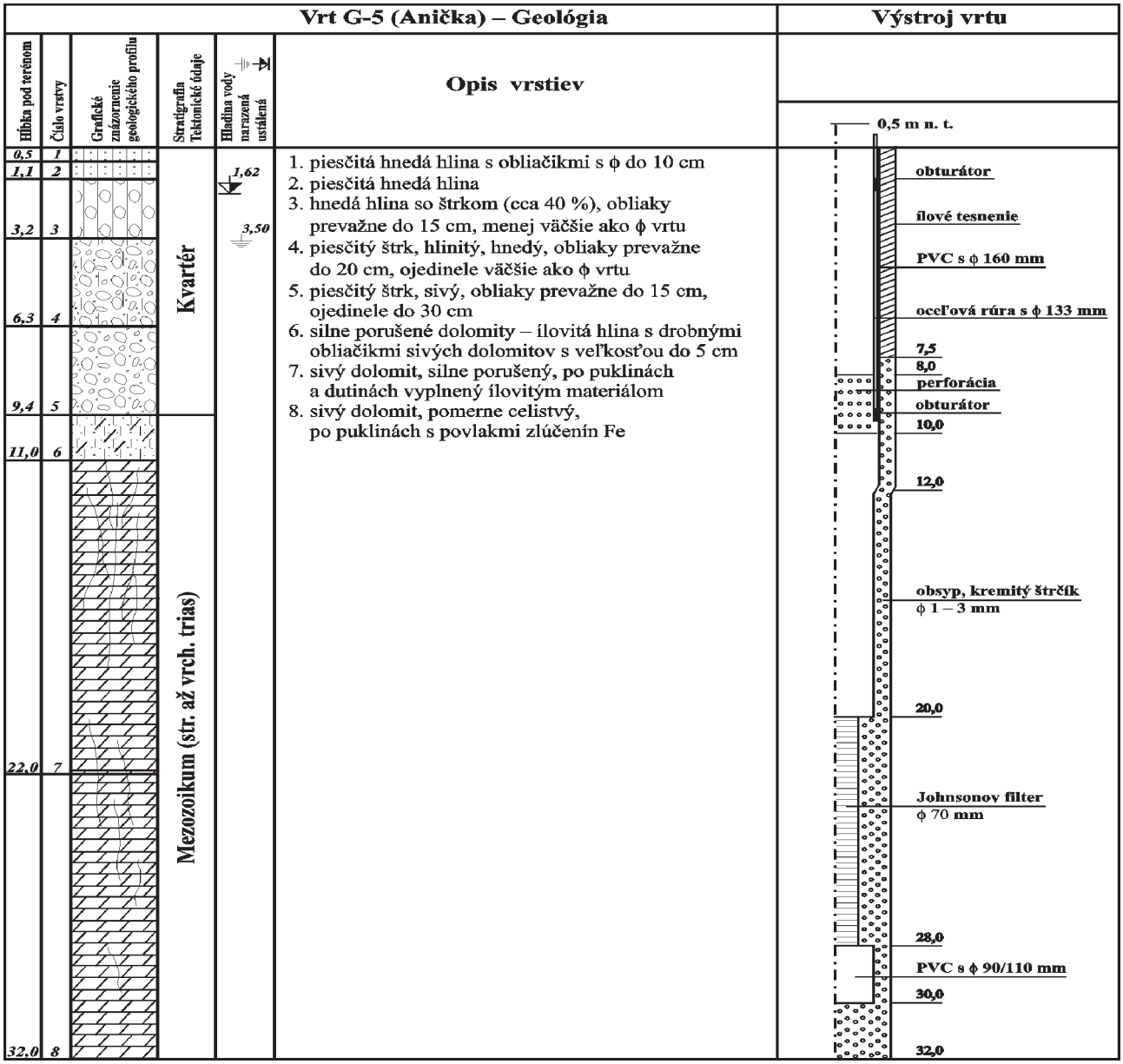
6. HYDROCHEMICKÉ FAKTORY A KLASIFIKÁCIA/HYDROCHEMICAL FACTORS AND CLASSIFICATION											
S_1 (NO_3)	0,24	S_2 (SO_4)	0	A_2	63,1	Mg/Ca	0,74	Sr/Ca · 10^3	2	SO_4/M	0,06
S_1 (Cl)	24,6	S_3	0	A_3	0,12	Na/K	18,33	HCO_3/Cl	2,58	Cl/Br	2 230,8
S_1 (SO_4)	1,66	A_1	0,26	S (SO_4)	31,91	Ca/Na	1,05	Cl/Na	0,71		
S_2 (Cl)	0,00										

Základný nevýrazný kalciovo-magnéziovo-bikarbonátový typ A_2.

7. PLYNOVÉ FAKTORY A KLASIFIKÁCIA/GAS FACTORS AND CLASSIFICATION							
	Spontánny plyn			Nekyslý plyn			
He/Ar	–	(Ar · 10^4)/(N_2 · 1,19)	–	$K^{N_2}{}_{O_2}$	54,02	(Ar · 10^4)/(N_2 · 2,5)	81,17

Silno uhličitá, stredne sírovodíková, dusíková voda.

8. HORNINY/ROCKS dolomity



Obr. 7. Vrt G-5.

Fig. 7. Borehole G-5.

faktor rCl/rNa (0,71; 0,74). Na pôvod síranov a sírovodíka môžu poukazovať izotopy síry. Podiel síranov na mineralizácii je veľmi malý (SO_4/M = 0,06; v Sobranciach je 0,035; Mlynarčík a Petrivaldský, 1985). Prítomnosť morských vôd je nepravdepodobná.

Vrt G-5 je situovaný v blízkosti vrtu G-1 (foto 1 a 2). Na základe klasifikácie minerálnych vôd bola podzemná MV z tohto vrtu zaradená k slabo mineralizovaným (3,696 g · l^{-1}), slabo kyslým (pH = 6,42) a studeným (15,2 °C) vodám. Prítomnosť sírovodíka (5,1 mg · l^{-1}) zaraďuje vodu k stredne sírovodíkovým vodám. Z hľadiska chemického zloženia je táto podzemná voda podľa upravenej Palmerovej klasifikácie (Gazda, 1971) základného vápenato-horečnato-hydrogénuhličitanového typu. V roztoku vody sú však do značnej miery zastúpené aj chloridy (482,1 mg · l^{-1}) s alkáliami. Hydrochemický koeficient rCl/rNa (0,75) poukazuje na metamorfnú infiltrogénnu vodu s vplyvom neogénnych sedimentov. Mikrobiologicky a biologicky bola skúmaná podzemná voda vyhovujúca (Haluška a Petrivaldský, 1995).

Záver

Výsledky realizácie vrtu G-4 poukazujú na možnú existenciu termálnych vôd v študovanej oblasti. Overeným kolektorom minerálnych vôd sú triasové dolomity obalu Čiernej hory. Vo vzdialenosti 1 000 m východne od vrtu G-4 je možné z vrtu hlbokého asi 500 – 600 m získať

Tab. 6
Hydrochemické faktory
Hydrochemical factors

Vrt	Dátum Laboratórium	T vody (°C)	pH	CMV ($g \cdot l^{-1}$)	CO_2 ($g \cdot l^{-1}$)	H_2S ($mg \cdot l^{-1}$)	S_1 (Cl)	S_1 (SO_4)	A_1	A_2	A_3	Plyny (obj. %) kyslé CO_2	kyslé N_2	nekyslé N_2	nekyslé O_2
G-1	11. 9. 1980 GÚDŠ Bratislava	13,0	5,9	3,32	1,80	8,0	24,6	11,66	0,26	63,10	0,12	98,5	0,86	96,5	1,78
G-4	9. 4. 1982 IGHP Žilina	26,0	6,5	4,46	1,37	11,42	28,0	11,73	0,50	59,66	0,08	–	–	–	–

	$rHCO_3/rCl$	rMg/rCa	Cl/Br	rCl/rNa	rSO_4/rM	Pôvod Vody	Pôvod CO_2	Klasifikácia vody (typ)		Tvorba chemického zloženia Vody (mineraliz.)	Tvorba chemického zloženia CO_2 (pôvod)
G-1	2,58	0,74	2 230,0	0,71	0,06	meteorická	plášťový	základný nevýrazný A2	stredne uhličitá CO_2	karbonátogénno--sulfátogénno--halogénna	chemický termometa-morfný
G-4	2,16	0,74	–	0,74	0,06						

vodu s teplotou okolo 40 °C. Pred vŕtaním odporúčame urobiť geofyzikálne merania rovnakou metodikou ako pred realizovaním vrtu G-4.

Literatúra

Elečko, M., Vass, D., Konečný, V. & Kaličiak, M., 2007: Štruktúrno--tektonická schéma východoslovenskej panvy, list Michalovce. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 197 s.*

Franko, O., Gazda, S. & Michalíček, M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 230 s.*

Franko, O. & Kolářová, M., 1985: Vysvetlivky k mape minerálnych vôd ČSSR 1 : 500 000. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 24 s.*

Franko, O. & Zakovič, M., 1979: Štúdia o možnosti získania termálnej vody v oblasti Košíc. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 14 s.*

Frankovič, J. & Szabová, A., 1978: Košice-sever – doplnenie vodných zdrojov. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 18 s.*

Fusán, O., Biely, A., Ibrmayer, J., Plančár, J. & Rozložník, L., 1987: Podložie terciéru vnútorných Západných Karpát. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 102 s.*

Gazda, S., 1971: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. *In: Hydrogeol. Ročenka 1969 – 1970 (Praha – Brno), s. 122 – 126.*

Haluška, M. & Petrivaldský, P., 1982: Košice – areál PKO Anička – hydrogeologický prieskum minerálnych vôd. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 28 s.*

Haluška, M. & Petrivaldský, P., 1995: Košice – Anička – Zdroj minerálnej vody G-5. *Manuskript. Košice, archív Geoconsult.*

Hensel, J., 1951: Balneografia Slovenska. *Bratislava, Slov. Akad. Vied, 456 s.*

Hynie, O., 1963: Hydrogeologie ČSSR II. – Minerálne vody. *Praha, Nakl. Čsl. Akad. věd, 797 s.*

Jetel, J., 1982: Určování hydraulických parametrů hornin hydrodynamickými zkouškami ve vrtech. *In: Knih. Ústř. Úst. geol. (Praha), 58, 248.*

Kaličiak, M. et al., 1996: Vysvetlivky ku geologickej mape Slanských vrchov a Košickej kotliny – južná časť. *Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 206 s.*

Krahulec, P., Rebro, A., Uhliarik, J. & Zeman, J., 1978: Minerálne vody Slovenska – Krenografia 2. *Martin, Osveta, 1 035 s.*

Krásný, J., 1993: Classification of transmissivity magnitude and variation. *In: Ground Water (Columbus), 31, 2, pp. 230 – 236.*

Maheľ, M., 1952: Minerálne pramene Slovenska so zreteľom na geologickú stavbu. *In: Práce Št. geol. Úst. (Bratislava), 17, 84.*

Mlynarčík, M. & Petrivaldský, P., 1985: Sobranecké kúpele – ochranné pásma. Záver. správa. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Rebro, A., 1996: Vzácne a obdivované vody Slovenska. *Piešťany, Balneologické múzeum, 182 s.*

Tkáč, J., 1980: Ťahanovce a VŠA. Geofyzikálny prieskum hydrogeologických pomerov. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 15 s.*

Tkáčik, P., 1980: Problematika získania minerálnotermálnej vody v Košiciach. *Manuskript*.

Rukopis doručený 24. 2. 2009
Revidovaná verzia doručená 25. 3. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 253 – 266
ISSN 0369-2086

Prehodnotenie ukazovateľov využiteľnosti ložísk uhlia na aplikáciu podzemného splyňovania (UCG) na príklade ložiska Beladice (Podunajská nížina)

PETER BLIŠŤAN[1] a MONIKA BLIŠŤANOVÁ[2]

[1]Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Fakulta BERG Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 19, 040 01 Košice
[2]PIDECO CGF, s. r. o., Szakkayho 1, 040 01 Košice

The appraisal of economic indicators of coal deposits for underground coal gasification in the case of Beladice lignite deposit (Danube Basin, Slovakia)

Energy resources in Slovak Republic are limited. Approximately 90 % of energy resources are imported. The main domestic sources of energy are represented by deposits of coal and lignite. There are some non-economic deposits, which may be suitable for underground coal gasification by (UCG) technology. This technology is known from 1868, and now belongs among clean coal technologies, which are preferred in EU. This article appraises Beladice deposit of lignite for UCG technology and presents results of recalculation of lignite reserves for UCG.

Key words: coal deposit, underground coal gasification (UCG), mineral reserves, modelling, GIS, Beladice

Úvod

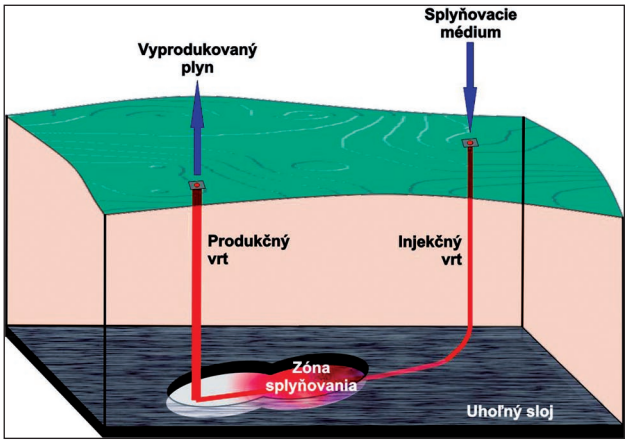
Problematika získavania energie, najmä elektrickej, je v posledných rokoch často diskutovaná téma. Európska únia ako celok je viac ako na 50 % závislá od dovozu primárnych energetických zdrojov. Preto sa jej energetická politika, ako aj energetická politika Slovenskej republiky orientuje na zabezpečenie dostatočného množstva vlastných zdrojov energie, na diverzifikáciu energetických zdrojov a na využívanie environmentálne prijateľných technológií (www 1). Vyše 70 % svetovej energie stále pochádza z fosílnych palív – neobnoviteľných zdrojov energie. Keďže sa predpokladá ďalšie zvyšovanie svetovej spotreby primárnych energetických zdrojov, čoraz väčší dôraz sa kladie na ich efektívnejšie využívanie. Najvyužívanejší domáci zdroj energie v Európskej únii aj v Slovenskej republike je uhlie. To je dôvodom stáleho záujmu o jeho výskum a zavádzanie nových technológií na úpravu a ťažbu.

Na Slovensko sa dováža asi 90 % primárnych zdrojov energie. Náš najvýznamnejší domáci zdroj energie je uhlie. Využívanie slovenských ložísk hnedého uhlia zaisťuje čiastočnú domácu energetickú sebestačnosť, vedie k stabilizácii národného hospodárstva a znižuje závislosť od dovozu (*Stratégia energetickej bezpečnosti, 2007*; *Energetická politika SR, 2006*). Na Slovenku sa eviduje celkovo 19 ložísk hnedého uhlia a lignitu a z toho sa ťaží iba 5 ložísk (Baláž a Kúšik, 2008). Ostatné ložiská z ekonomických alebo technologických dôvodov nevyhovujú kritériám využiteľnosti na klasickú ťažbu. Na rentabilitu ťažby ložiska okrem ceny suroviny na trhu, stupňa preskúmania ložiska, kvality a množstva zásob ťaženej suroviny vplýva aj použitá technológia ťažby (Rybár, Cehlár a Tréger, 2000; Rybár et al., 2005; Cehlár et al., 2006). Tu sa vytvára široké pole pre nové alebo netradičné ťažobné metódy, ktoré môžu pomôcť využívať uhoľné ložiská efektívnejšie. Medzi tieto netradičné ťažobné metódy patrí aj podzemné splyňovanie uhlia (*Underground Coal Gasification* – UCG).

Podzemné splyňovanie uhlia

Myšlienka podzemného splyňovania uhlia je známa už viac ako 100 rokov. Jej začiatky sú späté s vedcami Sirom Williamsom Siemensom a Dmitrijom Mendelejevom. Počas vývoja a testovania tejto technológie sa realizovalo množstvo pokusov v rôznych krajinách sveta s rôznou úspešnosťou. Najvýznamnejšie pokusy sa uskutočnili v bývalom ZSSR, Austrálii, USA a Španielsku.

Metóda podzemného splyňovania uhlia je založená na podzemnom splyňovaní uhlia priamo v ložisku (*in situ*). Princíp vychádza z existencie minimálne 2 vrtov (častejšie série vrtov) situovaných do uhoľného sloja, injekčného a produkčného. Prostredníctvom injekčného vrtu sa do sloja vháňa splyňovacie médium. Druhým, produkčným vrtom sa na povrch dostáva vyprodukovaný plyn (obr. 1). Zápalným bodom – miestom zapálenia – môže byť injekčný aj produkčný vrt. Proces podzemného splyňovania uhlia je možné podľa Surryho et al. (2004) rozdeliť na 3 hlavné fázy. V prvej, konštrukčnej fáze je potrebné zabezpečiť realizáciu injekčných a produkčných vrtov a overiť dostatočnú permeabilitu sloja. Tá je nevyhnutná na prúdenie splyňovacieho média.



Obr. 1. Schéma UCG splyňovača.

Fig. 1. The scheme of underground coal gasifier.

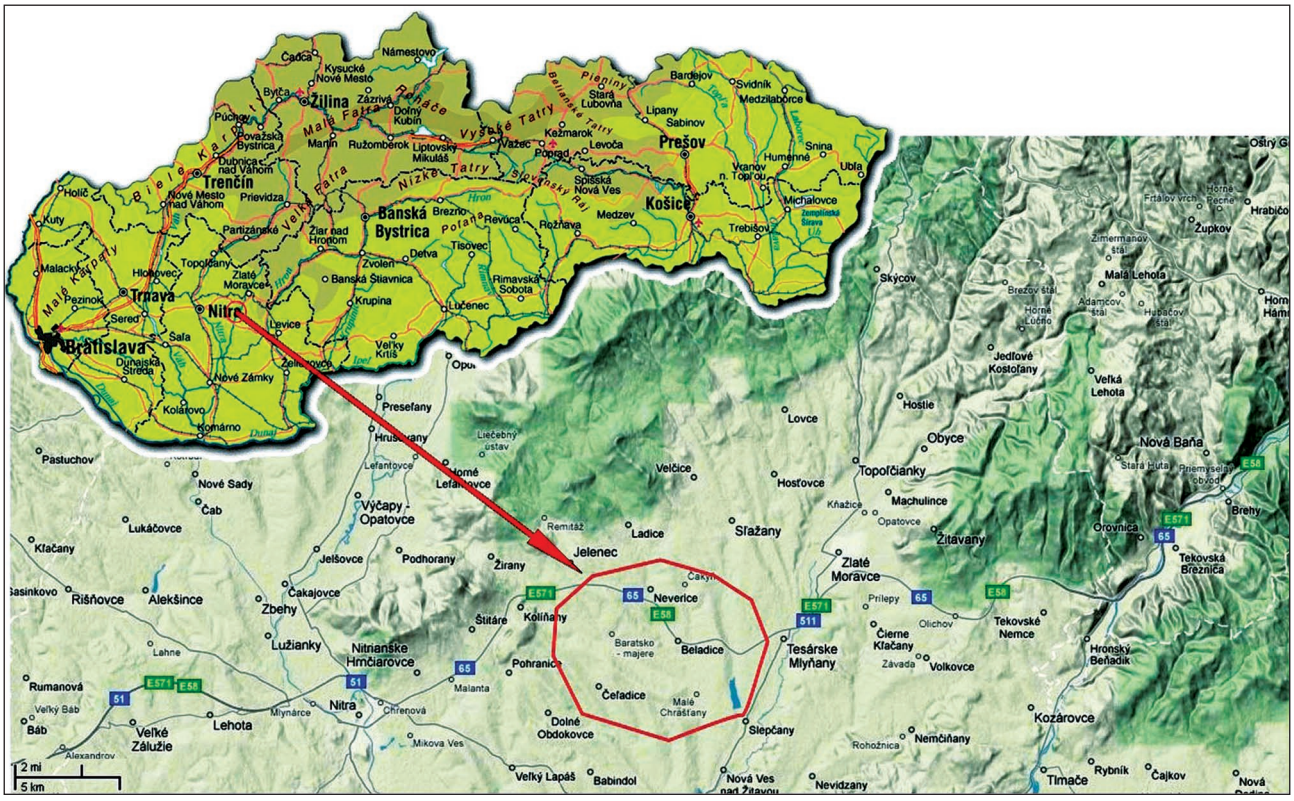
Druhá, operačná fáza sa začína zapálením uhlia. Samotný proces splyňovania sa začína až vtedy, keď sa splyňovacie médium vtláča do sloja prostredníctvom injekčného vrtu a prebiehajú chemické reakcie medzi uhlím a splyňovacím médiom (Perkins, 2005). Operačná fáza zahŕňa aj riadenie procesu, kontrolu prítokov vody a pod. Počas splyňovacieho procesu sa formuje dutina, v ktorej ostáva tuhý zvyšok po splyňovaní.

V záverečnej fáze sa likvidujú vrty. V prípade možného znečistenia sa pred likvidáciou vrtov odporúča preplachnutie dutiny vháňaním vody, aby sa minimalizovalo možné znečistenie prostredia a podzemnej vody v okolí vzniknutej dutiny. Napriek skončeniu procesu je potrebný monitoring vzniknutej dutiny a jej okolia (Surry et al., 2004).

Hlavný produkt je nízko alebo stredne výhrevný plyn, ktorého kvalita a kvantita závisí od kvality uhlia, typu splyňovacieho média, zvládnutia procesu a pod. Pri splyňovaní vzduchom vzniká plyn, ktorý je zmesou N_2, O_2, CO_2, CO, H_2 a CH_4. Jeho výhrevnosť sa pohybuje v rozmedzí od 3,72 do 6,71 MJ · Nm^{-3} a je vhodný na výrobu elektrickej energie. Pri splyňovaní kyslíkom alebo parou vzniká plyn, ktorý je zmesou O_2, CO_2, CO, H_2 a CH_4. Jeho výhrevnosť je od 7,45 do 11,18 MJ · Nm^{-3}. V súčasnosti prebieha intenzívny výskum využitia tohto plynu na skvapalňovanie (Blišťanová in Sasvári et al., 2007).

Na základe realizovaných pokusov bolo opísaných niekoľko výhod podzemného splyňovania uhlia:

- *environmentálne výhody – minimálne zmeny na povrchu, nižšie emisie CO_2,*
- *ekonomické výhody – nižšie náklady, nižšia cena jednotky elektrickej energie*,
- *efektívnejšie využívanie ložísk uhlia – technológia vhodná pre neekonomické ložiská považované za doťažené, s komplikovanými geologickými podmienkami*.



Obr. 2. Geografická pozícia záujmovej oblasti.

Fig. 2. Geographic position of studied area.

Kritériá výberu ložísk uhlia na podzemné splyňovanie

Na základe odborných prác zo zahraničia a skúseností z pokusov je možné povedať, že proces podzemného splyňovania z pohľadu vlastností ložiska ovplyvňujú najmä tieto faktory (Burton et al., 2006; Lamb, 1977):

- *hydrogeologické pomery ložiska a sloja*,
- *tektonické pomery ložiska a sloja*,
- *vlastnosti sloja – hrúbka, hĺbka a úklon*,
- *vlastnosti uhlia – kvalitatívne a termické*,
- *vlastnosti nadložných hornín*,
- *prítomnosť plynov v ložisku*.

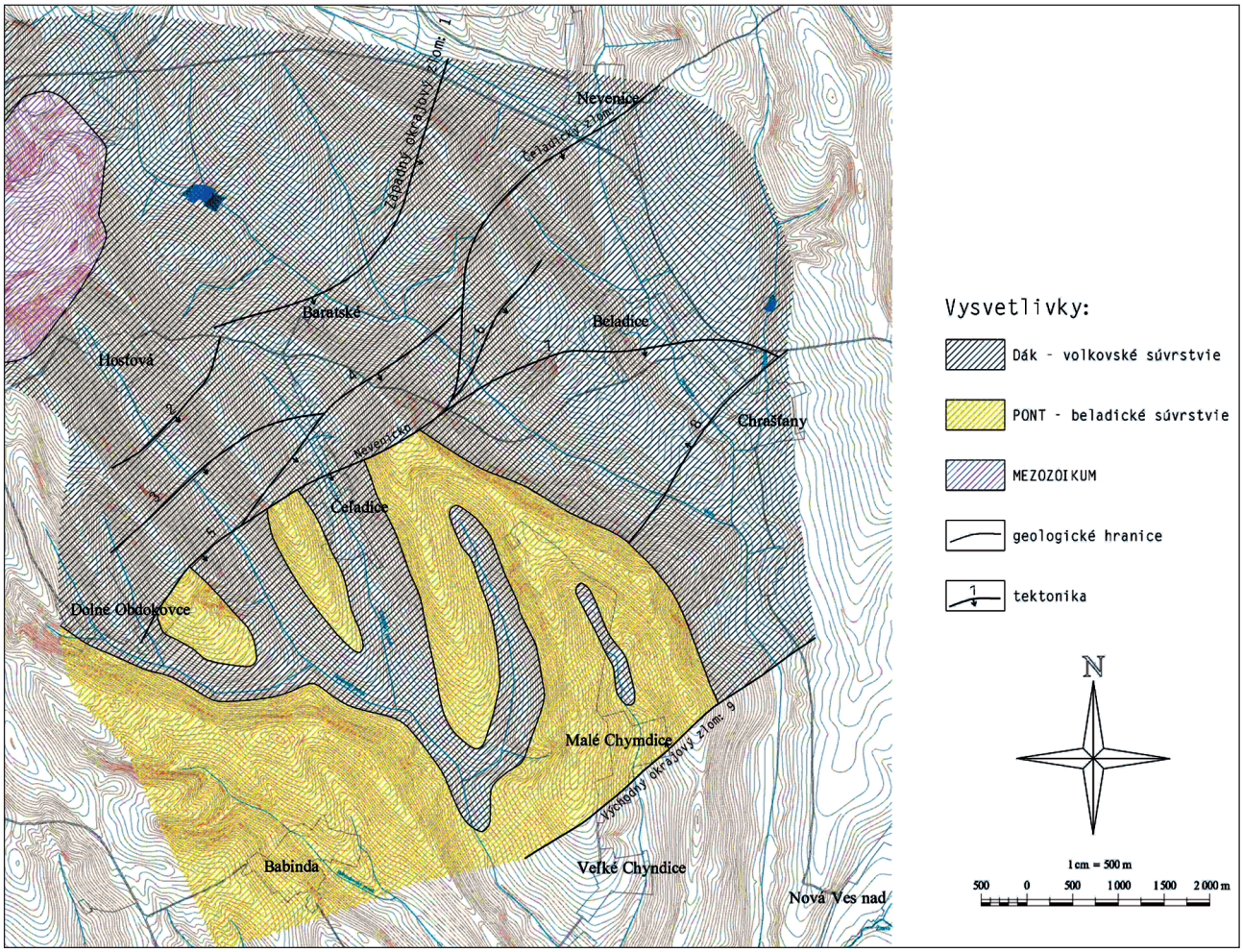
Niektoré krajiny ako napríklad USA, UK, Austrália, Rusko a India na základe priameho výskumu – pokusov – alebo na základe výskumov z iných krajín prehodnotili svoje ložiská uhlia. Kritériá, ktoré použili, boli založené najmä na hĺbke a hrúbke sloja, ako aj na množstve a kvalite zásob, a to aj napriek tomu, že samotné splyňovanie výrazne ovplyvňujú aj ostatné spomínané vlastnosti. Tie je potrebné zohľadňovať najmä pri ďalšom posudzovaní, keďže ovplyvňujú napríklad rozmiestnenie jednotlivých generátorov, odvodňovanie, zvyšovanie permeability, vytvorenie ochranných pásiem a pod.

Na prvotné posúdenie vhodnosti ložiska uhlia na podzemné splyňovanie je potrebné prehodnotiť:

- *hĺbku uloženia sloja*,
- *hrúbku sloja*,
- *úklon sloja*,
- *kvalitatívne parametre – výhrevnosť uhlia a popolnatosť uhlia*.

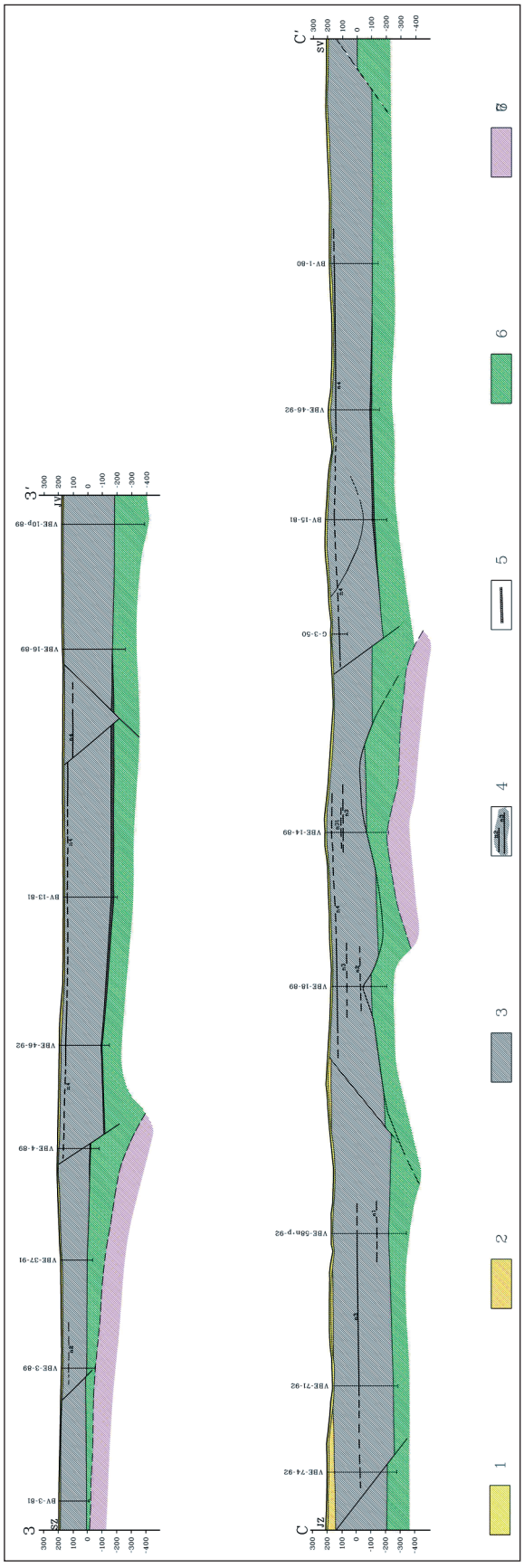
Stanovenie kritérií posúdenia vhodnosti ložiska Beladice na UCG

Na základe odporúčaní a skúseností so splyňovaním ložísk najmä z USA, Austrálie, Ruska, Veľkej Británie a Česka sa spracovali kritériá posúdenia vhodnosti ložiska Beladice na UCG. Je potrebné zdôrazniť, že všetky kritériá



Obr. 3. Odkrytá geologická mapa ložiskovej oblasti Beladice – upravené. 2, 3 – čiastkové poruchy; 4, 6, 7 – odnož nevericko-čeľadického zlomu; 5 – čeľadický zlom; 8 – protiklonný zlom (Šarkan et al., 1993).

Fig. 3. Uncovered geological map of Beladice area – modified. 2, 3 – lower-range faults; 4, 6, 7 – Neverice-Čeľadice fault; 5 – Čeľadice fault; 8 – antithetic fault (Šarkan et al., 1993).



sa spracovali na základe skúseností z iných krajín, pričom najvhodnejšie by bolo upraviť kritériá na základe vlastných praktických skúseností a vlastných ekonomických prepočtov, ktoré zatiaľ, žiaľ, chýbajú.

Zvolené kritériá sa spracovali na základe prác Boyda (1981), Walkera (1999) a spoločnosti Csiro (2006) a zohľadňujú bezpečnostné a ekonomické požiadavky. Na základe uvedených odborných štúdií a skúseností z iných krajín sa zvolili nasledujúce kritické parametre:

- *hĺbka sloja minimálne 100 m*,
- *hrúbka sloja minimálne 2 m*,
- *popolnatosť maximálne 55 %*,
- *výhrevnosť v pôvodnom stave minimálne 8 MJ · kg*$^{-1}$.

Ložisko Beladice

Významné ložisko lignitu overil vyhľadávací geologický prieskum v sv. časti Podunajskej nížiny v širšom okolí Beladíc v priestore obcí Jelenec – Beladice – Čeľadice – Malé Chyndice – Dolné Obdokovce – Hosťová (obr. 2).

Vo vzťahu k lignitovým slojom sa na ložisku vyčlenili tieto sedimenty (obr. 3 a 4):

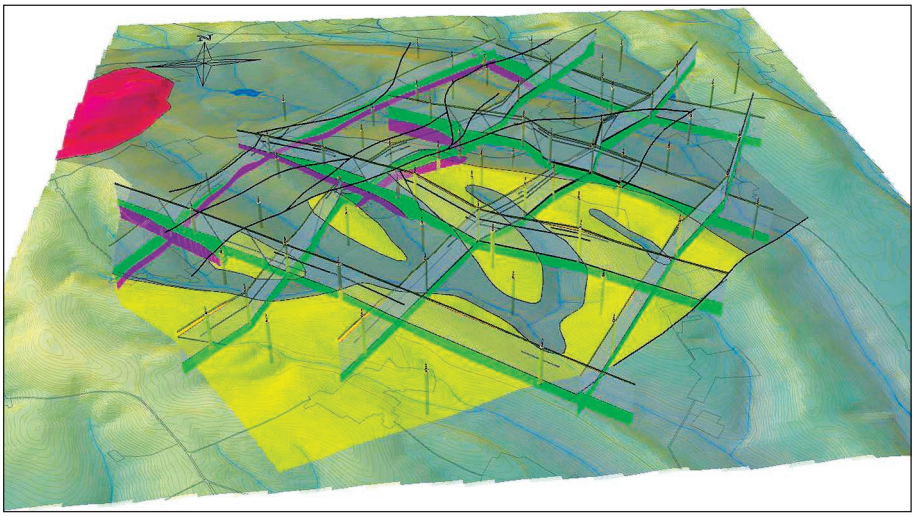
- *predneogénne podložie*,
- *ivanské súvrstvie*,
- *beladické súvrstvie*,
- *volkovské súvrstvie*,
- *kvartérne sedimenty*.

Predneogénne podložie zastihli vrtné práce pri z. a sz. okraji ložiskového územia. Ivanské súvrstvie vrchnopanónskeho veku tvorí podložie pásma bazálnych slojov. Pre súvrstvie je charakteristický výskyt svetlosivých a sivých ílov, nerovnomerne piesčitých, ktoré sa striedajú s jemno- až hrubozrnnými pieskami, ojedinele až štrkmi. Polohy pieskov s hrúbkou až do 100 m sa nachádzajú v priamom podloží bazálnych slojov najmä v j. a jv. časti a sú významný hydrogeologický kolektor.

Beladické súvrstvie (pont) je vyvinuté na celej ploche ložiskového územia. Jeho hrúbka postupne narastá v smeroch Z – V a S – J. Najmenšiu hrúbku dosahuje pri sz. okraji ložiska a najväčšiu v centrálnej časti. Stratigraficky a litologicky môžeme súvrstvie rozdeliť na tri zóny, a to spodnú, strednú a vrchnú časť. Spodná časť beladického súvrstvia tvorí vlastné slojové pásmo bazálnych slojov. Je zastúpené zemito-drevitým lignitom s ílovitými preplástkami deliacimi lignit na niekoľko samostatne bilancovaných slojov. Smerom od okrajov do centrálnej časti ložiska hrúbka slojového pásma narastá a dosahuje až viac ako 30 m. Celkový vývoj slojového pásma je značne komplikovaný. Nevericko-čeľadický zlom rozdelil pásmo na 2 časti, na západnú a východnú kryhu. Západná kryha je oproti

Obr. 4. Geologické rezy ložiskom Beladice. 1 – kvartérne sedimenty; 2 – volkovské súvrstvie; 3 – beladické súvrstvie; 4 – nadložné sloje; 5 – bazálne sloje; 6 – ivanské súvrstvie; 7 – predneogénne sedimenty (Šarkan et al., 1993).

Fig. 4. Geological selection of deposit Beladice. 1 – Quaternary sediments; 2 – Volkovce Fm.; 3 – Beladice Fm.; 4 – overlying coal seams; 5 – basal coal seams; 6 – Ivanka Fm.; 7 – pre-Neogene sediments (Šarkan et al., 1993).



Obr. 5. 3D model ložiskového územia. Ružová – predneogénne podložie, zelená – ivanské súvrstvie, sivá – beladické súvrstvie, čierna – uhoľné sloje.

Fig. 5. 3D model of deposit area. Pink – pre-Neogene underlier, green – Ivanka Fm., grey – Beladice Fm., black – coal seam.

východnej kryhe viac tektonicky porušená. Východná kryha zaberá väčšiu časť ložiska. V pásme bazálnych slojov bolo vyčlenených 5 slojov – b_0, b_1, b_2, b_3 a b_4. Sloj b_1 predstavuje sloj s najväčším plošným rozšírením. Hrúbka sloja je od 1,3 m do 8,1 m. Sloj b_2 je vyvinutý v tesnom nadloží sloja b_1 a jeho hrúbka sa pohybuje od 1 m do 5,15 m. Sloj b_3 je vyvinutý v tesnom nadloží sloja b_2. Väčšie plošné rozšírenie dosahuje len v centrálnej časti ložiska. Jeho hrúbka sa pohybuje od 1,15 m do 2,5 m. Sloj b_4 je vyvinutý len v úzkom pruhu. V ďalších častiach beladického súvrstvia bolo vyčlenených ešte 5 nadložných slojov s označením n_1, n_2, n_3, n_4 a n_5. Sloje majú nepravidelný šošovkovitý vývoj a len ojedinele dosahujú hrúbku viac ako 2 m.

V strednej časti beladického súvrstvia prevládajú sivé a tmavosivé íly, ktoré sa striedajú s polohami jemne piesčitých ílov, ílovitých aleuritov a pieskov prevažne šošovkovitého charakteru. Vrchná časť beladického súvrstvia predstavuje jeho najhrubšiu časť. Tvoria ju prevažne modrastosivé a zelenkavosivé, nerovnomerne piesčité íly, miestami zavápnené. Vo vrchnej časti ílov sú vyvinuté hojné nadložné lignitové slojčeky, z ktorých niektoré dosahujú aj bilancovanú hrúbku – nadložné sloje. V spodných ílovitých polohách lignity zastupuje uhoľný íl alebo uhoľný pigment.

Volkovské súvrstvie reprezentujú v ložiskovej oblasti pestrofarebné žltozelené, žltohnedé a hrdzavo škvrnité ílovité sedimenty s premenlivým obsahom piesčitej frakcie a vápnitých konkrécií. V íloch sú ojedinele prítomné tenké polohy jemno- až strednozrnných pieskov šošovkovitého charakteru.

Kvartérne sedimenty sú v ložiskovom území zastúpené hlinou, piesčitou hlinou, miestami polohami eolických sedimentov – spraší a sprašových hlín – a aluviálnymi náplavmi v údoliach potokov. Najväčšiu hrúbku (do 20 m) dosahuje kvartér v oblasti výskytu spraší a sprašových hlín (Šarkan et al., 1993).

Metodika

Na posúdenie vhodnosti ložiska Beladice na podzemné splyňovanie a na potvrdenie predpokladu nárastu zásob uhlia bolo potrebné vytvoriť komplexnú databázu prieskumných vrtov s príslušnými ložiskovými údajmi. Následne sa podľa empirických vzťahov (Blišťan, 1999; Staněk a Kajzar, 2005) prepočítali základné štatistické charakteristiky súboru ložiskových údajov, urobil sa výpočet zásob a vytvoril 3D model bilančného vývoja sloja na klasickú ťažbu. Tejto problematike sa napríklad venujú aj práce Staněk (2005) či Staněk, Honěk, a Hoňková (2007). Pre rozdielne hraničné podmienky bolo potrebné prehodnotiť polohy uhlia v pasportoch vrtov. Ako hraničné podmienky sa použili kritériá uvedené v tomto článku, kapitola 1.1. Zo získaných údajov sa vypočítali štatistické parametre, vypočítali sa zásoby a tieto výsledky sa následne porovnali s parametrami pre klasickú ťažbu. Zostavili sa 2D a 3D modely bilančného vývoja sloja na podzemné splyňovanie. Na zostavenie 2D a 3D modelov, ako aj na štúdium rozdielov medzi nimi sa použili analytické funkcie profesionálneho softvéru GIS – ArcGIS 9.2 od spoločnosti ESRI.

Metodika prehodnocovania ložiskových údajov a výpočtu zásob a jej zdôvodnenie

Predmetom výpočtu zásob bol bazálny sloj b_1 lignitového ložiska Beladice. Výpočet zásob sa urobil metódou geologických blokov. Je to metóda vyhovujúca na dané účely, pre daný typ ložiska a použitú prieskumnú sieť. Ložisko Beladice je uložené horizontálne, vyznačuje

Tab. 1
Podmienky využiteľnosti ložiska na klasickú ťažbu (Šarkan et al., 1993) a na UCG
Conditions of utilization of coal deposit for traditional mining (Šarkan et al., 1993) and for UCG

	Bilančné zásoby, klasická ťažba	Bilančné zásoby, UCG
Minimálna hrúbka sloja v [m]	2,00	2,00
Minimálna výhrevnosť Q_i^r v [MJ · kg^{-1}]	9,63	8,00
Maximálna popolnatosť A^d [%]	–	55,00

sa výraznou tektonikou a sloje lignitu majú malú hrúbku. Sloj b_1 je jeden z najhlbšie uložených slojov s najväčším plošným rozsahom. Výpočet zásob sloja b_1 sa urobil ako jednovariantný, zvlášť pre podmienky klasickej ťažby a zvlášť pre podmienky podzemného splyňovania.

Ohraničenie ložiska, resp. blokov sa urobilo na základe tektoniky a zohľadňuje izolínie minimálnej hrúbky sloja, izolínie minimálnej výhrevnosti a maximálnej popolnatosti.

Určenie základných parametrov výpočtu zásob

a) Vyhodnotenie polôh vo vrtoch

Vyhodnotenie vhodnej polohy vo vrte (priesečníka vrtu so slojom), ktorá by vyhovovala jednotlivým výpočtom (klasická ťažba, UCG), sa urobilo na základe zohľadnenia stanovených kritérií pre minimálnu výhrevnosť, maximálnu popolnatosť a hrúbku okrajovej vzorky vrátane započítateľných preplástkov. Vymedzenie sloja na klasickú ťažbu sa urobilo na základe určených podmienok využiteľnosti definovaných v záverečnej správe Šarkana et al. z roku 1993 (tab. 1).

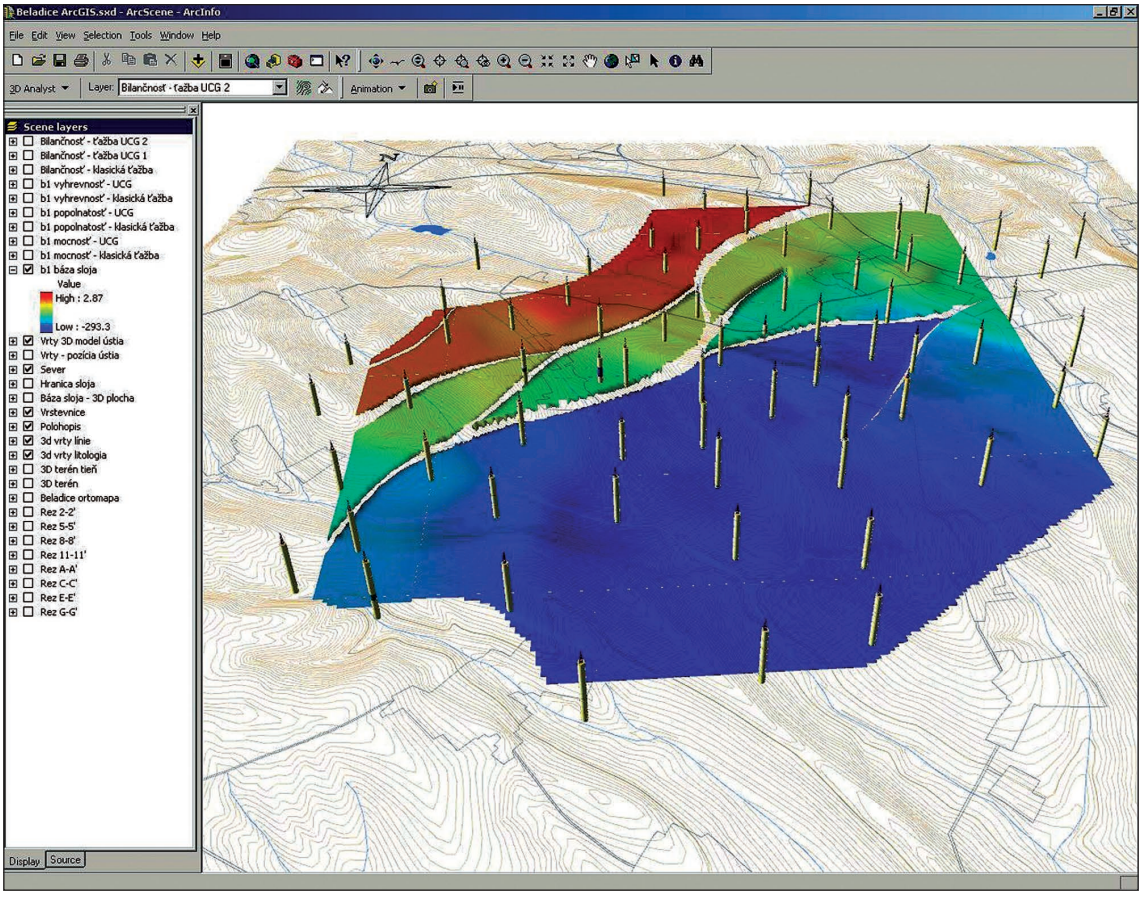
V prípade klasickej ťažby sa za preplástok považuje poloha horniny s výhrevnosťou nižšou ako minimálna výhrevnosť okrajovej vzorky a hrúbkou väčšou ako 5 cm. Preplástok do 50 cm je započítateľný do hrúbky sloja, ak sloj spolu s preplástkom zodpovedá kritériám okrajovej vzorky či dielu. Preplástok hrubší ako 50 cm rozdeľuje sloj na samostatné lavice, prípadne sloje.

Vymedzenie sloja na UCG sa urobilo v súlade s podmienkami využiteľnosti (uvedené v podzemnom splyňovaní uhlia). Preplástok s hrúbkou do 0,6 m sa započítal do hrúbky uhoľného sloja. Preplástok hrubší ako 60 cm rozdeľuje sloj na samostatné lavice, prípadne sloje.

b) Numerické a grafické spracovanie ložiskových údajov

Vstupné údaje na numerické a grafické spracovanie údajov:

1. databáza súradníc vrtných priesečníkov uhoľných slojov v platnom súradnicovom systéme (S-JTSK, výškový systém Balt po vyrovnaní) vrátane negatívnych vrtov;
2. kvalitatívne a kvantitatívne parametre vrtných priesečníkov:



Obr. 6. 3D model bázy sloja b_1 pri použití podmienok využiteľnosti na klasickú ťažbu.

Fig. 6. 3D model of the base of coal seam b_1 applying conditions for traditional mining.

- hrúbka sloja [m],
- výhrevnosť [MJ · kg^{-1}],
- popol [%],
- objemová hmotnosť [g · cm^{-3}],
- obsah síry [%],
- obsah vody [%];

3. tektonické členenie ložiskového poľa;

4. topografický podklad.

Po verifikácii a analýze vstupných údajov ako najvhodnejší spôsob odhadu priestorovej distribúcie kvalitatívnych a kvantitatívnych parametrov sa zvolila metóda *IDW – Inverse Distance Weighted*. Odhady sa vytvorili pomocou modelovacích nástrojov, ktoré sú súčasťou softvéru ArcGIS 9.2. Pri metóde IDW sa predpokladá, že vplyv nameraných bodov na interpolované hodnoty so vzdialenosťou klesá. Pri použití IDW uvažujeme tri parametre:

Sila – vyjadruje veľkosť vplyvu nameraného bodu na interpolovanú hodnotu v jej blízkosti.

Typ okolia – uvažujeme ho pre každý interpolovaný bod. Sú dva typy okolia:

– *pevné* – je daný pevný polomer, rovnaký pre všetky interpolované body. Špecifikovaním minimálneho počtu bodov môžeme zaistiť to, že ak sa vo zvolenom polomere nenachádza dostatok nameraných hodnôt, zväčší sa na takú veľkosť, aby minimálny počet bol splnený.

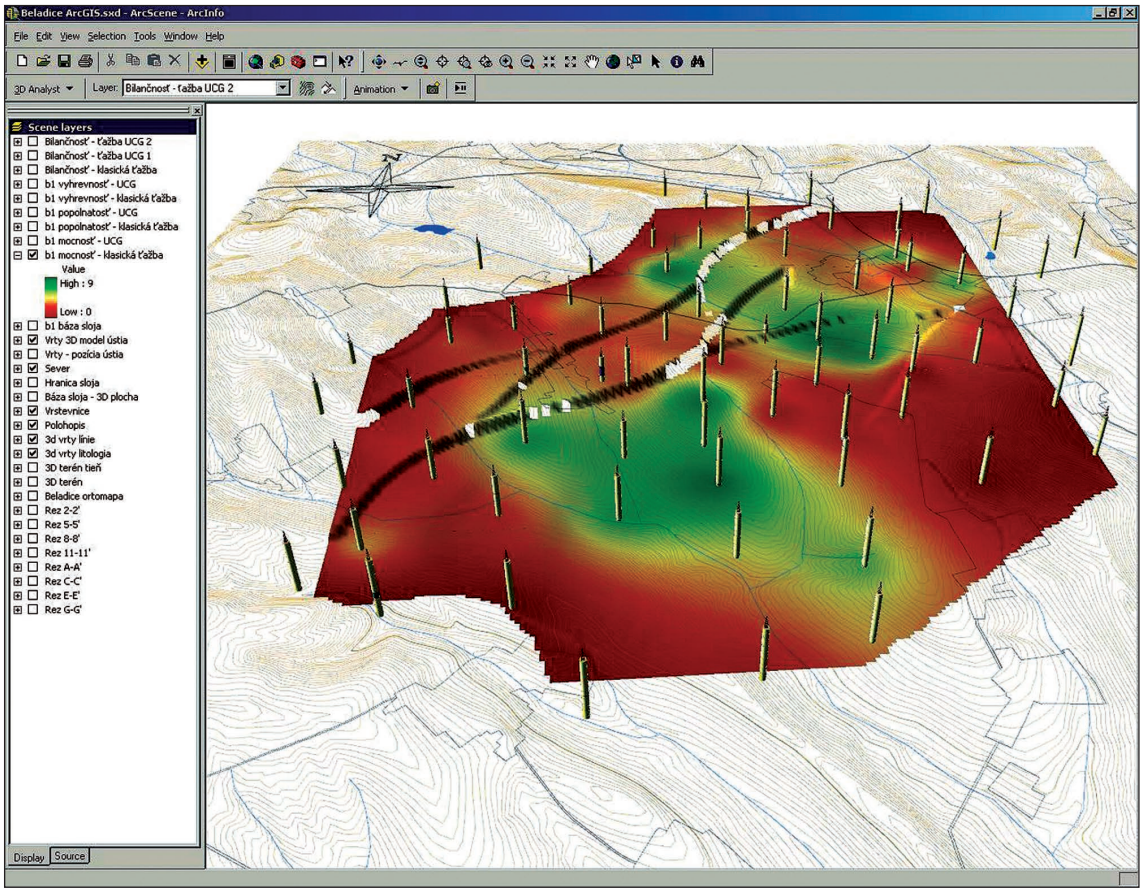
– *premenné* – každý interpolovaný bod môže mať inú veľkosť okolia. Na použitie tohto typu okolia sa nastaví minimálny počet nameraných hodnôt, ktoré sú na interpoláciu daného bodu nutné. Dá sa nastaviť aj maximálny polomer, do ktorého sa namerané hodnoty hľadajú. Táto metóda obyčajne poskytuje presnejšie modely.

Prekážky – je možné definovať krivku alebo polygón, ktorý bude reprezentovať zlom alebo inú prírodnú prekážku (Blišťan, 2005).

Ako výstupná mriežka (GRID), používaná na následné numerické a grafické vyhodnotenie údajov, sa pre všetky ložiskové parametre zvolila pravidelná sieť 10 x 10 m. Na okontúrovanie sloja sa okrem bilančných priesečníkov využili aj nebilančné a negatívne vrty, pričom na SZ a JV sa bilančné časti vymedzili západným, resp. východným okrajovým zlomom.

V prostredí ArcGIS 9.2 sa zo vstupných hodnôt urobil odhad sledovaných parametrov. Objemová hmotnosť sa vypočítala z regresnej rovnice určenej na základe výsledkov štatistickej korelácie medzi objemovou hmotnosťou a hodnotou obsahu popola (Blišťan a Kondela, 2001). Regresná rovnica má tvar:

$$y = 1{,}075 + 0{,}008\,873 \cdot x,$$



Obr. 7. 3D model hrúbky sloja b_1 pri použití podmienok využiteľnosti na klasickú ťažbu.

Fig. 7. 3D model of thickness of coal seam b_1 applying conditions for traditional mining.

kde premenná x je obsah popola. Priradením jednotkovej plochy (100 m^2) ku každému gridovému bodu (bunke rastra) a vynásobením výškou mikrobloku predstavujúcou hrúbku ložiska v danom mieste sa vypočítal objem mikroblokov. Na tieto výpočty sa použila mapová algebra, ktorú štandardne ponúka ArcGIS 9.2.

c) Výpočet kubatúry zásob

Kubatúra zásob sa vypočítala na základe súčtu objemov mikroblokov v ložisku, ohraničených na základe kritérií využiteľnosti izolíniami bilančnej hrúbky ložiska.

d) Množstvo zásob

Množstvo zásob sa vypočítalo podľa empirického vzťahu (Blišťan a Kondela, 2001) ako násobok kubatúry a objemovej hmotnosti γ:

$$Q = V \cdot \gamma ,$$

kde V je kubatúra bloku zásob,
γ je objemová hmotnosť t/m^3.

e) Výpočet priemernej výhrevnosti Q_i^r, popolnatosti A^d, obsahu vody W a obsahu síry S

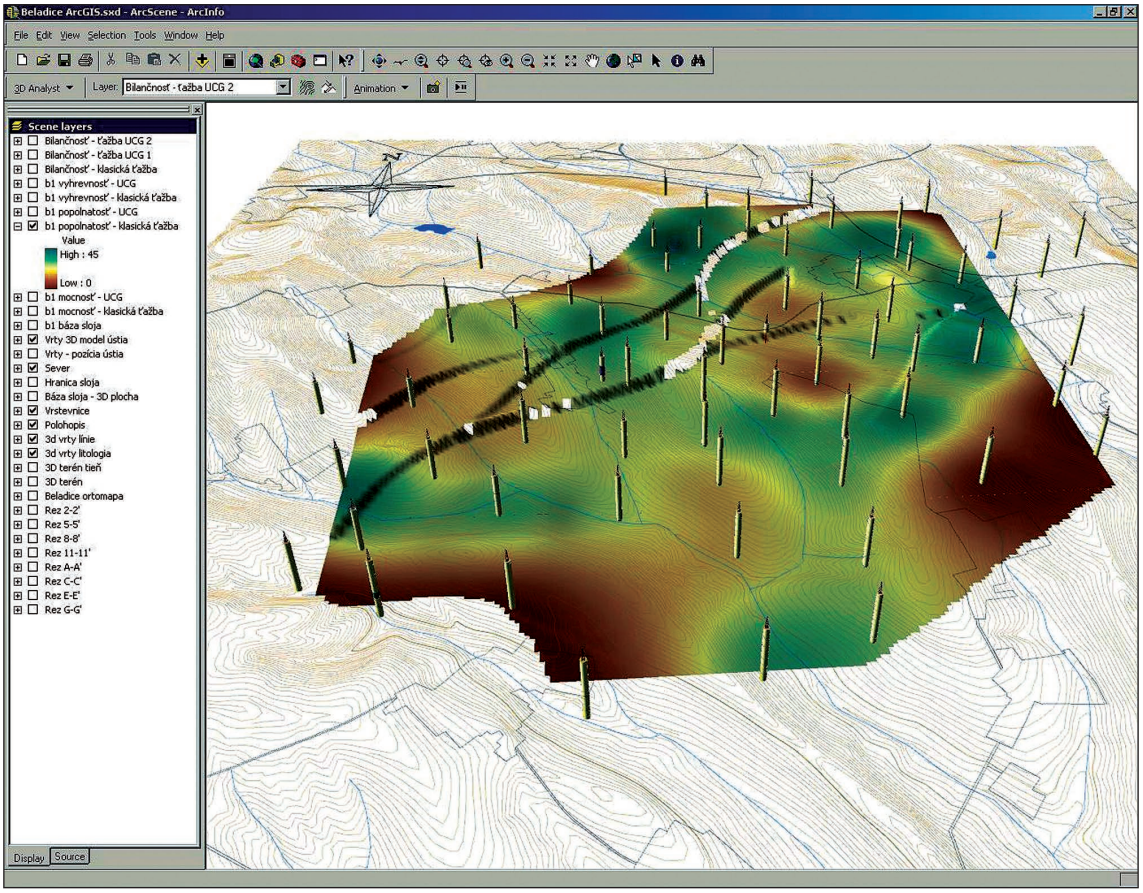
Tieto parametre sa vypočítali taktiež metódou IDW v prostredí ArcGIS 9.2 v sieti 10 x 10 m.

Model ložiska podľa kritérií využiteľnosti na klasickú ťažbu

Spracovanie ložiskových údajov podľa kritérií využiteľnosti na klasickú ťažbu

Podkladom na zostavenie modelu ložiska boli údaje zo 70 prieskumných vrtov, z ktorých 50 bolo pozitívnych. Na základe údajov v pasportoch prieskumných vrtov situovaných v záujmovom území sa vytvoril základný údajový súbor. Pre jednotlivé vrtné jadrá sa podľa pozície ústia vrtov a ich orientácie vypočítali priestorové súradnice každého vrtného jadra.

Štatisticky sa vyhodnotili iba údaje z bazálneho sloja b_1. Spracovalo sa 13 parametrov uhlia, a to hrúbka sloja,



Obr. 8. 3D model obsahu popola v sloji b_1 pri použití podmienok využiteľnosti na klasickú ťažbu.

Fig. 8. 3D model of ash content in coal seam b_1 applying conditions for traditional mining.

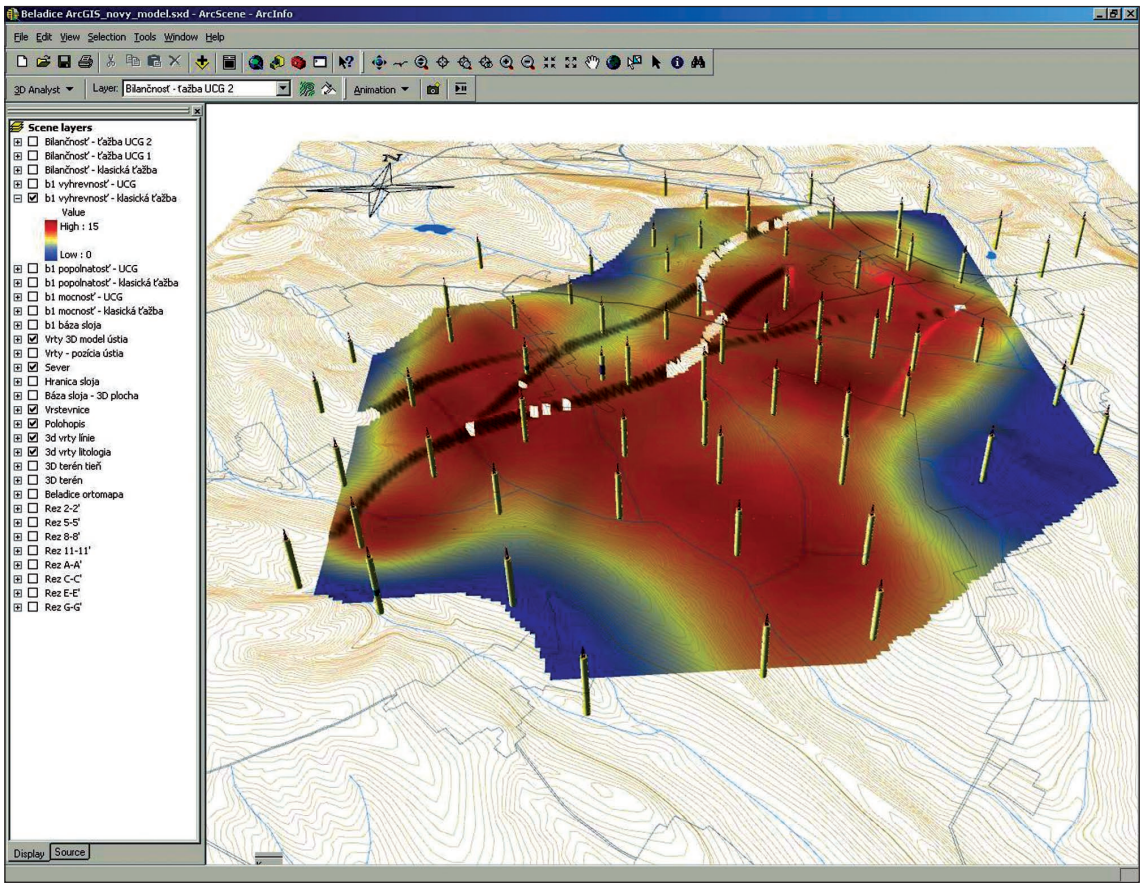
Tab. 2
Štatistické parametre sloja b_1
Statistic parameters of coal seam b_1

	Hrúbka [m]	Obsah vody [%]	Obsah popola [%]	Výhrevnosť [MJ · kg^{-1}]	Obsah síry [%]
Počet analýz	50	50	50	50	50
Minimum	1,00	24,49	14,15	6,39	1,35
Maximum	8,10	41,28	55,70	14,28	17,21
Aritmetický priemer	3,66	30,17	36,22	10,20	3,57
Smerodajná odchýlka	1,92	3,38	8,55	1,81	2,45
Koeficient variácie	0,27	0,48	1,22	0,26	0,35

celková voda, pôvodný popol, popol v sušine, spalné teplo horľaviny, pôvodná výhrevnosť, výhrevnosť v bezvodom stave, obsah prchavej zložky, obsah síry a arzénu v sušine. Konečný údajový súbor určený na štatistické spracovanie obsahoval okolo 700 vzoriek s priestorovými súradnicami. Výsledky štatistickej analýzy pre sloj b_1 sú v tab. 2. Hranice slojov sa vymedzili na základe podmienok využiteľnosti, definovaných pre klasickú ťažbu podľa záverečnej správy Šarkana et al. z roku 1993.

Vytvorenie modelu ložiska podľa kritérií využiteľnosti na klasickú ťažbu

Digitálne sa spracovali topografické mapy územia v mierke 1 : 10 000, mapy prieskumných prác v mierke 1 : 10 000, geologická mapa a geologické rezy v mierke 1 : 10 000. Mapy sa digitalizovali v prostredí CAD systému MicroStation v reálnych 3D súradniciach v JTSK systéme a následne importovali do prostredia GIS (obr. 5). Z týchto



Obr. 9. 3D model výhrevnosti sloja b_1 pri použití podmienok využiteľnosti na klasickú ťažbu.

Fig. 9. 3D model of heating value of coal seam b_1 applying conditions for traditional mining.

údajov sa vytvoril digitálny model terénu (DTM – obr. 5) doplnený o priestorový „model geologickej stavby“ zostavený z geologických rezov. Model je doplnený aj o 3D zobrazenie siete prieskumných vrtov s vyznačením jednotlivých litologických typov v profile vrtu.

Modelovanie morfometrie a kvalitatívnych parametrov sloja b_1 sa realizovalo v prostredí ArcGIS. Zostavili sa modely bázy sloja b_1, hrúbky sloja, popolnatosti a výhrevnosti.

Pri modelovaní bázy sloja sa zohľadnili známe tektonické línie (obr. 3 a 5). Výsledné modely sú prezentované v 3D zobrazení v prostredí ArcGIS – ArcScene (obr. 6 – 9).

Model ložiska pre podmienky využiteľnosti na UCG

Prehodnotenie a spracovanie ložiskových údajov podľa kritérií využiteľnosti na UCG

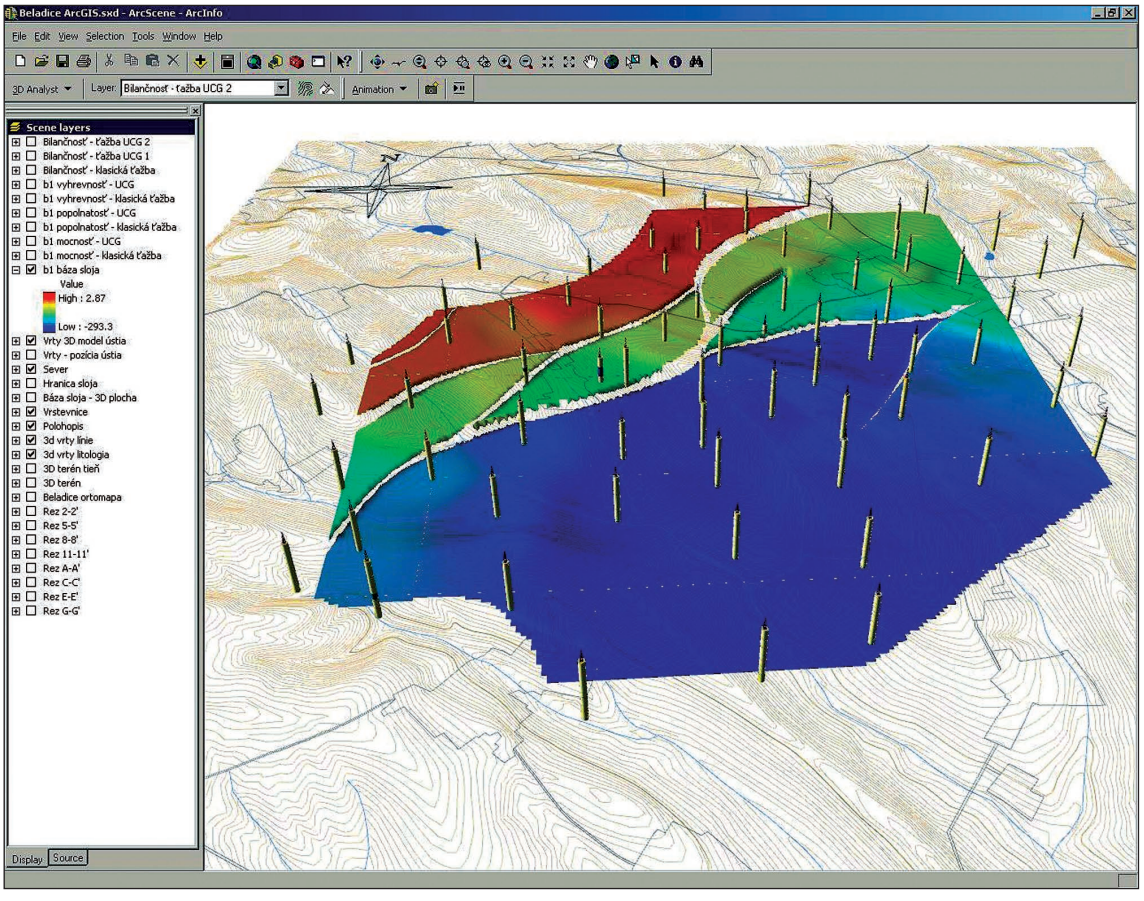
Pre potreby modelovania bilančného vývoja sloja v zmysle podmienok využiteľnosti na podzemné splyňovanie uhlia sa prehodnotilo všetkých 50 pozitívnych vrtov, a to uhlia na podzemné splyňovanie. Po prehodnotení je možné spôsobom uvedeným v časti kritériá výberu ložísk konštatovať, že hranice sloja sa menili z týchto dôvodov:

Tab. 3
Zmeny hrúbky sloja b_1 po prehodnotení
Differences of thickness of coal seam b_1 after reappraiseal

Číslo vrtu	Hrúbka b_1 [m]	Prehodnotená hrúbka b_1 [m]	Zmena [m]
VBE09	2,45	6,35	+3,90
VBE20	2,10	7,85	+5,75
VBE22	4,35	4,95	+0,60
VBE31	6,30	8,95	+2,65
VBE36	3,15	3,60	+0,45
VBE46	3,40	4,70	+1,30
VBE48	2,90	4,30	+1,40
VBE49	3,00	6,40	+3,40

- *možné spojenie viacerých slojov*,
- *rozšírenie hraníc sloja b_1 o nadložie, prípadne podložie*.

Zmena hraníc sloja b_1 sa potvrdila v 8 vrtoch, z toho v 6 prípadoch pre spojenie slojov (VBE9, VBE20, VBE31, VBE46, VBE48, VBE49) a v 2 prípadoch pre rozšírenie sloja o nadložné uhoľné íly (VBE22, VBE36). Porovnanie novej hrúbky sloja, preklasifikovanej podľa kritérií využiteľnosti na UCG, a starej hrúbky v zmysle podmienok využiteľnosti



Obr. 10. 3D model bázy sloja b_1 podľa kritérií využiteľnosti na UCG.

Fig. 10. 3D model of the base of coal seam b_1 applying criteria for UCG.

Tab. 4
Štatistické parametre preklasifikovaného sloja b_1
Statistic parameters of reclassified coal seam b_1

	Hrúbka [m]	Obsah vody [%]	Obsah popola [%]	Výhrevnosť [MJ · kg^{-1}]	Obsah síry [%]
Počet analýz	50	50	50	50	50
Minimum	1,00	24,48	14,14	6,39	1,31
Maximum	8,95	41,28	55,70	14,27	18,40
Aritmetický priemer	4,06	30,04	36,93	10,00	3,84
Smerodajná odchýlka	2,14	3,38	8,47	1,76	3,23
Koeficient variácie	0,30	0,48	1,21	0,25	0,46

na klasickú ťažbu je v tab. 3. Hrúbka sloja v uvedených vrtoch vzrástla o 0,45 m až 5,75 m.

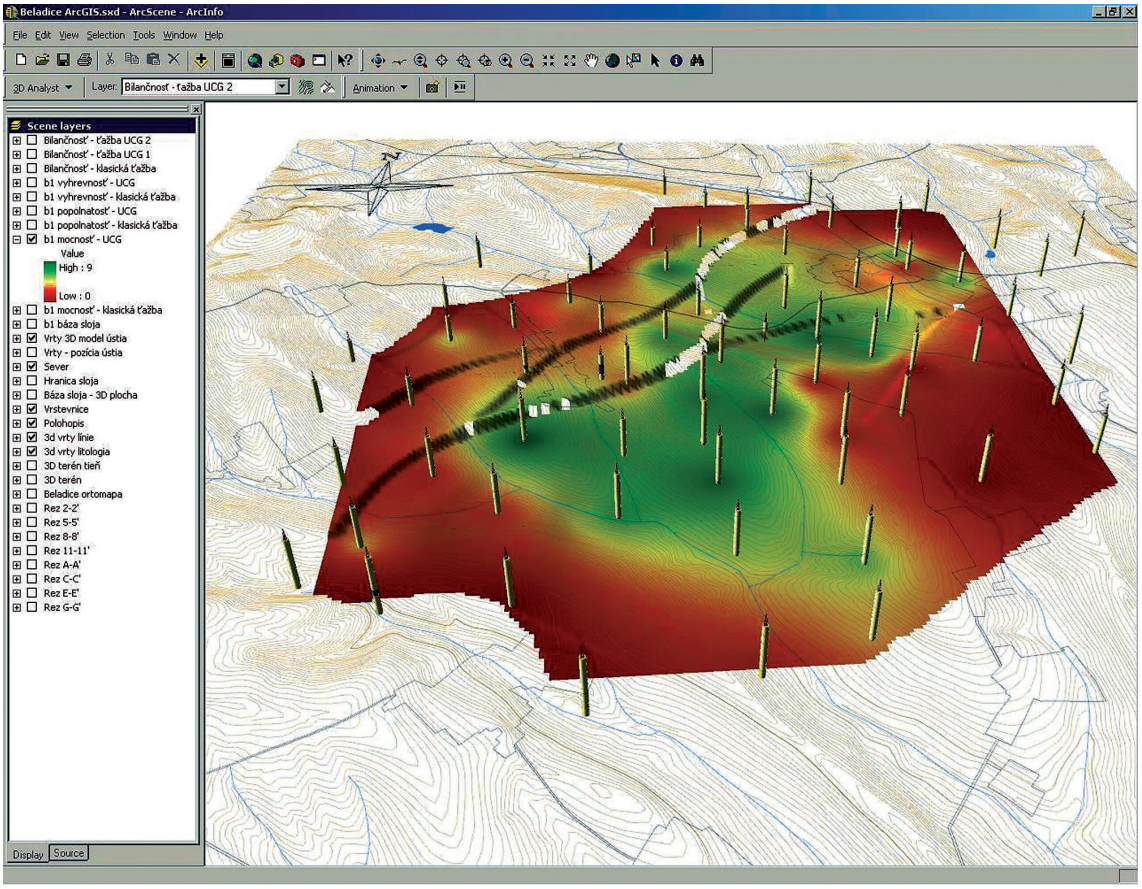
Pre nové vymedzenie slojov sa následne vypočítali základné štatistické parametre. Výsledky štatistickej analýzy týkajúce sa preklasifikovaného sloja b_1 sú v tab. 4.

Vytvorenie modelu ložiska podľa kritérií využiteľnosti na UCG

Model ložiska na podzemné splyňovanie uhlia sa vytvoril rovnakým postupom ako model na klasickú ťažbu. Ako vstupné údaje sa použili prehodnotené údaje. Modelovanie morfometrie ložiska a parametrov kvality sloja b_1 sa taktiež realizovalo v prostredí ArcGIS. Výsledkom sú modely bázy sloja b_1, hrúbky sloja, popolnatosti a výhrevnosti. Pri modelovaní bázy sloja b_1 sa aj v tomto prípade zohľadnili známe tektonické línie. Výsledné modely sú opäť prezentované v 3D zobrazení v prostredí ArcGIS – ArcScene (obr. 10, 11, 12 a 13).

Porovnanie modelov a výsledkov výpočtu

Na základe modelov na obr. 6 až 9 a obr. 10 až 13 sa vytvoril 2D a 3D model bilančného vývoja na klasickú ťažbu a na UCG (obr. 14). Kvôli porovnaniu je na obr. 14



Obr. 11. 3D model hrúbky sloja b_1 podľa kritérií využiteľnosti na UCG.

Fig. 11. 3D model of the thickness of coal seam b_1 applying criteria for UCG.

zelenou a žltou farbou zvýraznený nárast bilančnej plochy sloja v prospech podzemného splyňovania. Ako vidieť z obrázka, oblasť bilančného vývoja sloja b_1 pri zohľadnení kritérií využiteľnosti na UCG by bola väčšia.

V prípade klasickej ťažby s použitím kritérií podľa tab. 1 (Šarkan et al., 1993) je objem vypočítaných geologických zásob sloja b_1 149 185 kt. V prípade ťažby metódou UCG s použitím prehodnotených údajov je objem vypočítaných geologických zásob 200 487 kt. Nárast zásob v prospech ťažby ložiska technológiou UCG je 34 % (tab. 5).

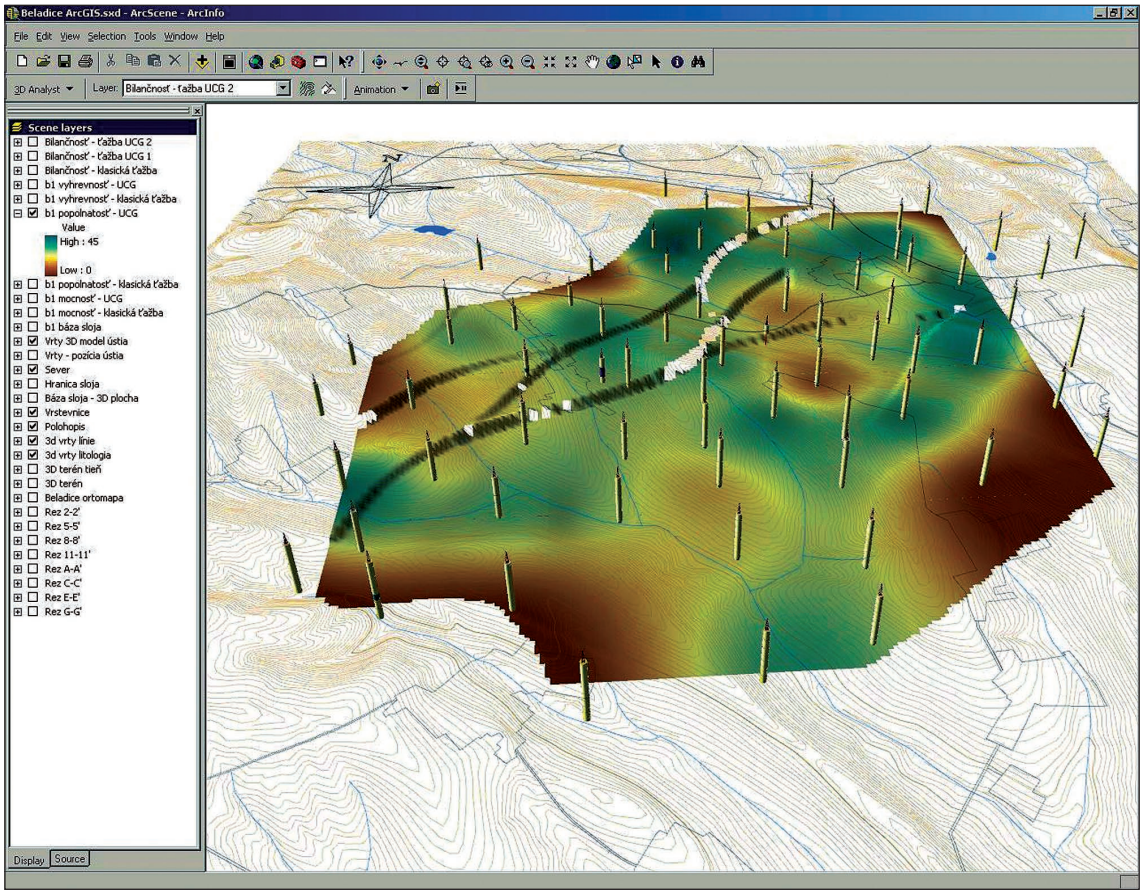
Tab. 5
Vyhodnotenie zmeny parametrov ložiska Beladice pre jednotlivé technológie ťažby
Evaluation of change of parameters of coal deposit Beladice for both technology

	Klasická ťažba	Ťažba UCG	Zmena [%]
Priemerná hrúbka [m]	3,66	4,06	+10,9
Priemerný obsah popola [%]	36,22	36,93	+1,9
Priemerná výhrevnosť [MJ · kg^{-1}]	10,20	10,00	–2,0
Zásoby [kt]	149 185	200 487	+34,4

Záver

Možnosť zvýšenia využitia domácich zdrojov energie je po vstupe Slovenskej republiky do Európskej únie veľmi často diskutovaná problematika. Podzemné splyňovanie uhlia patrí medzi technológie, o ktoré je v EÚ záujem, pretože sa zaraďujú medzi tzv. čisté technológie (Walker, 1999; Lintnerová, 2002). Jeho použitie sa javí ako perspektívne aj na európskych ložiskách. Podzemné splyňovanie sa už odskúšalo na desiatkach európskych ložísk a v roku 1962 aj na jednom slovenskom ložisku – Lakšárska Nová Ves. S vývojom vrtnej techniky v posledných rokoch (predovšetkým usmernených vrtov) sa záujem o technológiu podzemného splyňovania uhlia zvýšil. V niektorých krajinách boli ložiská uhlia, prípadne aj lignitu už prehodnotené s ohľadom na možnosť ich podzemného splyňovania.

Z výsledkov prác prezentovaných v tomto článku jednoznačne vyplýva, že sloj vymedzený na základe kritérií vhodnosti na klasickú ťažbu ako vhodný ešte nemusí byť vyhovujúci aj na podzemné splyňovanie uhlia. Ide najmä o minimálnu hrúbku, minimálnu výhrevnosť a maximálnu popolnatosť, ale aj o definovanie parametrov preplástkov a deliacej vrstvy, ktoré sú pri podzemnom splyňovaní uhlia iné ako pri klasickej hlbinnej ťažbe. Pri prehodnocovaní

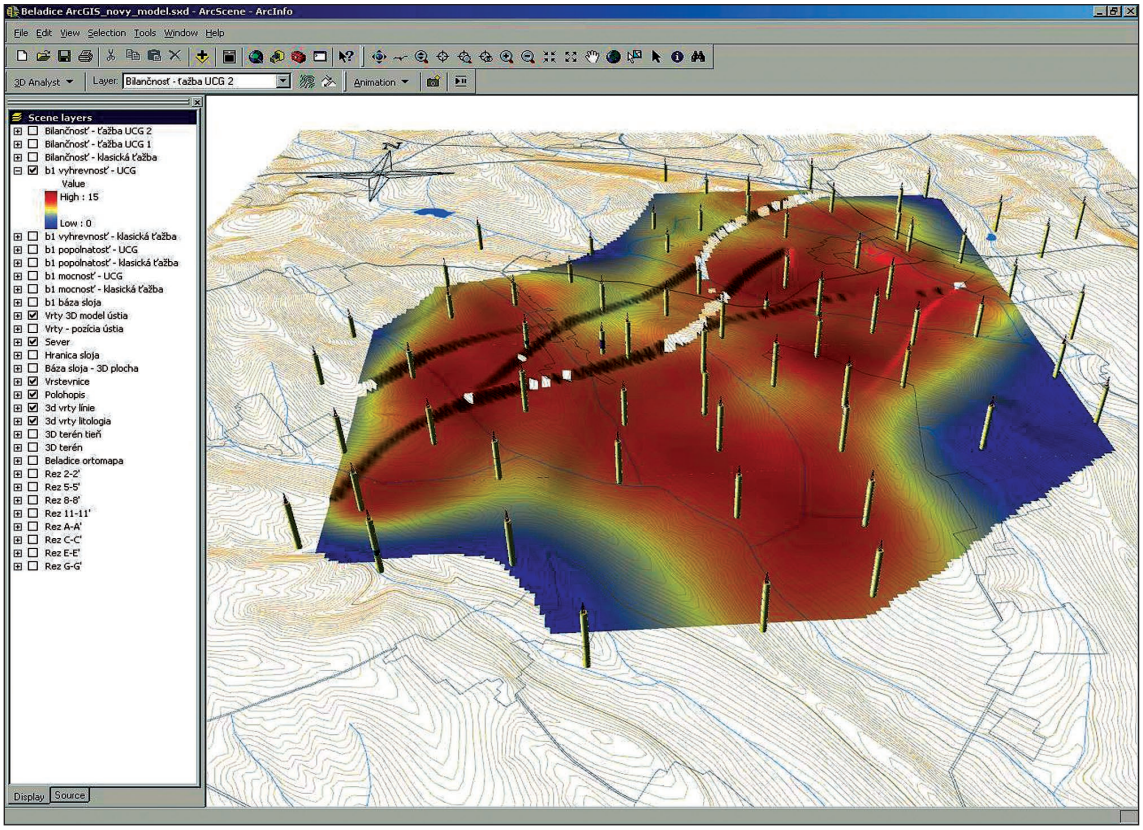


Obr. 12. 3D model obsahu popola v sloji b_1 podľa kritérií využiteľnosti na UCG.

Fig. 12. 3D model of ash content in coal seam b_1 applying criteria for UCG.

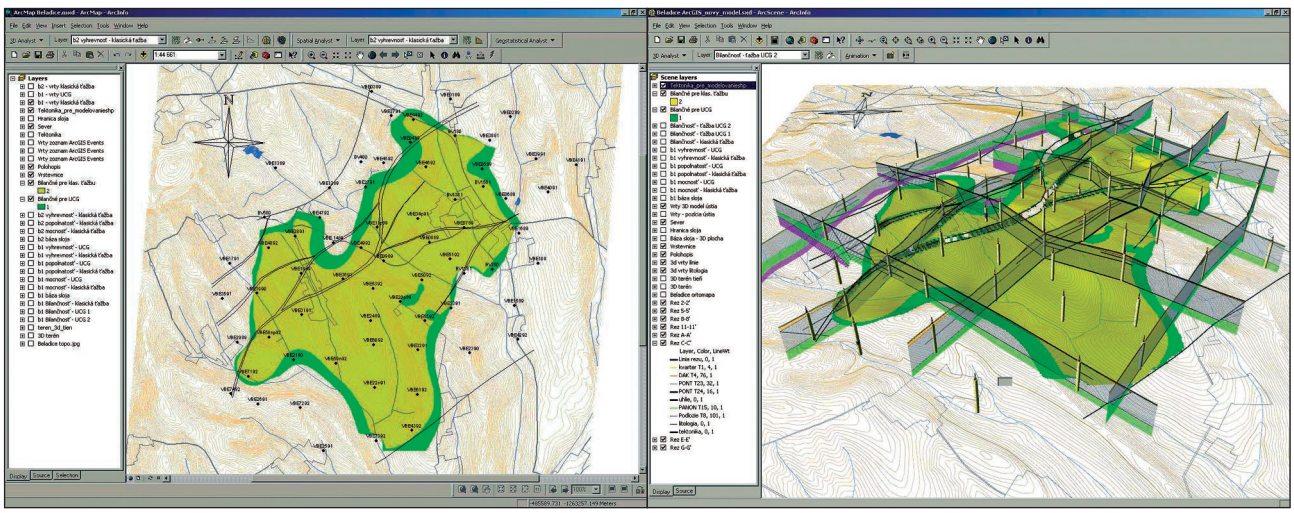
sa obyčajne „posúvajú“ hranice slojov. Sú dôležité pre samotné posudzovanie využiteľnosti, ale aj pre posudzovanie pomeru hĺbky uloženia sloja k hrúbke sloja, ktorý má vplyv na vznik poklesov pri „ťažbe“ podzemným splyňovaním.

Prehodnotením kritických ložiskových parametrov ložiska hnedého uhlia Beladice ako hĺbka, hrúbka, minimálna výhrevnosť a maximálna popolnatosť v zmysle kritérií vhodnosti na UCG sa ukázalo, že ložisko Beladice spĺňa základné podmienky na podzemné splyňovanie.



Obr. 13. 3D model výhrevnosti sloja b_1 podľa kritérií využiteľnosti na UCG.

Fig. 13. 3D model of heating value of coal seam b_1 applying criteria for UCG.



Obr. 14. 2D a 3D model s bilančným vývojom sloja b_1 pre jednotlivé technológie. 1 – vhodné na UCG (žltá a zelená farba), 2 – vhodné na klasickú ťažbu (žltá farba).

Fig. 14. 2D and 3D models depicting economically perspective parts of the coal seam b_1 for particular technologies. 1 – suitable for UCG (yellow and green colours), 2 – suitable for traditional mining (yellow colour).

Pri detailnejšom posudzovaní vhodnosti ložiska je však potrebné zamerať sa aj na ďalšie dôležité charakteristiky ako tektonika či prítomnosť podzemnej vody a pod.

Na základe výsledkov z Beladíc je možné predpokladať, že časť slovenských ložísk vyhovuje špecifickým kritériám na použitie technológie UCG. Ich zaradenie (preklasifikovanie) do tejto kategórie si však vyžaduje ďalšie detailnejšie posudzovanie. Tieto pozitívne výsledky jednoznačne poukazujú na potrebu prehodnotenia všetkých slovenských ložísk lignitu a hnedého uhlia predovšetkým z pohľadu perspektívy možného využitia technológie UCG v blízkej budúcnosti aj na Slovensku.

Tento príspevok vznikol s finančnou podporou grantovej agentúry VEGA v rámci riešenia grantovej úlohy č. 1/0162/08.

Literatúra

Baláž, P. & Kúšik, D., 2008: Nerastné suroviny Slovenskej republiky. *Ročenka 2007. Bratislava, MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Blišťan, P., 1999: Matematická štatistika v geológii. *In: Acta Montan. Slov., roč. 4, č. 2, s. 115 – 123.*

Blišťan, P., 2005: Priestorové modelovanie geologických objektov a javov v prostredí GIS systémov. *In: Acta Montan. Slov., roč. 10, č. 3, s. 296 – 299.*

Blišťanová, M., 2008: Optimalizácia výberu hnedouhoľných ložísk pre podzemné splyňovanie uhlia. [Dizertačná práca.] *Manuskript. Košice, 99 s.*

Blišťan, P. & Kondela, J., 2001: Základy banskej geológie a výpočtu zásob. 1. vyd. *Košice, Elfa, 103 s.*

Boyd, R. M., Fischer, D. D., Humphrey, A. E., King, S. B. & Whitman, D. L., 1981: US Patent – Method for *in situ* coal gasification operations. December.

Burton, E., Friedmann, J. & Upadhye, R., 2006: Best Practices in Underground coal gasification. *Lawrence Livermore National Laboratory, 119 p.*

Cehlár, M., Engel, J., Mihok, J. & Rybár, R., 2006: Surface mining. 1. vyd. *Košice, FBERG TU, 347 p.*

Csiro, 2006: Grondwater & surface ompacts. Presentation on Meeting of Indo-US Working group on Coal, Kalkata, India.

Energetická politika SR. Bratislava, Ministerstvo hospodárstva SR, január 2006.

Lamb, G., 1977: Underground coal gasification. *Energy Technology review no. 14, New Jersey, USA, 255 p.*

Lintnerová, O., 2002: Vplyv ťažby nerastných surovín na životné prostredie. Vysokoškolská učebnica – 1. vyd. *Bratislava, Univerzita Komenského, 160 s.*

Perkins, G., 2005: Mathematical modelling of underground coal gasification. PhD. Work.

Rybár, P., Cehlár, M. & Tréger, M., 2000: Oceňovanie ložísk nerastných surovín. 1. vyd. *Košice, FBERG TU, 136 s.*

Rybár, P., Cehlár, M., Engel, J. & Mihok, J., 2005: Evaluation of mineral deposits. *Košice, Edičné stredisko/AMS, 136 s.*

Sasvári, T., Blišťanová, M., Pinka, J., Kondela, J., Vizi, L., Sidorová, M., Wittenberger, G. & Škvareková, E., 2007: Možnosti získavania energetického plynu z uhoľných ložísk. 1. vyd. *Košice, Edičné stredisko, TU v Košiciach, FBERG, 168 s.*

Stratégia energetickej bezpečnosti SR. Bratislava, Ministerstvo hospodárstva SR, september 2007.

Šarkan, J., Brullová, M., Jezný, M., Vondráček, L. & Bondarenková, A., 1993: Záverečná správa Beladice – lignit. Stav k 31. 8. 1993. *Manuskript. Spišská Nová Ves, Geol. priesk.*

Staněk, F., 2005: Tvorba modelu ložiska uhlí a způsoby jeho hodnocení. *Ostrava, Sbor. věd. Prací. Vys. školy báň., LI,, Monografie 14 s.*

Staněk, F. & Kajzar, V., 2005: Vliv typu statistické distribuce ložiskových údajů na model ložiska nerostných surovin. *In: Sbor. věd. Prací Vys. školy báň. (Ostrava), Ř. horn.-geol., roč. LI, č. 2, s. 79 – 88.*

Staněk, F., Honěk, J. & Hoňková, K., 2007: Jihomoravský lignitový revír a postup tvorby jeho digitálního modelu. *In: Acta Montan. Slov., roč. 12, č. 3, s. 255 – 264.*

Surry, M., White, M., Kirton, J., Carr, P. & Woodbridge, R., 2004: Review of Environmental Issues of Underground coal gasification. Report No. COAL R273 DTI / Pub URN 04/1881.

Walker, L., 1999: Underground coal gasification: A clean coal technology ready for development. The Australien coal review, October 1999.

www1 - www.enviroportal.sk

Rukopis doručený 31. 3. 2009
Revidovaná verzia doručená 19. 5. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

The appraisal of economic indicators of coal deposits for underground coal gasification in the case of Beladice lignite deposit (Danube Basin, Slovakia)

Slovak Republic is poor in primary energy sources. Approximately 90 % of primary energy sources are imported. The most important domestic energy sources are coal and lignite. In register of Slovak deposits 19 deposits of coal and lignite are registered and only 5 of them are actually mined (Baláž and Kúšik, 2008). It is the reason of seeking for a new technology for economic use of coal deposits. Underground coal gasification (UCG) belongs to clean coal technologies and it is suitable for non-economic deposits too. The UCG was already tested in one Slovak deposit – Lakšárska Nová Ves in 1962.

For first appraisal the following parameters are important; characterizing coal seam (depth, thickness, dip; Burton et al., 2006). Using experiences from USA, Austria and Great Britain the criteria for appraisal were compiled and used for reappraisal of deposit Beladice. This important deposit of lignite is located in north-eastern part of Danube Basin (Fig. 2).

The complex database about deposit was prepared for appraisal of lignite deposit for UCG. It confirmed the increase the reserves favouring UCG. Because of complicated geological setting of the deposit, for appraisal and modelling only one seam was selected – b_1. From the data from the coal seam b_1 statistic parameters were calculated, which satisfied for traditional mining methods and consequently for UCG technology. There were prepared 2D and 3D models of economic evolution of coal seam for both methods (Fig. 14). The models were prepared using analytic tools of ArcGIS. The result of the calculation was an increase of coal reserves by approximately 34 % favouring UCG technology (Tab. 5).

The presented results in this article indicate that parameters of coal seam are different for both technologies. The main different areas are minimal heating value, minimal content of ash and thickness of clay bed. The appraisal of coal seam usually changes limits of coal seam. On the ground of our study, some coal or lignite deposits may satisfy the UCG technology. These positive results show that detail research is necessary for appraisal of particular coal deposit for a new technology (Blišťanová, 2008).

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 267 – 274
ISSN 0369-2086

Závislosť technologických vlastností grafitonosných hornín od stupňa ich metamorfózy

JÁN DERCO[1], ĽUBOMÍR TUČEK[1], KATARÍNA ČECHOVSKÁ[1], ZOLTÁN NÉMETH[1] a JÁN DERCO ml.[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, regionálne centrum, odd. Aplikovanej technológie nerastných surovín, Jesenského 8, 040 01 Košice
[2]Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií Technickej univerzity Košice, Boženy Němcovej 32, 040 01 Košice

Dependance of technological parameters of graphite-bearing rocks on their metamorphic grade

Regional metamorphism predetermines the quality of graphite, and related technological parameters of graphite-bearing metamorphic rocks. The principal factor is the metamorphic grade, being dependent on metamorphic temperature. Increased metamorphic temperature caused higher crystallinity of carbon matter – the graphite, strongly improving the technological parameters and modifiability of graphite-bearing rocks.

The best technological parameters were found in the case of graphite-bearing katazonal metamorphic rocks. The graphite contents in flotation concentrates are 67 – 77 % at 19 – 24--multiple enrichment.

The epizonal graphite-bearing rocks were problematic and non-perspective. Obtained "graphite" contents in flotation concentrates were 20.1 – 27.9 % at 4.8 – 6.5-multiple enrichment, and "graphite" with its composition represented the coal substance.

Key words: graphite, graphite-bearing rocks, antracite, metamorphic grade, technological parameters, dressing-possibilities, flotation, concentrate, waste

Úvod

Procesy regionálnej metamorfózy určujú kvalitu grafitu a predurčujú technologické vlastnosti grafitonosných metamorfovaných hornín. Prírodný grafit je produkt geologických procesov v rôznych etapách geologického vývoja územia. Z ložísk grafitu sú najrozšírenejšie ložiská metamorfogénneho pôvodu a patria k nim aj výskyty grafitu na Slovensku. Rozhodujúcim faktorom vzniku grafitu je teplota metamorfného procesu. Čím vyššia je teplota metamorfózy, tým vyšší je stupeň kryštalinity grafitu a vyššia je aj jeho kvalita.

Výskytom a formám uhlíka v rôznych typoch metamorfovaných hornín nachádzajúcich sa v útvaroch Slovenska sa venovali Šengelia et al. (1978) a Pulec (1989). Ich práce boli zamerané predovšetkým na určovanie teplotných podmienok metamorfózy pomocou grafitového geotermometra. Pulec (1989) naznačuje určité možnosti výskytov perspektívnych akumulácií kryštalického grafitu. Podrobne bol spracovaný vzťah medzi stupňom kryštalinity grafitu, jeho termickou stabilitou a mineralogickou charakteristikou v závislosti od stupňa metamorfózy (Derco et al., 2008).

Poznanie vzťahu medzi regionálnou metamorfózou a stupňom kryštalinity grafitu je dôležité aj pre posúdenie jeho úpravy a využitia. Prvým krokom pri riešení danej problematiky na Slovensku by mali byť výsledky tejto práce.

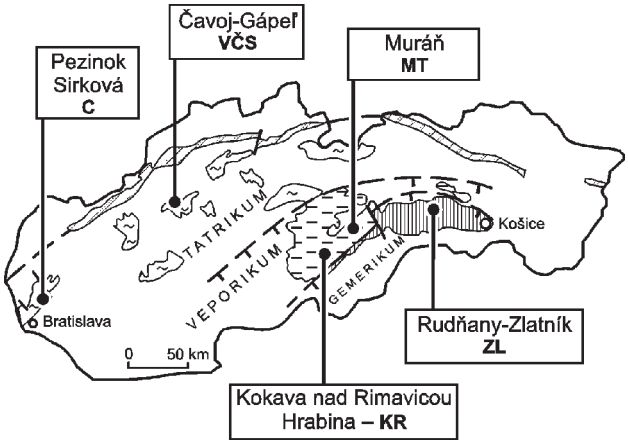
Odber a lokalizácia vzoriek

Skúmanie vzťahu regionálnej metamorfózy a technologických vlastností grafitu sa realizovalo na vzorkách vysokoteplotne, strednoteplotne a nízkoteplotne metamorfovaných hornín.

Vysokoteplotnú (katazonálnu) metamorfózu reprezentovali vzorky grafitických kvarcitov na kontakte s variskými granitoidmi, odobrané z lokality Muráň (MT) a Kokava nad Rimavicou (KR). Vzorka z katastrálneho územia Muráň sa odobrala 5 km na JZ od obce v okolí kóty 978 m. Vzorka z lokality Kokava nad Rimavicou sa odobrala v priestore Hrabiny 2,5 km na SZ od Kokavy nad Rimavicou (obr. 1). Obe vzorky reprezentujú horninový materiál z veporika.

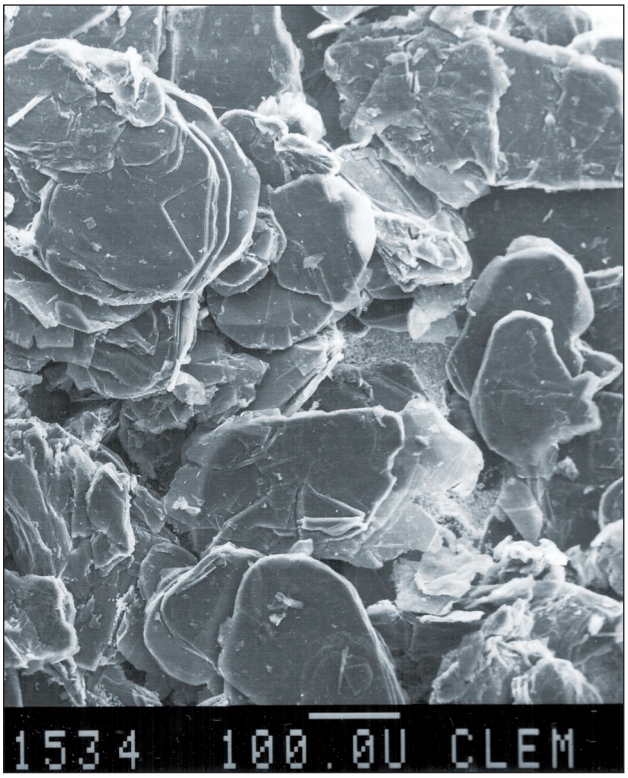
Strednoteplotnú (mezozonálnu) metamorfózu reprezentovala vzorka z lokality Čavoj-Gápeľ (VČS) v tatriku. Bola odobraná z vrtu VČS-1 a patrí ku kataklázovanému svoru.

Nízkoteplotnú (epizonálnu) metamorfózu zastupovali vzorky odobrané z tatrika Malých Karpát zo štôlne Sirková (C) a tiež z gemerika z lokality Rudňany-Zlatník (ZL), jama Zlatník, 10. horizont, smerná chodba. Vzorky reprezentovali grafitické fylity.



Obr. 1. Lokalizácia odberu skúmaných grafitonosných vzoriek.

Fig. 1. Location of investigated graphite-bearing rocks.



Obr. 2. Monokryštály grafitu. Lokalita Muráň, vz. MT, transmisný elektrónový mikroskop.

Fig. 2. Graphite monocrystals. Locality Muráň, sample MT, TEM.

Mineralogická charakteristika grafitu

Zo vstupných vzoriek sa separačnými metódami získali koncentráty grafitu, ktoré sa podrobili mineralogickému výskumu rtg. difrakčnou analýzou, termickou analýzou, rozborom výbrusov v polarizačnom mikroskope a pozorovaním v transmisnom elektrónovom mikroskope (Derco et al., 2008).

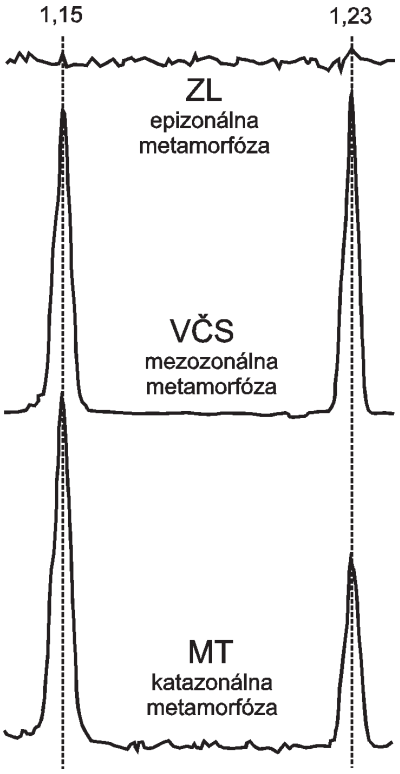
Grafit vysokoteplotnej metamorfózy (Muráň a Kokava nad Rimavicou) má monokryštalický, idiomorfný a pseudohexagonálny tvar (obr. 2). Veľkosť monokryštálov je 0,02 až 0,63 mm. Podrobná zrnitostná skladba niektorých grafitových koncentrátov po flotačnej a následnej chemickej úprave sa stanovila sitovou analýzou (tab. 1). Kryštálová štruktúra grafitu sa blíži k dokonalej teoretickej štruktúre. Stupeň kryštalinity podľa Taylora (1965), určený pomerom intenzity reflexov (I_{112}/I_{110}) z rtg. difrakčného záznamu monokryštalického grafitu, je 1,54 – 1,66 (obr. 3).

Termická stabilita grafitu podľa DTA-TG sa vyznačuje exotermou s počiatkom pri 615 °C, vrcholom pri 860 až 870 °C a skončením pri 970 °C (obr. 4 a 5). Grafit sa viaže prevažne na kremeň. Obsah grafitu vo vstupoch je 2,75 a 3,94 % a obsah grafitu v koncentrátoch po flotačnej a chemickej úprave je vyšší ako 97 % (tab. 2 a 3).

Grafit strednoteplotného stupňa metamorfózy (Čavoj-Gápeľ) má hypidiomorfný až xenomorfný tvar (obr. 6). Monokryštály sú hrubšie a tvoria skôr súbor tenkých šupinatých agregátov s veľkosťou 0,009 – 0,020 mm, priemerne okolo 0,01 mm. Kryštálová štruktúra grafitu má podľa Taylora (1965) stredný stupeň kryštalinity 1,05 (obr. 3). Termická stabilita grafitu podľa DTA-TG sa vyznačuje exotermou s počiatkom pri 505 – 510 °C, vrcholom pri 720 °C a skončením exotermickej reakcie pri 860 °C (obr. 4 a 5). Grafit sa viaže na všetky minerály horniny. Obsah grafitu vo vstupe je 4,86 %.

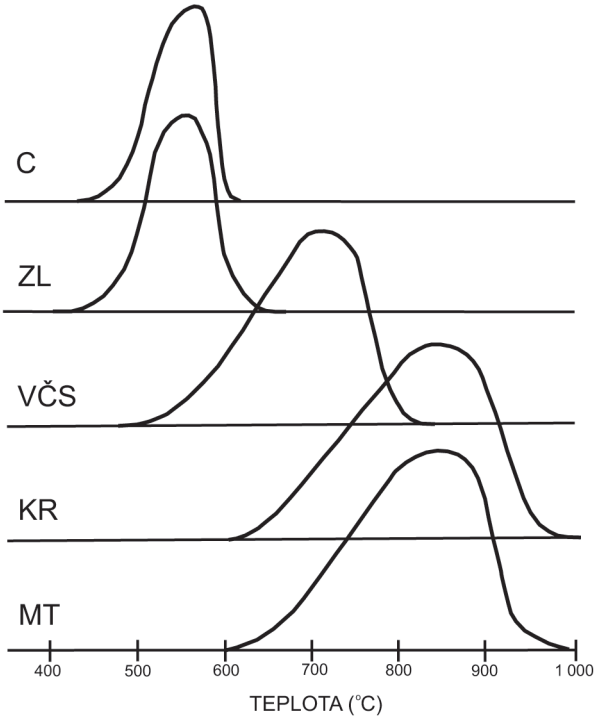
Tab. 1
Zrnitostné zloženie grafitu vysokoteplotnej (katazonálnej) metamorfózy (lokality Muráň a Kokava nad Rimavicou)
Grain-size of graphite of high-temperature (katazonal) metamorphism (localities Muráň and Kokava nad Rimavicou)

Zrnitostná trieda (mm)	Zrnitostné zloženie grafitových koncentrátov (hm. %)			
	MT – Muráň – Tisovec		**KR** – Kokava nad Rimavicou	
	1	2	1	2
C org.	**96,51**	**96,02**	**96,65**	**97,5**
viac ako 0,125	18,12	26,87	5,65	11,81
0,071 – 0,125	29,17	26,74	34,3	41,16
0,045 – 0,071	25,93	18,86	21,99	18,22
menej ako 0,045	26,78	27,53	38,06	28,81
Spolu	100	100	100	100



Obr. 3. Rtg. difrakčná analýza grafitu zvýrazňujúca rozdielny charakter reflexov 1,15 a 1,23 nm (I_{112}/I_{110}) pre nízkoteplotnú (epizonálnu), strednoteplotnú (mezozonálnu) a vysokoteplotnú (katazonálnu) metamorfózu na lokalitách Zlatník (Z), Čavoj-Gápeľ (VČS) a Muráň (MT).

Fig. 3. X-ray diffraction analysis of graphite visualizing different character of reflexes 1.15 and 1.23 nm (I_{112}/I_{110}) for low-temperature (epizonal), medium-temperature (mesozonal) and high-temperature (katazonal) metamorphism in localities Zlatník (Z), Čavoj-Gápeľ (VČS) and Muráň (MT).



Obr. 4. Porovnanie DTA kriviek skúmaných vzoriek indikujúcich termickú stabilitu grafitov a narastajúci stupeň kryštalinity s narastajúcim stupňom termickej metamorfózy.

Fig. 4. Comparison of DTA records of investigated samples indicating thermic stability of graphite and increasing crystallinity with increasing thermic metamorphism.

Kryštály kryptokryštalického (amorfného) grafitu (Baláž a Kúšik, 2008) nízkoteplotného – epizonálneho – stupňa metamorfózy (Malé Karpaty, Spišsko-gemerské rudohorie) majú submikroskopické rozmery s veľkosťou menej ako 0,003 mm. Stupeň kryštalinity grafitu podľa Taylora (1965) je 0. Termická stabilita podľa DTA-TG sa vyznačuje exotermickou krivkou s počiatkom pri 430 až 470 °C, vrcholom pri 560 – 640 °C a skončením pri 710 až 730 °C (obr. 4 a 5). Podobné termické vlastnosti zistili už András a Horváth (1985). Doložili intenzívny exotermický vrchol uhlíkatej hmoty pri teplote 540 – 560 °C. Podľa Kleinertovej (1975), ktorá analyzovala organickú hmotu fylitov Malých Karpát, ide o substanciu blízku antracitu (95 %) s prímesou bitúmenov (4 – 5 %) a humínov (0 – 1 %). Podľa uvedených výsledkov tu ide už o uhoľnú substanciu, a nie grafit. Podľa Suka (1979) uhlíkatá substancia podľa DTA-TG s vrcholom exotermickej reakcie okolo 550 °C sa považuje za metaantracit až málo usporiadaný grafit.

Technologické vlastnosti grafitonosných hornín

Grafitonosná hornina v ťaženom stave často nespĺňa kvalitatívne požiadavky na priemyselné využitie, a preto sa grafitový produkt požadovanej kvality získava jej úpravou. Základná úpravnícka metóda kryštalického grafitu je flotácia produktu, ktorý sa získal zo vstupnej suroviny v procese zdrobňovania, triedenia a mletia (obr. 7). Na dočisťovanie grafitového koncentrátu sa používa chemická úprava, prípadne elektromagnetická separácia. Gravitačné spôsoby úpravy (napr. protiprúdové triedenie, koncentračný splav) nepriniesli očakávané výsledky z hľadiska kvality grafitových koncentrátov.

Séria flotačných skúšok bola zameraná na prípravu grafitových koncentrátov so sledovaním vplyvu technologických parametrov flotácie (zahustenie flotačného rmutu, pH flotačného prostredia, typ a spotreba reagencií, počet prečisťovacích flotácií a ich trvanie). Po zhodnotení výsledkov skúšok sme dospeli k laboratórnej schéme úpravy pozostávajúcej zo základnej flotácie a troch prečisťovacích flotácií (obr. 7).

Najlepšie výsledky optimálnych flotačných schém preukázali, že z grafitonosnej horniny lokality Muráň je možné pri obsahu grafitu vo vstupnej vzorke 2,75 % pripraviť koncentrát s obsahom grafitu 66,7 %. To prakticky znamená 24,3-násobné obohatenie (tab. 2). Z lokality Kokava nad Rimavicou pri podaní 3,94 % grafitu sa pripravil

Tab. 2
Výsledky flotácie grafitonosných, katazonálne až epizonálne metamorfovaných hornín
Results of flotation of graphite-bearing katazonal to epizonal metamorphic rocks

Lokalita	Druh produktu úpravy	Hmotnostný výnos produktu (%)	C org. (%)	Výťažnosť C org. (%)
MT – Muráň – Tisovec	podanie	100,00	**2,75**	100,00
(katazonálna metamorfóza)	koncentrát	2,93	**66,70**	71,07
	medziprodukt	5,13	9,70	18,10
	odpad	91,94	0,324	10,83
KR – Kokava nad Rimavicou	podanie	100,00	**3,94**	100,00
(katazonálna metamorfóza)	koncentrát	3,25	**76,79**	63,34
	medziprodukt	6,68	18,52	31,40
	odpad	90,07	0,23	5,26
VČS – Čavoj-Gápeľ	podanie	100,00	**4,86**	100,00
(mezozonálna metamorfóza)	koncentrát	3,75	**64,45**	49,73
	medziprodukt	17,13	8,63	30,41
	odpad	79,12	1,22	19,86
C – Pezinok-Sirková	podanie	100,00	**4,19**	100,00
(epizonálna metamorfóza)	koncentrát	4,17	**20,16**	20,06
	medziprodukt	21,52	1,62	8,32
	odpad	74,31	4,038	71,62
ZL – Rudňany – Zlatník	podanie	100,00	**4,27**	100,00
(epizonálna metamorfóza)	koncentrát	2,82	**27,95**	18,46
	medziprodukt	14,44	1,86	6,29
	odpad	82,74	3,883	75,25

Tab. 3
Chemické zloženie vstupných vzoriek, grafitových koncentrátov a odpadu
Chemical composition of lodgements, graphite concentrates and tailings

Chemická zložka	Chemické zloženie produktov úpravy (hm. %)					
	MT – Muráň – Tisovec			**KR** – Kokava nad Rimavicou		
	Vstup. vz.	Koncentrát*	Odpad	Vstup. vz.	Koncentrát*	Odpad
SiO_2	89,25	0,47	90,75	82,46	0,95	84,99
TiO_2	0,13	0,05	0,14	0,26	0,11	0,26
Al_2O_3	3,20	0,18	2,67	5,92	0,33	5,76
Fe_2O_3	3,10	0,08	3,09	2,73	0,33	3,04
CaO	0,14	0,05	0,16	0,27	0,13	0,05
MgO	0,25	0,02	0,21	0,34	0,05	0,31
Na_2O	–	0,01	0,04	0,11	0,01	0,16
K_2O	–	0,01	0,83	1,63	0,01	1,71
str. žíh.	3,38	99,32	3,02	5,52	97,65	3,57
S (celk.)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
C org.	2,75	99,08	0,324	3,94	96,97	0,23
N	–	0,05	–	–	0,05	–
H	–	0,05	–	–	0,05	–

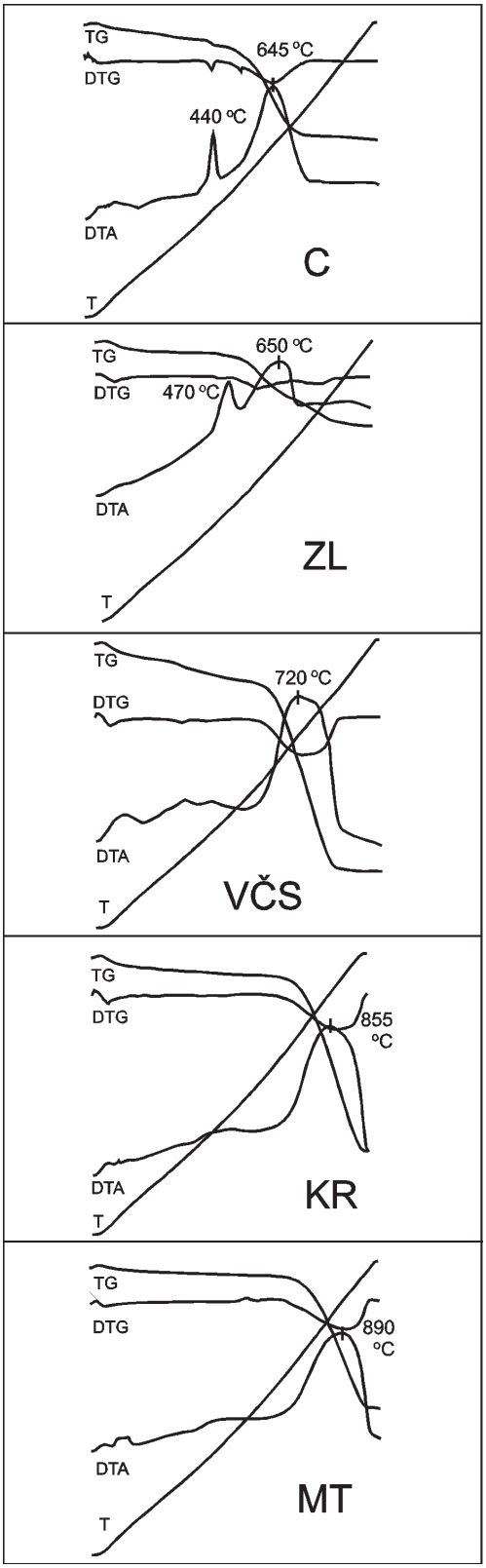
* Koncentráty po chemickej kyslej úprave/Concentrates after chemical acid benefication

koncentrát s obsahom grafitu 76,79 %. Obohatenie bolo 19,5-násobné. Pri hodnotení výťažnosti treba poznamenať, že išlo o flotáciu v otvorenom cykle. Pre výťažnosť je rozhodujúci obsah grafitu v odpade po základnej a kontrolnej flotácii, keď obsah grafitu v odpade bol zhruba nižší ako 0,3 % pri výťažnosti 5,26, resp. 10,83 %. Výsledky chemického zloženia podania kyslou cestou do upravených koncentrátov a flotačného odpadu sú uvedené v tab. 3.

Z grafitonosnej horniny lokality Čavoj-Gápeľ pri obsahu grafitu vo vstupnej vzorke 4,86 % je možné pripraviť koncentrát s obsahom grafitu 64,45 %, čo znamená 13,3-násobné obohatenie. Odpad obsahuje 1,22 % grafitu pri výťažnosti 19,86 % (tab. 2).

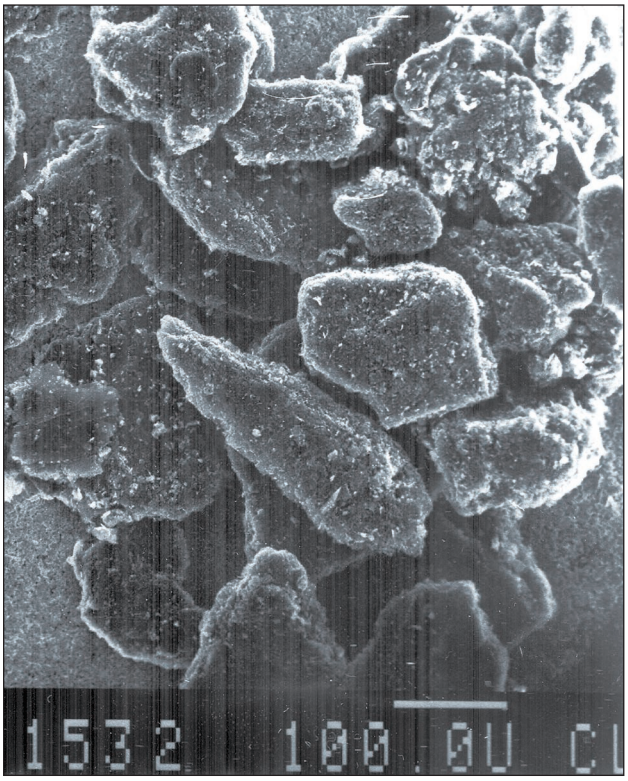
Kvôli praktickému potvrdeniu záverov o skúmanom vzťahu sa flotačnej úprave podrobili aj vzorky z epizonálne metamorfovaných hornín Malých Karpát a Spišsko-gemerského rudohoria. Dosiahnuté výsledky poukazujú na veľmi slabé flotačné vlastnosti kryptokryštalického grafitu (tab. 2). Získané koncentráty mali obsah „grafitu“ 20,16 %, resp. 27,95 % pri 4,8-násobnom, resp. 6,5-násobnom obohatení. Efektivita flotácie z pohľadu výťažnosti grafitu do koncentrátov, resp. z hľadiska obsahu grafitu a hodnôt výťažnosti z odpadu je nízka, pretože v nich ostáva 71 – 75 % úžitkovej zložky.

Dosiahnuté výsledky poukazujúce na vzťah stupňa metamorfózy a technologických vlastností grafitonosných hornín sú znázornené na obr. 8.



Obr. 5. DTA-DTG-TG analýzy skúmaných vzoriek grafitických hornín.

Fig. 5. DTA-DTG-TG analyses of investigated samples of graphite-bearing rocks.



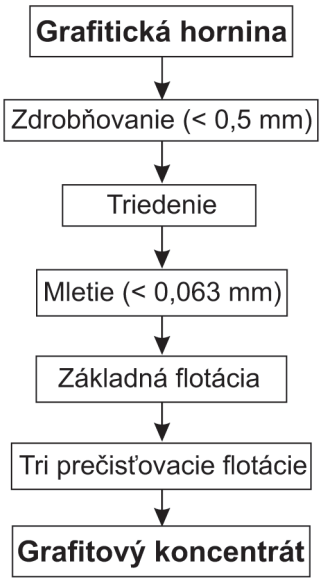
Obr. 6. Monokryštály grafitu. Lokalita Čavoj-Gápeľ, vz. VČS, transmisný elektrónový mikroskop.

Fig. 6. Graphite monocrystals. Locality Čavoj-Gápeľ, sample VČS, TEM.

Na základe prezentovaných výsledkov a mineralogickej charakteristiky grafitu možno skúmané grafitonosné horniny rozdeliť na dve skupiny.

Do prvej skupiny patria vzorky katazonálne a mezozonálne metamorfovaných hornín. Z technologického hľadiska najperspektívnejšie sú vysoko kryštalinické grafity s vhodnou zrnitosťou a vysokou čistotou, viazané na katazonálne metamorfované horniny. Zaujímavé sú aj grafitonosné mezozonálne metamorfované horniny. Z hľadiska upraviteľnosti flotáciou je tento typ zložitejší, a to z dôvodu charakteru grafitu (kryštalinita), veľkosti monokryštálov a minerálneho zloženia horniny.

Do druhej skupiny patria grafitonosné epizonálne metamorfované horniny. Prítomný grafit je kryptokryštalický a má koloidný charakter častíc. Veľkosť častíc je menšia ako 0,003 mm. Kryptokryštalický grafit má podľa Taylora (1965) stupeň kryštalinity 0. V tomto prípade ide o uhoľnú substanciu typu antracitu (95 %) (Kleinertová, 1975), resp. metaantracitu až málo usporiadaného grafitu (Suk, 1979). Ide o ťažko upraviteľnú „grafitonosnú“ horninu. Vzhľadom na spomínané vlastnosti ide o neperspektívnu a z hľadiska využitia „grafitu“ problematickú horninu.



Obr. 7. Schéma technológie úpravy grafitonosných hornín.

Fig. 7. Scheme of dressing technology of graphite-bearing rocks.

Záver

Grafit sa zaraďuje medzi významné technické nerasty. Za grafitovú surovinu sa považujú všetky horniny s podstatným obsahom grafitu, ktorý je spravidla možné aplikovať po jeho úprave.

Vlastnosti, použitie a využívanie prírodného grafitu závisia najmä od stupňa kryštalinity grafitu a veľkosti a tvaru monokryštálov. Rozhodujúcim faktorom vplývajúcim na tieto vlastnosti je teplota metamorfného procesu – stupeň metamorfózy.

Dosiahnuté výsledky úpravy vzoriek flotáciou preukázali, že najlepšie technologické vlastnosti majú katazonálne metamorfované grafitonosné horniny. Pri obsahu grafitu 2,7 – 3,9 % vo vstupnej vzorke sa flotačnou úpravou pripravili koncentráty s obsahom grafitu asi 67 – 77 % pri zhruba 24- až 19-násobnom obohatení.

Zaujímavé technologické vlastnosti majú aj mezozonálne metamorfované grafitonosné horniny. Pri obsahu grafitu vo vstupnej vzorke 4,86 % sa pripravil koncentrát s obsahom grafitu 64,45 % so zhruba 13-násobným obohatením. Obsah grafitu v odpade je relatívne nízky (1,2 %). Z hľadiska upraviteľnosti je tento typ zložitejší. Je to spôsobené kryštalinitou grafitu, veľkosťou monokryštálov a charakterom horniny.

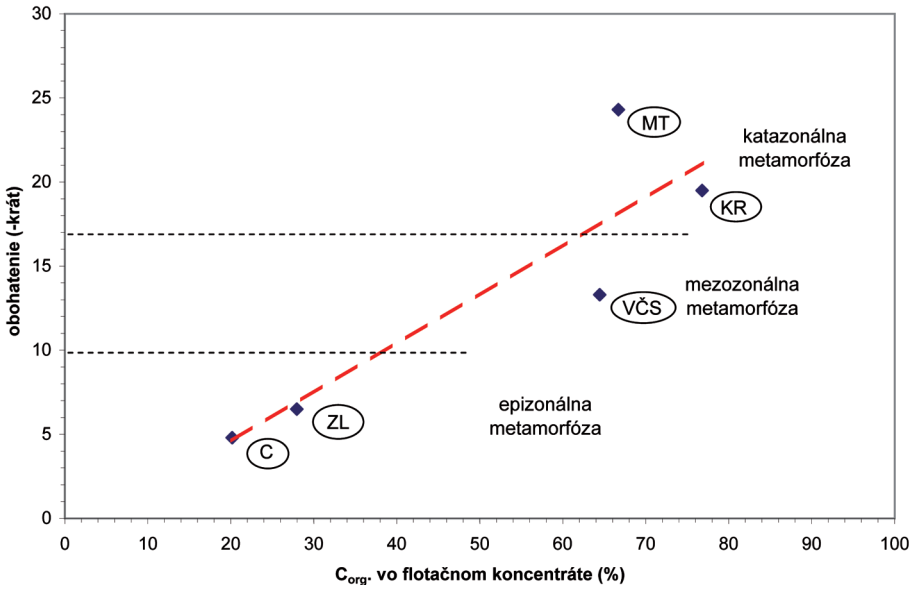
Za problematické a neperspektívne horniny z hľadiska technologických vlastností a ťažkej upraviteľnosti možno považovať epizonálne metamorfované horniny s uhlíkatou substanciou (metaantracit až málo usporiadaný grafit). Získané koncentráty majú obsah kryptokryštalického grafitu 20,1 %, resp. 27,9 % a dosiahne sa 4,8-, resp. 6,5--násobné obohatenie. Kryptokryštalický grafit má stupeň kryštalinity 0. Efektivita jeho získavania flotačnou úpravou je z praktického hľadiska neperspektívna.

Literatúra

Baláž, P. & Kúšik, D., 2008: Nerastné suroviny Slovenskej republiky. *Bratislava, MŽP SR – Št. Geol. Úst. D. Štúra, 91 – 93.*

Biske, N. S., 1987: Vlianije regionalnovo metamorfizma na technologičeskije svojstva grafitonosnych porod. *In: Technologičeskaja mineralogija glavnejšich promyšlených tipov mestorožděnij. Leningrad, Izd. Nauka, 183 – 188.*

Derco, J., Németh, Z. & Derco, J. ml., 2008: Grafitizácia uhlíkatých látok pri metamorfóze západokarpatských hornín. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 40, 113 – 120.*



Obr. 8. Vzťah medzi stupňom metamorfózy a technologickými vlastnosťami (upraviteľnosťou) grafitonosných hornín.

Fig. 8. Relation between grade of metamorphism and technological parameters (modifiability) of graphite-bearing rocks.

KLEINERTOVÁ, V., 1975: Výskum organickej hmoty v horninách na príklade vzoriek bridlíc z kryštalinika Malých Karpát. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 7, 1 – 2, 125 – 128.*

PETRO, M., 1998: Kokava nad Rimavicou – grafit. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

PULEC, M., 1989: Výskyt kryštalického grafitu v pararulách, granitoidoch, pegmatitoch, aplitoch kryštalinika Západných Karpát. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 1, 21, 53 – 57.*

PUTIŠ, M., 2004: Petrografia metamorfovaných hornín. *Bratislava, PriF UK, 130 s.*

SUK, M., 1979: Petrologie metamorfovaných hornin. *Academia, Praha, 1 – 255.*

ŠENGELIA, D. M., MIKO, O. & BEZÁK, V., 1978: Stanovenie stupňa regionálnej metamorfózy hornín hronského komplexu veporidného kryštalinika pomocou grafitového termometra. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 10, 4, 321 – 328.*

TAYLOR, A., 1965: X-ray metallography. *Moscow, Metallurgia, 1 – 663.*

Rukopis doručený 18. 8. 2009
Revidovaná verzia doručená 29. 10. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

Dependance of technological parameters of graphite-bearing rocks on their metamorphic grade

The learning of the relation between the regional metamorphism and mineralogical composition of graphite is important for decision of technological parameters of graphite-bearing rocks and the use of graphite deposits.

The investigation of the relation of regional metamorphism--technological parameters was realized on samples of high--temperature (katazonal) metamorphic rocks – localities Muráň (sample MT) and Kokava nad Rimavicou (KR; both samples represent graphite-bearing quartzite from Veporicum; Fig. 1). The medium-temperature (mesozonal) metamorphism was represented by the cataclastic micaschist from the borehole VČS-1 in Tatricum – locality Čavoj-Gápeľ (VČS). The low--temperature (epizonal) metamorphism was represented by the graphite phyllites from Tatricum of the Malé Karpaty Mts. – the mining adit Sirková at Pezinok (C) and Gemericum – Zlatník shaft, 10th mining level at Rudňany (ZL; Fig. 1).

Mineralogical characteristic of graphite

The graphite concentrates were studied by X-ray diffraction analysis, thermic analysis, and polarizing microscope as well as transmission electron microscope studies (TEM).

Graphite of high-temperature metamorphism from localities Muráň (MT) and Kokava nad Rimavicou (KR) was monocrystalline with idiomorphic and pseudohexagonal shape (Fig. 2). The dimensions of particular monocrystals were 0.02–0.63 mm. The detail grain-size of graphite concentrates after flotation and chemical treatment was determined by sieve analysis (Tab. 1). The crystal structure of the graphite approximates to perfect structure. The grade of crystallinity according to Taylor's (1965) classification, determined by the ratio of reflexes I_{112}/I_{110}, was 1.54–1.66 (Fig. 3).

The thermic stability of graphite according to DTA-TG analysis is manifested by the exotherm with beginning at 615 °C, the peak at 860–870 °C and termination at 970 °C (Figs. 4 and 5). The graphite is bound prevailingly on quartz. The graphite content in the samples was 2.75 and 3.94 %. After flotation and chemical treatment the concentrates reached the graphite content above 97 % (Tabs. 2 and 3).

Graphite of medium-temperature metamorphism (sample Čavoj-Gápeľ; VČS) had hypidiomorphic to xenomorphic shape (Fig. 6). Monocrystals were coarser and preferably formed the lamellar aggregates with dimensions 0.009–0.020 mm, in average around 0.01 mm. The graphite crystal structure according to Taylor's (1965) classification has medium grade crystallinity 1.05 (Fig. 3). The thermic stability of graphite according to DTA-TG analyses is manifested by exotherm with the beginning at 505–510 °C, peak at 720 °C and termination of exothermic reaction at 860 °C (Figs. 4 and 5). Graphite is bound on all minerals in the rock and its input content was 4.86 %.

Crystals of cryptocrystalline (amorphous) graphite (Baláž and Kúšik, 2008) of low-temperature (epizonal) metamorphism (samples from localities Pezinok-Sirková – C and Rudňany-Zlatník – ZL) had submicroscopic dimensions below 0.003 mm. The grade of crystallinity according to Taylor (1965) was 0. Thermic stability according to DTA-TG analyses is indicated by exothermic curve with beginning at 430–470 °C, peak at 560–640 °C and termination at 710–730 °C (Figs. 4 and 5). Similar thermic parameters were found already by Andráš and Horváth (1985), manifesting the intensive exothermic peak of carbon matter at temperature 540–560 °C. According to Kleinertová (1975), analysing the organic matter from the phyllites of the Malé Karpaty Mts., the substance has approached anthracite (95 %) with the admixture of bitumens (4–5 %) and humins (0–1 %). Obtained data confirm that the substance corresponds with the coal matter and not graphite. In classification by Suk (1979) the carbon substance with the DTA-TG peak of the exothermic reaction around 550 °C is defined as metaanthracite to weakly ordered graphite.

Technological parameters of graphite-bearing rocks

The exploited graphite-bearing rock usually does not fit with qualitative parameters required by industry, so the graphite product of requested quality is obtained by technological treatment. The principal method

encompasses the flotation of graphite product obtained by crushing of graphite-bearing rock and following sorting and milling (Fig. 7). The cleaning of graphite concentrate is done by chemical treatment, eventually by electromagnetic separation. The gravity methods (e.g. reverse-flow sorting, concentration water sluice) did not bring requested results concerning quality of graphite concentrates.

Technological investigation was focussed on flotation modifiability of samples obtained by grain-size reduction, sorting and milling (Fig. 7). The best results were found in the case of high-temperature metamorphic graphite-bearing samples. In the case of graphite-bearing rock from the locality Muráň at 2.75 % graphite content in input sample the concentrate with 66.7 % graphite was obtained (24.3-multiple enrichment). In Kokava nad Rimavicou from graphite input 3.94 % the 76.79 % graphite concentrate was obtained (19.5-multiple enrichment). The flotation was done by open cycle. Recovery factor is influenced by the graphite content in tailings after first and next controlling flotation, when the graphite content in tailings was lower than 0.3 % at recovery factor 5.26, respectively 10.83 %. The chemical composition of lodgement by the acid way to elaborated concentrates and flotation impoundment are stated in Tab. 3.

From the graphite-bearing rock of the locality Čavoj-Gápeľ with input graphite content 4.86 % the concentrate 64.45 % was prepared (13.3-multiple enrichment). Impoundment contains 1.22 % of graphite with recovery 19.86 % (Tab. 2).

For comprehensive evaluation of the topic, the flotation was realized also in the case of low-grade (epizonal) metamorphic rocks from the Malé Karpaty Mts. (sample C – Pezinok-Sirková) and the Spiš-Gemer Ore Mts. (sample ZL – Rudňany – Zlatník). Obtained results confirm very bad flotation parameters of the cryptocrystalline “graphite” 20.16, resp. 27.95 % at 4.8-multiple, resp. 6.5-multiple enrichment. The flotation effectivity regarding the graphite recovery to concentrates, resp. from the viewpoint of graphite content in the impoundment is low, because lost 71 to 75 % of the usable component.

The obtained results, showing the relation of the degree of metamorphism vs. technological parameters of graphite-bearing rocks, are depicted in Fig. 8.

Reached results unambiguously proved the relation between the metamorphic grade – the temperature of metamorphic process and technological parameters of graphite-bearing rocks.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 275 – 282
ISSN 0369-2086

Tektonický štýl širšej oblasti styku tatrika a veporika

VLADIMÍR BEZÁK[1, 2]

[1]Geofyzikálny ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 28 Bratislava
[2]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Tectonic style of the wider contact area of the Tatricum and Veporicum

The dominance of the imbrication-thrust tectonic style in both units was revealed by the field investigations in three areas at the contact of the Tatricum and Veporicum. This style was generated during the first, compressional stage of Paleoalpine tectonic evolution. In the area of Osrblie village, also structures of the second, transpressional, and third, extensional stages were identified. Tectonic styles are documented by geological cross-sections. Position of the Northern Veporicum between the Tatricum and Southern Veporicum and several aspects of mutual relations and nomenclature of these units are discussed in the text.

Key words: tectonic style, cross-sections, Tatricum, Northern Veporicum, Southern Veporicum, Western Carpathians

Úvod

Tatrikum a veporikum sú západokarpatské paleoalpínske kôrové tektonické jednotky prvého rádu. Vznikli v kompresnej fáze paleoalpínskej tektonickej etapy v kriede. Sú zložené z hercýnskeho kryštalinického fundamentu a jeho vrchnopaleozoického, a najmä mezozoického sedimentárneho obalu, ktorý má v každej tektonickej jednotke svoje špecifiká. Vo veporiku je situácia komplikovaná navyše tým, že severná časť má faciálne odlišný sedimentárny obal od obalu južnej časti veporického kryštalinika. Pre severnú časť, na rozdiel od južnej časti, je charakteristická prítomnosť karpatského keuperu. Preto sa postupom času vžili pracovné termíny severné a južné veporikum bez ich presnejšej priestorovej špecifikácie a bez definovania charakteru ich tektonického kontaktu.

Tektonický kontakt tatrika a veporika (severného veporika) je čertovická tektonická zóna. Jediný úsek v Západných Karpatoch, kde ju môžeme sledovať na povrchu, je klasický úsek medzi mýtňanským zlomom a Nižnou Bocou. V tomto úseku vidíme viac alebo menej zostrmený priebeh pôvodného násunu veporického kryštalinika na tatrické kryštalinikum so zvyškami pôvodného sedimentárneho obalu (kremence spodného triasu). Charakter tohto tektonického kontaktu je výsledkom jeho modifikácie mladšími, transpresnými tektonickými pohybmi na zlomoch sv. smeru. O pôvodnom plochom násune svedčí jedine jeho priemet v severnej časti úseku.

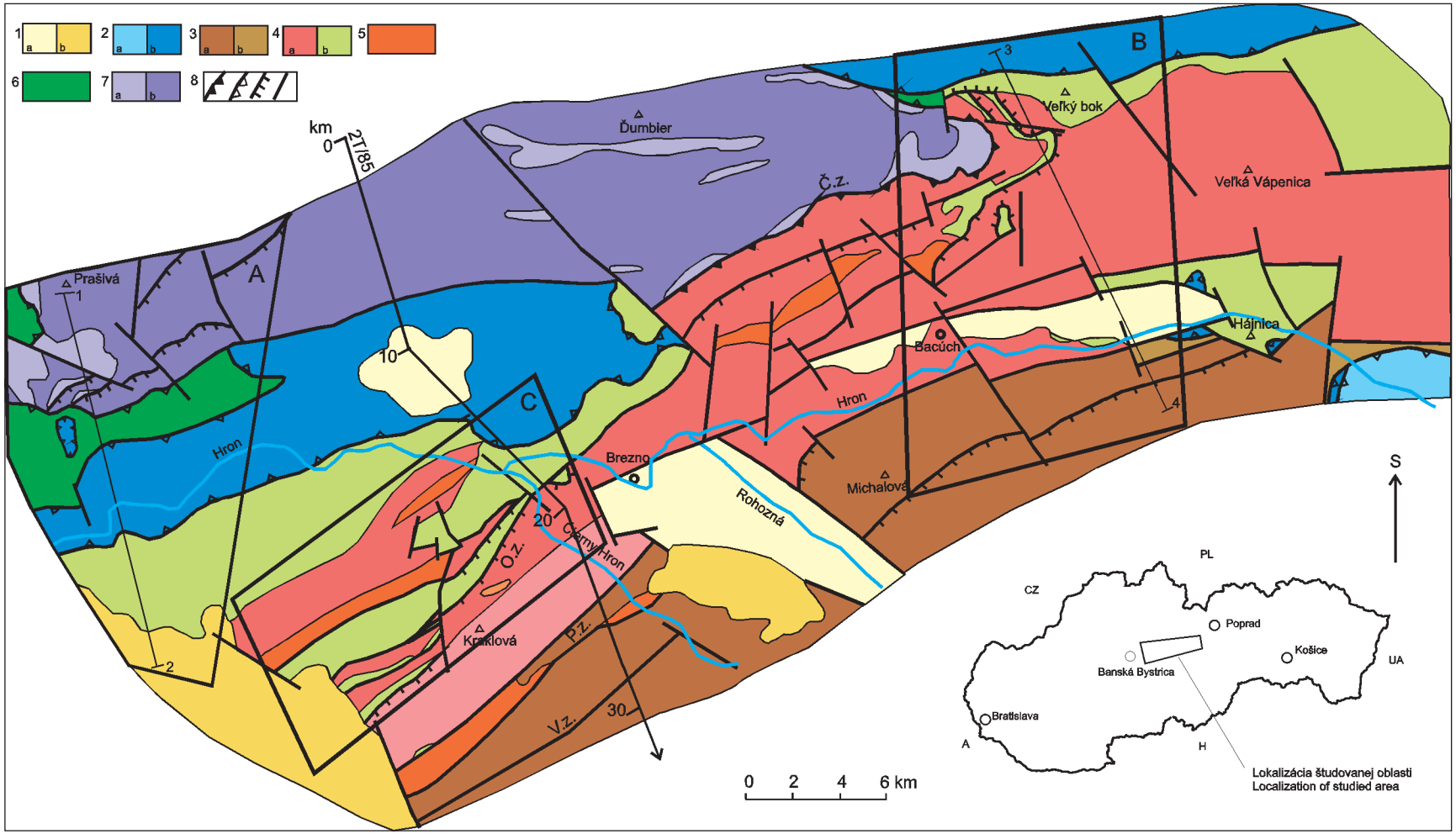
Ďalšie pokračovanie čertovickej tektonickej zóny na SV niekde do oblasti severne od Braniska je zakryté príkrovmi hronika a sedimentmi vnútrokarpatského paleogénu. Pokračovanie jz. smerom v oblasti doliny Hrona až po Banskú Bystricu je opäť zakryté príkrovmi hronika a potom ďalej na JZ do oblasti j. od pohoria Tribeč terciérnymi sedimentmi a vulkanitmi. V tejto oblasti sa predpokladá extenzná reaktivácia čertovickej zlomovej zóny na systéme mojmírovských zlomov (Šefara et al., 1998).

Pri terénnej reambulácii oblastí v blízkosti čertovickej tektonickej zóny po jej oboch stranách sa zistili skutočnosti, ktoré môžu pomôcť pri rekonštrukcii pôvodného charakteru tektonického zblíženia tatrika a veporika. Tektonická analýza zároveň nepriamo smeruje aj k riešeniu vzťahu severného a južného veporika. Naša interpretácia je znázornená na geologických rezoch týmito oblasťami.

Geologická situácia

Študované územie zaberá Horehronské podolie a priľahlé oblasti v južnej časti Ďumbierskych a Kráľovohoľských Tatier a v severnej časti Slovenského rudohoria a Čierťaže (obr. 1). Súčasnú črtu stavby podmienila mladoterciérna tektonika vytvorením hrastí a pozdĺžnych a priečnych prepadlín, ako sú Horehronská a Breznianska panva, vyplnené terciérnymi sedimentmi. Horehronskú panvu na severe obmedzuje markantný v.-z. poklesový zlom, tak v západnej časti oproti Ďumbierskym Tatrám, ako aj vo východnej časti oproti Kráľovohoľským Tatrám. Na južnej strane sú zlomy menej zreteľné, ale predpokladáme ich najmä vo východnej časti. Breznianska panvu obmedzujú zlomy smeru SZ – JV, ktoré sú paralelné s mýtňansko-tisoveckým zlomovým systémom (Marko a Vojtko, 2006). Takéto mladé systémy zlomov v celom území majú vplyv aj na zachovanie komplexov mezozoika a komplexov vrchnejšej stavby kryštalinika.

Terciérne sedimenty patria k formáciám naloženým na paleoalpínsku príkrovovú sústavu. Okrem nich sú to v študovanom území ešte zvyšky neovulkanických komplexov. Paleoalpínske tektonické jednotky v zmysle klasifikácie prijatej v *Tektonickej mape Slovenska* (Bezák



Obr. 1. Tektonická schéma širšej oblasti Horehronského podolia a priľahlých oblastí. 1 – terciér (a – sedimenty, b – vulkanity), 2 – vyššie príkrovy (a – silicikum, b – hronikum), 3 – južné veporikum (a – kyštalinikum, b – sedimentárny obal), 4 – severné veporikum (a – kryštalinikum, b – sedimentárny obal), 5 – permské magmatity, 6 – fatrikum, 7 – tatrikum (a – sedimentárny obal, b – kryštalinikum), 8 – tektonické línie (a – kôrové násuny, b – pripovrchové príkrovy, c – násuny, d – ostatné zlomy), významné tektonické zóny: Č. z. – čertovická zóna, O. z. – osrblianska zóna, P. z. – pohorelská zóna, V. z. – vydrovská zóna. Polygóny A, B a C detailne zvýrazňujú skúmané oblasti.

Fig. 1. Tectonic scheme of the wider area of Horehronie valley and adjacent areas. 1 – Tertiary (a – sediments, b – volcanites), 2 – upper nappes (a – Silicicum, b – Hronicum), 3 – Southern Veporicum (a – crystalline complexes, b – sedimentary cover), 4 – Northern Veporicum (a – crystalline complexes, b – sedimentary cover), 5 – Permian magmatites, 6 – Fatricum, 7 – Tatricum (a – sedimentary cover, b – crystalline complexes), 8 – tectonic lines (a – crustal thrusts, b – superfical nappes, c – thrusts, d – other faults), important tectonic zones: Č. z. – Čertovica, O. z. – Osrblie, P. z. – Pohorelá, V. z. – Vydrovo. Polygons A, B and C depict areas investigated in details.

et al., 2004) rozdeľujeme na kôrové (v tomto území tatrikum a veporikum) a pripovrchové príkrovové jednotky (tu je zastúpené fatrikum a hronikum, sčasti silicikum).

Tatrikum a veporikum sú zložené z kryštalinického fundamentu a jeho vrchnopaleozoického a mezozoického obalu. Všeobecne sa prijíma názor o rozsiahlom kôrovom násune veporika na spodnejšiu jednotku tatrikum pozdĺž čertovickej tektonickej zóny. Príkrovovú sústavu fatrika budujú najmä sekvencie mezozoika, len lokálne sa zachovali šupiny permu a kryštalinika. Tieto sekvencie sú odlepené z pohltených častí kryštalinika pod veporikom a presunuté na sever na tatrikum. Pôvod príkrovovej sústavy hronika nie je zatiaľ dostatočne objasnený, no v súčasnej pozícii tvorí element dosunutý v neskoršej fáze na už sformovanú vrásovo-príkrovovú stavbu veporika, fatrika a tatrika. Prejavuje sa to okrem iného prekrytím čertovickej tektonickej zóny a diskordantnou pozíciou vo vzťahu k starším štruktúram v podložných tektonických jednotkách.

Podrobnejšie o vývoji názorov na tektonickú stavbu a nomenklatúre spomínaných tektonických jednotiek sa hovorí napr. v práci Bieleho et al. (1997, s. 132 – 146). Tektonikou tejto oblasti sa zaoberali najmä Zoubek (1930, 1931, 1954, 1957), Kubíny (1959), Biely (1961, 1982), Klinec (1966), Plašienka (1983, 1995, 1999), Plašienka a Prokešová (1996) a Putiš (1989, 1991). Najnovšie sa tektonikou tejto oblasti v širších súvislostiach, najmä z kinematického hľadiska, zaoberal Plašienka (2003).

Tektonická analýza vybraných oblastí

Výskum tektonických štýlov v blízkosti styku veporika a tatrika sme zamerali na tie oblasti, kde sú zachované zvyšky mezozoických komplexov uprostred kryštalinika. Práve tieto komplexy môžu pomôcť pri hľadaní odpovede na otázku, aký bol štýl alpínskej tektonickej stavby. Oblasti sú vyznačené na tektonickej schéme (obr. 1).

Oblasť A

Prvou oblasťou je oblasť ďumbierskeho kryštalinika, čo najbližšie k stykovej zóne s veporikom (oblasť A). Je to oblasť jz. zakončenia kryštalinika severne od Medzibrodu. Vystupujú tu na povrch štruktúrne vyššie časti kryštalinika, silnejšie postihnuté alpínskou tektonikou, na rozdiel od hlbších etáží vo východnej časti s prevahou hercýnskych tektonických štruktúr.

Oblasť jz. zakončenia ďumbierskeho kryštalinika j. od hlavného granitoidného masívu sa vyznačuje silnou mylonitizáciou kryštalinika, v ktorom sú zastúpené ortoruly s polohami pararúl a lokálne amfibolitov, ale aj menšie masívy granitov prašivského typu. Typické sú šupiny spodnotriasových kvarcitov. Výskum tejto oblasti ukázal, že sa tu vyskytuje niekoľko šupín kryštalinika oddelených zvyškami obalových triasových kvarcitov (obr. 2). Táto šupinová stavba je evidentne odrazom kompresných tektonických pohybov pri násune veporika na tatrikum. Južnejšie je táto oblasť tatrika pochovaná pod príkrovmi fatrika a hronika a interpretujeme ju na geologickom reze (obr. 3).

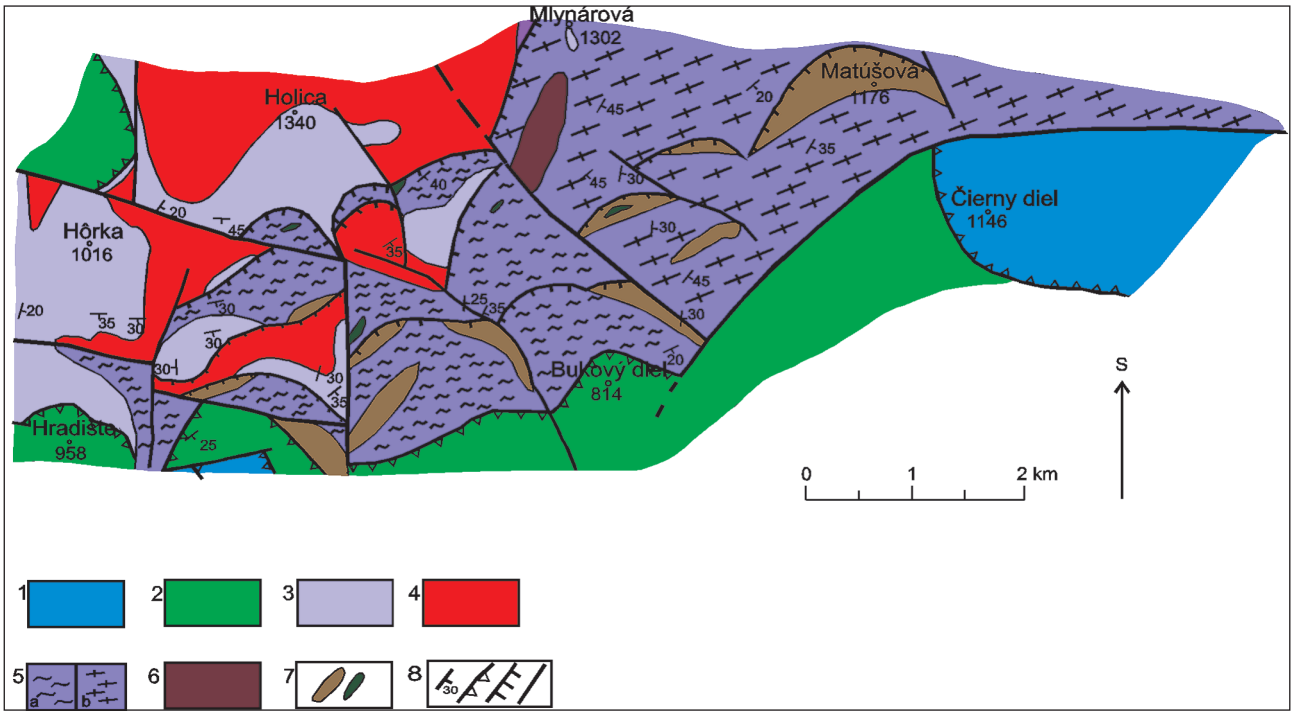
Tektonická analýza stavby tejto oblasti ukázala, že násunovo-šupinový štýl nie je typický len pre komplexy veporika, ale rovnako sa vyskytuje aj vo vrchných častiach podložného tatrika. Na rozdiel od hlbších častí kryštalinika tatrika (východne od oblasti A) ho sprevádza silná mylonitizácia. Pri konštrukcii rezu oblasťou A sme sa snažili interpretovať aj pozíciu čertovickej tektonickej zóny v podloží príkrovov hronika. Interpretujeme ju ako zónu medzi obalovými mezozoickými jednotkami severného veporika, ktoré ešte nestratili kontakt so svojím fundamentom, a medzi mezozoickými jednotkami severného veporika, ktoré sú odlepené od svojho fundamentu a presunuté v podobe príkrovov na tatrikum (príkrovová sústava fatrika).

Oblasť B

Druhou analyzovanou oblasťou je oblasť severného veporika v Kráľovohoľských Tatrách severne od Bacúcha (oblasť B). V tejto oblasti sme preukázali rozsiahle násuny šupín kryštalinika cez mezozoické obalové jednotky (Bezák a Olšavský, 2008), ktoré tam predpokladali už napr. Biely (1982) a Plašienka (1983). Teraz toto zistenie rozširujeme na interpretáciu stavby celej oblasti styku s tatrikom a vzťah ku komplexom južného veporika. Interpretáciu podávame v reze (obr. 4). Na reze vidno pozíciu minimálne troch šupín kryštalinika severného veporika, oddelených zvyškami mezozoického obalu (kvarcity spodného triasu a karbonáty stredného triasu), ktoré sa zakoreňujú v oblasti údolia Hrona. Markantné je aj podsúvanie tatrika ďaleko na juh až k údoliu Hrona. Celé severné veporikum takto dostáva charakter silne zošupinatenej tektonickej zóny medzi blokom tatrika a južného veporika, z ktorej sa postupne vysúvajú a odlepujú súbory fatrika.

Oblasť C

Tretia reambulovaná a analyzovaná oblasť (oblasť C) sa nachádza medzi Osrblím a Valaskou. Je to oblasť, kde sa podrobným mapovaním a štruktúrnym výskumom podarilo doložiť tri štádiá paleoalpínskeho tektonického vývoja, ktoré sú nerovnomerne zachované v štruktúrach v rôznych úsekoch študovanej oblasti. Okrem úsekov, v ktorých sú zachované násunové štruktúry kryštalinika na mezozoický obal (obdobne ako v oblastiach A a B), sú v oblasti C jasne zachované aj strmé transpresné štruktúry smeru SV – JZ, naložené na predchádzajúce kompresné štruktúry. Transpresné štruktúry majú podľa lineácií a kinematických indikátorov prevažne povahu sinistrálnych horizontálnych posunov. Podobný charakter tektoniky, t. j. prechod od kompresných štruktúr do transpresných, indikovali južne od tejto zóny v minulosti napr. Hók a Hraško (1990), Putiš (1991) a Madarás et al. (1994). Čo je však nové v interpretácii tejto zóny, sú indície následnej extenznej etapy, počas ktorej pôvodne odlepené vyššie súbory obalového mezozoika (od stredného triasu vyššie) opätovne zapadli do podložných štruktúr pri uvoľnení napätia a presunutí kompresnej tektoniky do čela tatrika. Prirodzene, tieto súbory prešli predtým aj štádiom



Obr. 2. Geologická mapa jz. zakončenia ďumbierskeho kryštalinika (oblasť A). 1 – hronikum, 2 – fatrikum, 3 – sedimentárny obal tatrika (kvarcity spodného triasu), 4 – granitoidy typu Prašivej, 5 – ortorulové kryštalinikum (a – silne mylonitizované, b – páskované a okaté ortoruly), 6 – hybridné granitoidy, 7 – polohy pararúl a amfibolitov, 8 – tektonické značky (a – foliácie, b – príkrovy, c – prešmyky a násuny, d – ostatné zlomy).

Fig. 2. Geological map of the south-western termination of Ďumbier crystalline basement (area A). 1 – Hronicum, 2 – Fatricum, 3 – sedimentary cover of Tatricum (Lower Triassic quartzites), 4 – Prašivá type granitoids, 5 – orthogneisses (a – strongly mylonitized, b – banded and eyed orthogneisses), 6 – hybridic granitoids, 7 – layers of paragneisses and amphibolites, 8 – tectonic marks (a – foliations, b – nappes, c – overthrusts and thrusts, d – other faults).

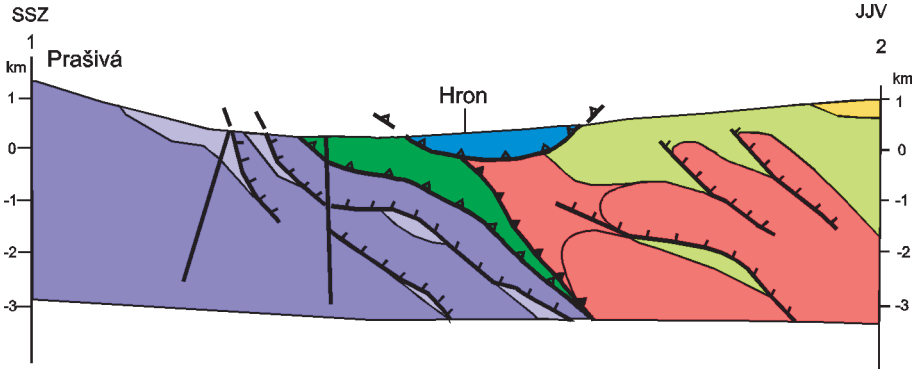
kompresnej tektoniky. K tejto interpretácii nás vedie pozícia synform Mojžišovho vrchu a Chvatimechu, ktoré spočívajú diskordantne na starších štruktúrach reprezentovaných úzkymi strmými pruhmi kvarcitov, medzi ktoré sa vkliňujú úzke pásy kryštalinika (obr. 5). Zapadnutie, prípadne dosunutie obalového mezozoika časovo zrejme zodpovedá diskordantnému dosunutiu už predtým sformovaných príkrovov hronika. Vzťah štruktúr jednotlivých štádií je zobrazený aj v reze (obr. 6).

Diskusia

Väčšina autorov, ktorí študovali tektonickú zónu na styku tatrika a veporika, t. j. čertovickú tektonickú zónu, sa zhoduje v názore, že tu ide o rozsiahle priblíženie fundamentov oboch jednotiek a pohltenie sedimentárnych priestorov mezozoických komplexov, ktoré vystupujú v príkrovoch fatrika (napr. Biely a Fusán, 1967). V tomto zmysle čertovická tektonická zóna by mala predstavovať plytko uložené zlomy, na ktorých sa odohrávali násuny v prvom paleoalpínskom kompresnom štádiu. Nemá teda nič spoločné so strmými prešmykovými a posunovými štruktúrami, ktoré sú odrazom následnej transpresnej etapy (porovnaj Siegl, 1978; Plašienka, 1983).

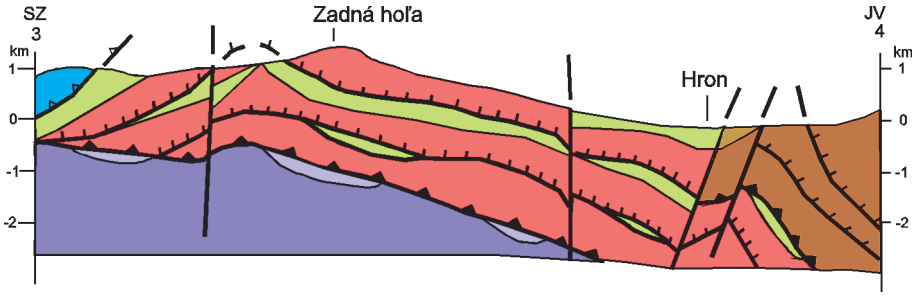
O ďalekosiahlych násunoch v severnom veporiku svedčí aj naša terénna reambulácia. Ukazuje sa, že jednotka severného veporika v celom svojom rozsahu má charakter veľmi silne komprimovanej a zošupinatenej zóny. Je to odrazom veľmi silnej kompresie a celokôrového podsunutia jednotky tatrika. Na takúto interpretáciu poukazuje nielen terénny výskum v severnom veporiku, ale aj seizmický obraz tohto územia na seizmickom reze 2T (Tomek et al., 1989). Na tomto reze jasne vidno celokôrové reflexy uklonené na juh nielen v oblasti čertovickej tektonickej zóny, ale aj južnejšie, zhruba v oblasti osrblianskej a pohorelskej tektonickej zóny (porovnaj aj Tomek, 1993).

Štruktúra severného veporika takto dostáva iný charakter, v ktorom sa najmarkantnejšie prejavujú práve paleoalpínske štruktúry. Hercýnske štruktúry sú zachované v menšej miere, aj to len v rámci paleoalpínskych šupín. Skladba šupín je v podstate porovnateľná v územiach na sever aj na juh od Hrona. Komplex ortorúl a pararúl s amfibolitmi ľubietovského pásma sa vyskytuje aj južne od čertovickej tektonickej zóny v Kráľovohoľských Tatrách (obr. 1). Takisto sa v celej tejto zóne vyskytujú aj permské magmatity (Zoubek in Maheľ et al., 1964; Bezák et al., 2008a). Pre toto pásmo je charakteristická aj široká zóna fylonitov. Rozdiel medzi oboma časťami je v zastúpení permských sedimentov. V ľubietovskom pásme sú zachované severne od predtriasového poklesového zlomu, kým južnejšie na vyzdvihnutom bloku kryštalinika boli zrejme denudované. V bloku na SV od mýtňanského



Obr. 3. Rez 1 – 2 oblasťou A v jz. časti ďumbierskeho masívu. Legenda ako pri obr. 1.

Fig. 3. Cross-section 1–2 through the area A. Captions see in Fig. 1.



Obr. 4. Rez 3 – 4 oblasťou B. Legenda ako pri obr. 1.

Fig. 4. Cross-section 3–4 in the area B. Captions see in Fig. 1.

zlomu sa intenzívnejšie prejavila násunová tektonika a tieto sedimenty môžu byť pochované pod presunutým blokom severného veporika.

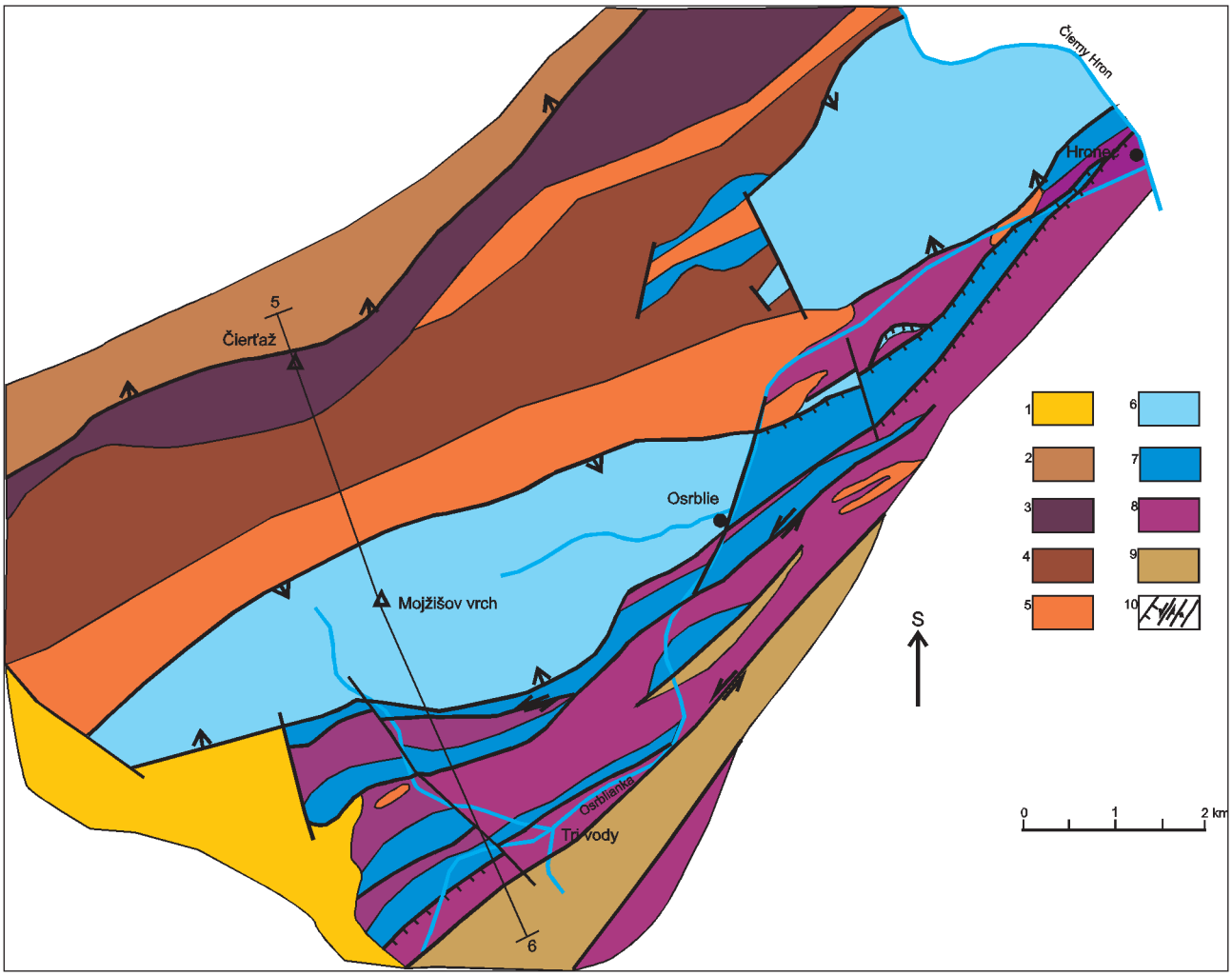
Keď vychádzame z uvedeného chápania tektonického štýlu severného veporika a z toho, že mezozoické sekvencie fatrika a severného veporika sa spájajú najmä z litostratigrafických dôvodov (najnovšie pozri Polák in Bezák et al., 2008b), za úvahu stojí obe jednotky opäť zaradiť do jednej tektonickej zóny. Rozdiel medzi nimi je len v tom, že jednotky fatrika, na rozdiel od severoveporických, stratili kontakt so svojím pôvodným fundamentom (ide o pohltený fundament medzi južnou časťou tatrika a severným veporikom). V takomto prípade by stratilo význam aj rozlišovanie čertovickej a donovalskej línie v zmysle Jaroša (1971). Zároveň by možno bolo vhodné pre jednotky južného veporika prijať nový názov (natíska sa názov rimavikum).

Tektonická situácia v severnom veporiku teda ukazuje na veľmi výraznú násunovú tektoniku v tejto jednotke v paleoalpínskej etape, ktorá sa prejavila aj v podložnom tatriku. Preto je logické predpokladať, že podobným spôsobom sa nasunul aj blok južného veporika na severné veporikum. Pôvodný násun v mieste jeho predpokladaného priebehu je však zamaskovaný mladými neogénnymi poklesovými štruktúrami v Horehronskom podolí (Bezák et al., 2008b) a interpretujeme ho len v reze (obr. 4). Samozrejme, predpokladá sa tu aj uplatnenie horizontálnych posunov, ktoré potvrdzuje aj štruktúrny výskum tejto oblasti (Hók a Hraško, 1990). Predpokladaný priebeh styku severného a južného veporika odvodzujeme od posledných výskytov juhoveporického obalu na severe, a to je oblasť Heľpy a južného okraja masívu Kráľovej hole. Vychádzame z toho, že permské sedimenty na Prednej holi vzhľadom na svoje litologické zloženie majú juhoveporický pôvod (Madarás a Ivanička, 2001). Na Prednej holi ho od kryštalinika Kráľovej hole oddeľuje priečny sz.-jv. zlom (Mello et al., 2008). Jeho podložie nepoznáme, ale stotožňujeme sa s názorom Plašienku (1984), že je tu v príkrovovej pozícii. Analogické permské horniny sú v lome západne od Heľpy južne od Hrona. Zlomovo sú oddelené od tzv. heľpianskeho mezozoika a mezozoika na Hájnici, ktoré sú súčasťou severoveporického obalu sekvencie Veľkého boku (na Hájnici sú okrem triasových členov zachované aj jurské členy; Biely, os. informácia). Východne od Heľpy až po Telgárt juhoveporické mezozoikum je poklesnuté spolu s nadložným silicikom a oddelené zlomami od masívu Kráľovej hole. Tým sa stráca význam hľadať pokračovanie pohorelskej línie v tomto masíve. Ak v tomto priestore bola, tak oddeľovala tento masív od juhoveporického bloku, ktorý je teraz erodovaný. Tento problém tu uvádzame vyslovene v diskusnej rovine a jeho riešenie bude vyžadovať ďalší terénny výskum.

Západne od Heľpy predpokladaný kontakt s južným veporikom prekrývajú poklesnuté komplexy v doline Hrona (komplexy vrchnej stavby kryštalinika, mezozoické a terciérne sedimenty). Západne od Breznianskej panvy by mohla byť pôvodná hranica južného veporika niekde v priestore granitov typu Hrončok alebo vydrovských tektonických porúch. Jediné výskyty mezozoika v tejto oblasti pod granitmi Hrončok sú, žiaľ, anonymné (kvarcity a rauvaky).

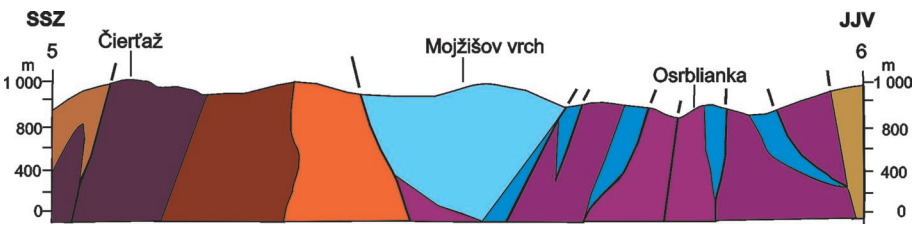
Záver

V posledných rokoch v súvislosti s reambuláciou niektorých úsekov geologických máp 1 : 50 000 pre potreby zostavovania prehľadnej geologickej mapy SR 1 : 200 000 sa vybrali aj oblasti v širšej zóne styku tatrika



Obr. 5. Geologická mapa oblasti v okolí Osrblia (oblasť C). 1 – neovulkanity, 2 – permské sedimenty, 3 – ortoruly, 4 – pararuly s polohami amfibolitov, 5 – permské magmatity, 6 – komplexy mezozoika v synformách, 7 – sedimenty spodného triasu, 8 – diaftoretické ortoruly s polohami amfibolitov, 9 – diaftoretické pararuly a fylonity, 10 – tektonické hranice (a – násuny, b – horizontálne posuny, c – poklesy, d – ostatné zlomy).

Fig. 5. Geological map of the area in the Osrblie surrounding (area C). 1 – neovolcanites, 2 – Permian sediments, 3 – orthogneisses, 4 – paragneisses with amphibolite intercalations, 5 – Permian magmatites, 6 – Mesozoic complexes in synforms, 7 – Lower Triassic sediments, 8 – diaphtorized orthogneisses with amphibolite intercalations, 9 – diaphtorized paragneisses and phyllonites, 10 – tectonic boundaries (a – thrusts, b – strike-slips, c – normal faults, d – other faults).



Obr. 6. Rez 5 – 6 oblasťou C. Legenda ako na obr. 5.

Fig. 6. Cross-sections 5–6 through the area C. Captions see in Fig. 5.

a veporika. Keďže ide o paleoalpínske kôrové jednotky, výber území bol podmienený výskytom obalových mezozoických jednotiek spätých so svojím kryštalinickým fundamentom ako indikátorov alpínskej stavby.

Zamerali sme sa na tektonicky silne porušenú južnú časť tatrika pri západnom okraji Ďumbierskych Tatier v širšom okolí Hiadeľa (oblasť A), na severné veporikum v západnej časti Kráľovohoľských Tatier v širšom okolí Bacúcha (oblasť B) a na oblasť osrblianskej tektonickej zóny a priľahlých synform Chvatimechu a Mojžišovho vrchu (oblasť C).

Oblasť Hiadeľa budujú klasické členy ďumbierskeho kryštalinika (granit typu Prašivej, ortoruly, pararuly, lokálne amfibolity) a zvyšky obalových členov (tu prevažne kremence spodného triasu). Kryštalinikum je prevažne mylonitizované, čo svedčí o silnej tektonickej aktivite. Prevládajúcou črtou stavby je usporiadanie do radu šupín kryštalinika uklonených na juh, oddelených kremencami. Nad takto usporiadanými súbormi tatrika ležia mezozoické horniny pripovrchovej odlepenej jednotky fatrika, miestami s obráteným vrstvovým sledom, a tektonické trosky hronika.

V severnom veporiku v oblasti Bacúcha boli identifikované najmä prejavy rozsiahlych násunov, doložené mapovaním tektonických okien mezozoických sedimentov pod kryštalinikom (Bezák a Olšavský, 2008). Následné prešmykové štruktúry túto stavbu len modifikovali. Šupiny kryštalinika spolu s ich obalom sa podľa pozície tektonických okien nasúvali na pomerne značnú vzdialenosť. Podľa týchto indícií boli mezozoické členy severných svahov Kráľovohoľských Tatier zrejme zakorenené až v oblasti Horehronského podolia alebo vo vzdialenejšej oblasti južne od Hrona.

V širšej oblasti Osrblia sa podarilo preukázať nadväznosť niekoľkých tektonických štýlov v paleoalpínskej etape tektonického vývoja. Najstaršou udalosťou bolo vytvorenie plytkých násunových štruktúr. Vznikali šupiny mylonitizovaného kryštalinika uklonené na juh, oddelené obalovými kremencami, miestami aj karbonátmi. V ďalšom vývoji vznikali v transpresných zónach strmo vztýčené, sv. orientované štruktúry budované kryštalinikom a kremencami. V počiatočnom násunovom štádiu sa zrejme vyššie členy mezozoického obalu odlepovali, lebo sa nezúčastňujú na štruktúrach fundamentu, ale naopak, budujú samostatné mladšie štruktúry typu synform. Tie sú nezávislé od stavby fundamentu a vznikali pravdepodobne v mladších extenzných etapách tektonického vývoja.

Analýza tektonickej stavby týchto oblastí nasvedčuje uplatneniu rozsiahlych násunov a vytvoreniu systému šupín v počiatočných fázach paleoalpínskej tektonickej etapy. V prvej fáze sa odlepili aj príkrovy. Na túto prvú fázu plynule nadväzovala transpresná fáza s vytvorením celého radu paralelných strižných zón. Záver paleoalpínskych tektonických pohybov v tejto oblasti bol charakterizovaný uvoľnením kompresnej a transpresnej zložky a prechodom k extenzii. Bolo to v čase, keď sa kompresné napätie presunulo zrejme do predpolia tatrika a prejavilo sa násunovými pohybmi na infratatrikum.

Poďakovanie. Vďaka patrí recenzentovi prof. RNDr. Dušanovi Plašienkovi, DrSc., za cenné pripomienky k článku a RNDr. Antonovi Bielemu, CSc., za plodné diskusie o tejto problematike. Práca vznikla v rámci projektu 16 06 *Aktualizácia geologickej stavby SR* a grantu VEGA 0169.

Literatúra

Bezák, V., Broska, I., Ivanička, J., Reichwalder, P., Vozár, J., Polák, M., Havrila, M., Mello, J., Biely, A., Plašienka, D., Potfaj, M., Konečný, V., Lexa, J., Kaličiak, M., Žec, B., Vass, D., Elečko, M., Janočko, J., Pereszlényi, M., Marko, F., Maglay, J. & Pristaš, J., 2004: Tektonická mapa Slovenskej republiky 1 : 500 000. *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Bezák, V. & Olšavský, M., 2008: Rozsiahle alpínske násuny v severnom veporiku. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 40, s. 121 – 126.*

Bezák, V., Broska, I., Konečný, P., Petrík, I. & Košler, J., 2008a: Permský magmatický komplex v severnom veporiku: Interpretácia z nových datovaní kyslých magmatitov. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 40, s. 127 – 134.*

Bezák, V., Elečko, M., Fordinál, K., Ivanička, J., Kaličiak, M., Konečný, V., Kováčik, M. (Košice), Maglay, J., Mello, J., Nagy, A., Polák, M., Potfaj, M., Biely, A., Bóna, J., Broska, I., Buček, S., Filo, I., Gazdačko, Ľ., Grecula, P., Gross, P., Havrila, M., Hók, J., Hraško, Ľ., Jacko, S., ml., Jacko, S., st., Janočko, J., Kobulský, J., Kohút, M., Kováčik, M. (Bratislava), Lexa, J., Madarás, J., Németh, Z., Olšavský, M., Plašienka, D., Pristaš, J., †Rakús, M., Salaj, J., Siman, P., Šimon, L., Teťák, F., Vass, D., Vozár, J., Vozárová, A. & Žec, B., 2008b: Prehľadná geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 200 000. Bezák, V. (ed.), *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Biely, A., 1961: Poznámky ku geológii mezozoika koreňových zón vo veporidách. *In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 21, s. 109 – 125.*

Biely, A., 1982: Tektonika územia na severných svahoch Nízkych Tatier na východ od Nižnej Boce. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Biely, A. & Fusán, O., 1967: Zum Problem der Wurzelzonen der subtatrische Decken. *In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 42, s. 51 – 64.*

Biely, A., Bujnovský, A., Vozárová, A., Klinec, A., Miko, O., Halouzka, R., Vozár, J., Beňuška, P., Bezák, V., Hanzel, V., Kubeš, P., Liščák, P., Lukáčik, E., Maglay, J., Molák, B., Pulec, M., Putiš, M. & Slavkay, M., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier 1 : 50 000. Biely, A. a Bezák, V. (eds.). *Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, s. 1 – 232.*

Hók, J. & Hraško, Ľ., 1990: Deformačná analýza západnej časti pohorelskej línie. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 22, s. 69 – 80.*

Janák, M., Plašienka, D., Frey, M., Cosca, M., Schmidt, S. Th., Lupták, B. & Méres, Š., 2001: Cretaceous evolution of a metamorphic core complex, the Veporic unit, Western Carpathians (Slovakia): P-T conditions and in situ $^{40}Ar/^{39}Ar$ UV laser probe dating of metapelites. *In: J. Metamorphic Geol., 19, pp. 197 – 216.*

Jaroš, J., 1971: Tectonic styles of the homelands of superficial nappes. *In: Rozpr. Čs. Akad. Věd, Ř. mat. přír. Věd (Praha), 81, pp. 1 – 59.*

Klinec, A., 1966: K problémom stavby a vzniku veporského kryštalinika. *In: Sbor. geol. Vied, Západ. Karpaty (Bratislava), 6, s. 7 – 28.*

Kubíny, D., 1959: Správa o prehľadnom geologickom mapovaní v širšom okolí Kráľovej hole. *In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 16, s. 143 – 176.*

Madarás, J., Putiš, M. & Dubík, B., 1994: Štruktúrna charakteristika stredného úseku pohorelskej tektonickej zóny. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 26, s. 177 – 191.*

Madarás, J. & Ivanička, J., 2001: Tektonická pozícia mladopaleozoicko-mezozoických komplexov hornín na východných svahoch Kráľovej hole v Nízkych Tatrách. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 33, s. 15 – 28.*

Mahel, M. (ed.), Andrusov, D., Buday, T., Franko, O., Ilavský, J., Kullman, E., Kuthan, M., Matějka, A., Mazúr, E., Roth, Z., Seneš, J., Scheibner, E. & Zoubek, V., 1964: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000, list M-34-XXVI Banská Bystrica. *Bratislava, Ústř. Úst. geol. – Geol. Úst. D. Štúra.*

Marko, F. & Vojtko, R., 2006: Structural record and tectonic history of the Mýto-Tisovec fault (Central Western Carpathians). *In: Geol. Carpath. (Bratislava), Vol. 57, No. 3, pp. 211 – 221.*

Mello, J., Ivanička, J., Grecula, P., Janočko, J., Jacko, S., st., Elečko, M., Pristaš, J., Vass, D., Polák, M., Vozár, J., Vozárová, A., Hraško, Ľ., Kováčik, M., Bezák, V., Biely, A., Németh, Z., Kobulský, J., Gazdačko, Ľ., Madarás, J. & Olšavský, M., 2008: Prehľadná geologická mapa SR 1 : 200 000 – list Košice. *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Plašienka, D., 1983: Kinematický obraz niektorých štruktúr severného veporika vo vzťahu k formovaniu krížňanského príkrovu. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 15, č. 3, s. 217 – 231.*

Plašienka, D., 1984: Príkrov Markušky – zväzujúci element veporika a gemerika? *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 16, č. 2, s. 187 – 193.*

Plašienka, D., 1995: Cleavages and folds in changing tectonic regimes: the Veľký Bok Mesozoic cover unit of the Veporicum (Nízke Tatry Mts., Central Western Carpathians). *In: Slovak Geol. Mag. (Bratislava), 2/95, pp. 97 – 113.*

Plašienka, D., 1999: Definition and correlation of tectonic units with a special reference to some Central Western Carpathian examples. *In: Miner. Slov. (Bratislava), Vol. 31, pp. 3 – 16.*

Plašienka, D., 2003: Development of basement–involved fold and thrust structures exemplified by the Tatric-Fatric-Veporic nappe system of the Western Carpathians (Slovakia). *In: Geodinamica Acta, 16, pp. 21 – 38.*

Plašienka, D. & Prokešová, R., 1996: Towards an evolutionary tectonic model of the Krížna cover nappe (Western Carpathians, Slovakia). *In: Slovak Geol. Mag. (Bratislava), 3 – 4/97, pp. 279 – 286.*

Putiš, M., 1989: Štruktúrny a metamorfný vývoj kryštalinika východnej časti Nízkych Tatier. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 21, s. 217 – 224.*

Putiš, M., 1991: Geology and petrotectonics of some shear zones in the West Carpathian crystalline complexes. *In: Miner. Slov. (Bratislava), Vol. 23, pp. 459 – 473.*

Siegl, K., 1978: Faults in the contact area of the Ďumbier and Kraklová crystalline complexes (West Carpathians). *In: Geol. Zbor. Geol. carpath. (Bratislava), Vol. 29, No. 1, pp. 147 – 160.*

Šefara, J., Kováč, M., Plašienka, D. & Šujan, M., 1998: Seismogenic zones in the Eastern Alpine – Western Carpathian – Pannonian junction area. *In: Geol. Carpath. (Bratislava), 49, pp. 247 – 260.*

Tomek, Č., 1993: Deep crustal structure beneath the central and inner West Carpathians. *In: Tectonophysics (Amsterdam), 226, pp. 417 – 431.*

Tomek, Č., Ibrmajer, I., Koráb, T., Biely, A., Dvořáková, L., Lexa, J. & Zbořil, A., 1989: Korové struktury Západních Karpat na hlubinném reflexním seizmickém profilu 2T. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 21, s. 3 – 26.*

Zoubek, V., 1930: Geologické studie z kořenové oblasti subtatranské a zon sousedních jižně Podbrezové. *In: Věst. St. geol. Úst. (Praha), 6, s. 190 – 214.*

Zoubek, V., 1931: Tektonická skizza širšího okolí Brezna nad Hronom. *In: Věst. St. geol. Úst. Čs. Republ. (Praha), 7, 2, s. 182 – 191.*

Zoubek, V., 1954: Zpráva o geologickém výzkumu oblasti Hodruša v Nízkych Tatrách. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Zoubek, V., 1957: Hranice gemerid s veporidami. *In: Geol. Práce, Zoš. (Bratislava), 46, s. 38 – 43.*

Rukopis doručený 27. 10. 2009
Revidovaná verzia doručená 6. 11. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

Tectonic style of the wider contact area of the Tatricum and Veporicum

In recent years in connection with mapping of some sections of geological maps 1 : 50 000 for the needs of general geological map of Slovakia 1 : 200 000 also areas in the contact zone of Tatricum and Veporicum were reevaluated.

We focused on the tectonically complicated southern part of Tatricum at the western edge of the Ďumbierske Tatry Mts. (area A), the northern Veporicum in the western part of Kráľovohoľské Tatry Mts. (area B) and the area of Osrblie tectonic zone and adjacent synform of Chvatimech and Mojžišov vrch (area C).

The area A is built of classic members of Tatric crystalline basement (granite of Prašivá type, orthogneisses, paragneisses localy amphibolites) and remnants of cover members (mostly quartzites of Lower Triassic). Basement is mostly mylonitized, indicating a strong tectonic activity. The dominant feature is the arrangement of slaces of crystalline complexes separated by quartzites. In the Northern Veporicum in the area B mainly large-scale manifestations of thrusting have been identified. Younger overthrusts only modified the structures of the first stage. According to these indications the Mesozoic series of the northern slopes of the Kráľovohoľské Tatry Mts. were rooted to the area of Horehronské Podolie. In the area C several tectonic styles in Paleoalpine stage of tectonic evolution were proved. The oldest event produced the thrust structures of crystalline slaces, separated by the Lower Triassic quartzites, in places also by carbonates. In another zones they emerged in transpressional steep NE oriented structures. The upper part of Mesozoic series was not involved into the structures of fundament, but built a separate structure of synform type, which was independent of the structures of fundament.

Analysis of the tectonic structures of these areas suggests the application of extensive thrusting and forming of slaces during the first stages of Paleoalpine tectonic evolution. Thrusting was continuously followed by transpresional phase using the system of parallel steep zones. Ending of Paleoalpine tectonic movements in this area was characterized by extensional tectonics.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 283 – 290
ISSN 0369-2086

Rétske žraloky a ryby z fatranského súvrstvia (profil Kardolína, Belianske Tatry, Slovensko)

BARBARA CHALUPOVÁ

Prírodovedné múzeum SNM, Vajanského nábr. 2, P. O. BOX 13, 810 06 Bratislava
barbara.chalupova@snm.sk

Rhaetian *Chondrichthyes* and *Osteichthyes* remains from the Fatra Fm. (Kardolína section, Belianske Tatry Mts., Slovakia)

Teeth of *Chondrichthyes* and *Osteichthyes* were found at the base of the Kardolína section (Fatra Fm.) in the Belianske Tatry Mts. Two sharks were determined, namely – *Hybodus minor* Agassiz, 1837 and *Lissodus minimus* Agassiz, 1839. Four types of teeth were described. Two types of teeth belong to *Severnichthys acuminatus* (Agassiz, 1835), one type being represented by *Birgeria acuminata* (Agassiz, 1839) while the another by *Saurichthys longidens* Agassiz, 1834. The last two types of teeth belong to *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847.

Key words: *Chondrichthyes*, *Osteichthyes*, teeth, Rhaetian, Belianske Tatry Mts., Western Carpathians, Slovakia

Úvod

Výskum fosílnej rybej fauny z triasových uložení prebiehal v posledných troch rokoch na lokalite Kardolína v Belianskych Tatrách. Bol zameraný najmä na spodnú časť profilu. Žraločie a rybie zvyšky sa našli prevažne v tzv. horizonte „bone-bed", ktorý býva špeciálne bohatý na zvyšky fosílnych stavovcov. Nájdená fauna zahŕňala druhy žralokov a rýb typických pre obdobie rétu v Európe.

Z doterajších výskumov v oblasti Západných Karpát sú známe zvyšky rétskych rýb (jednoduché žraloky, zuby a šupiny aktinopterygiidných rýb), ktoré opísali z Tatier v Poľsku Gaździcki (1974) a Duffin a Gaździcki (1977). Neurčené zvyšky rýb z rétu boli spomenuté v prácach Michalíka (1977, 1979) a Gaździckého et al. (1979).

Geologické pomery

Profil lokality Kardolína sa nachádza na strmom svahu vrchu Pálenica (1 174 m n. m. ssv. od osady Tatranská Kotlina) vo východnej časti Belianskych Tatier (obr. 1). Reprezentuje jeden z najúplnejších profilov fatranského súvrstvia (Michalík et al., 2007). Je bohatý na výskyt fosílnych mäkkýšov, lastúrnikov, brachiopódov, koralov, ježoviek, dierkavcov, lastúrničiek a rias.

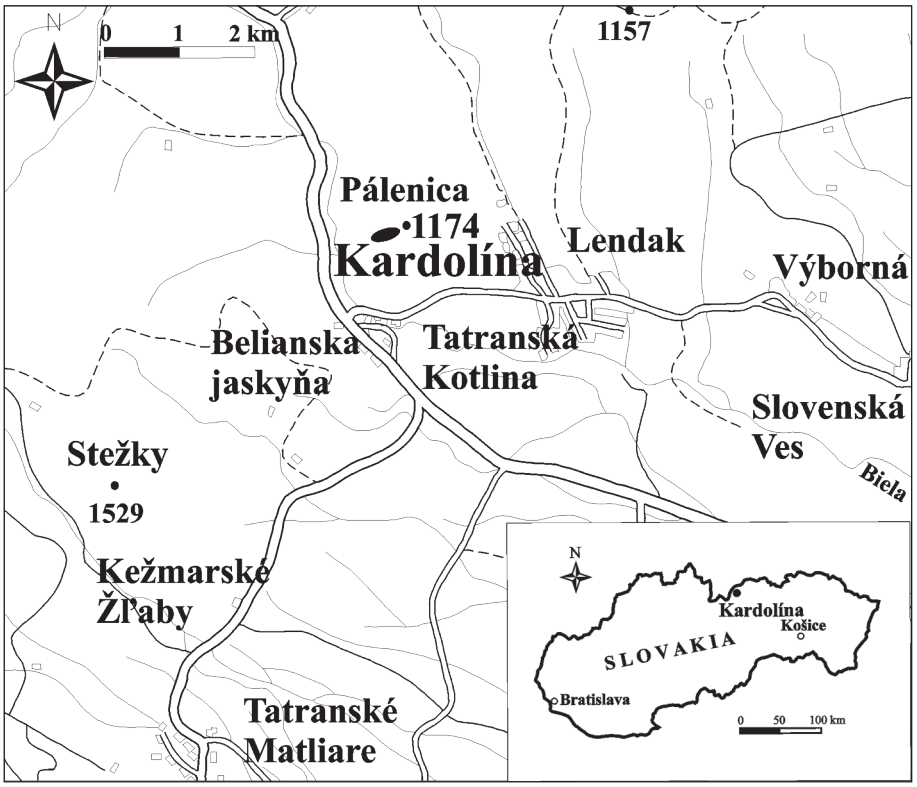
Celková hrúbka fatranského súvrstvia je rozdielna, pohybuje sa od 25 m do maximálne 116 m v mieste najväčšej subsidencie. Michalík (1977, 1978), Michalík et al. (2007) a Gaździcki et al. (1979) vyčlenili vo fatranskom súvrství 5 neformálnych členov. V poradí zdola nahor sú to: 1. *bazálne vrstvy*, pre ktoré sú charakteristické tmavosivé až čierne ílovce s vložkami slienitých, často laminovaných dolomitov, jemnozrnné prachovce, slieňovce alebo lumachelové vápence, v ktorých sa nachádzajú lastúrniky, ulitníky a len vzácne stenohalinné organizmy; 2. *spodný biostromatický člen*, ktorý obsahuje pomerne viac diverzifikovanú asociáciu neritických organizmov (ramenonožce, koraly, hubky, krinoidy, riasy atď.); 3. *jalový interval*, ktorý formujú predovšetkým dolomity, dolomitizované vápence a redeponované klastické vápence; 4. *vrchný biostromatický člen*, ktorý je podobný na *spodný biostromatický člen*, obsahuje faunu koralov, dierkavcov a iných organizmov; 5. *prechodné vrstvy*, ktoré obsahujú niekoľko atypických litologických horizontov, zahŕňajúcich mikritické ostrakódové vápence so zvlnenými zvrstveniami, oolitické vápence a kremito-piesčité lumachelové vápence s lastúrnikmi a dierkavcami.

Materiál a metodika

Zuby žralokov pochádzajú z kondenzovaných horizontov typu „bone-bed" na povrchu vrstiev 2.2 a 2.3. Rybie zvyšky (izolované zuby) pochádzajú aj z vrstiev 2.3, 3.4, 13/14 a 14 (obr. 2).

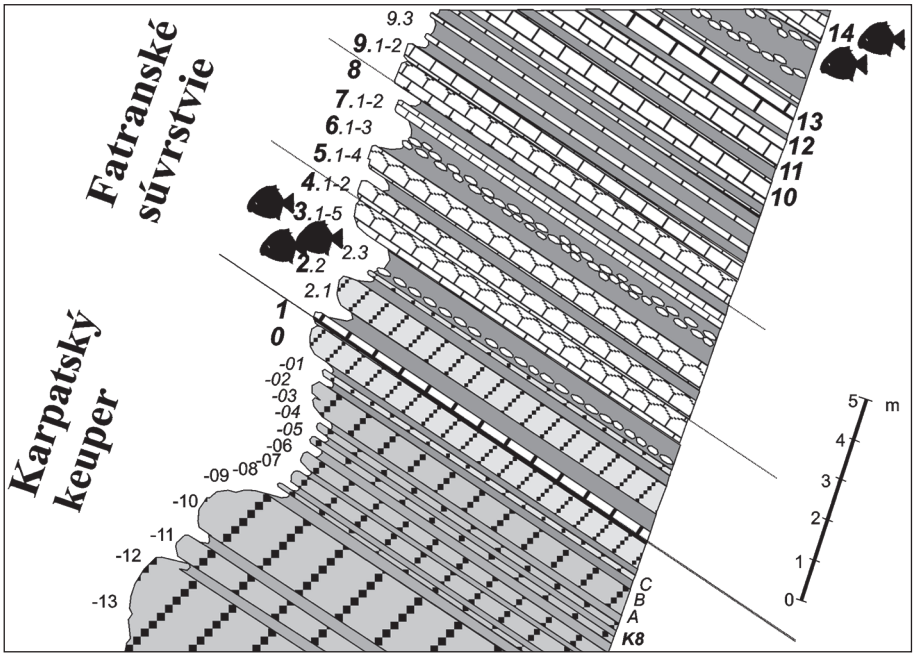
Študovaný materiál opísaný v tomto príspevku sa skladá z 25 žraločích zubov a 31 zubov rýb, ktoré sú uložené v zbierkach Slovenského národného múzea v Bratislave.

Sediment z horizontu „bone-bed" sa rozpúšťal v kyseline octovej a vo vode, plavil sa a triedil pod binokulárnou lupou. Z ostatných vrstiev sa priamo získal odberom na mieste z horniny. Na fotografovanie sa vzorky pripravovali v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave. Samotné fotografie zubov sa zhotovili na rastrovacom elektrónovom mikroskope typu JSM-6390 (JEOL) v Banskej Bystrici.



Obr. 1. Geografická pozícia študovanej lokality.

Fig. 1. Location of studied locality.



Obr. 2. Schematický profil spodnej časti lokality Kardolína (upravené podľa Michalíka, nepublikované).

Fig. 2. Schematic profile of bottom part of locality Kardolína (modified by Michalík, unpublished).

Systematická časť

Systematické zaradenie taxonomických jednotiek na základe opísaných žraločích zubov je podľa Cappetta (1987) a rybích zubov podľa Swifta a Martilla (1999).

Supertrieda: ***Chondrichthyes*** HUXLEY, 1880
Trieda: ***Elasmobranchii*** BONAPARTE, 1838
Rad: ***Hybodontiformes*** MAISEY, 1975
Superčeľaď: ***Hybodontoidea*** OWEN, 1846
Rod: ***Hybodus*** AGASSIZ, 1837
Hybodus minor AGASSIZ**,** 1837
(tab. 1, foto 1)

1837 *Hybodus minor* AGASSIZ; Agassiz
1998 *Hybodus minor* AGASSIZ, 1833, 1837?; Delsate, p. 22, Pl. A, Fig. 3
1999 *Hybodus minor* AGASSIZ, 1837; Swift & Martill, p. 193, Pl. 26, Figs. 1 – 4

Materiál: 1 zub z vrstvy „bone-bed".
Opis: Druh je opísaný na základe jedného izolovaného zuba. Zub má výšku do 1,5 mm, je symetrický, s vyšším kolmým centrálnym vrcholom, po bokoch z každej strany s dvomi menšími vrcholmi. Vonkajšie vrcholy sú najmenšie. Stredový vrchol má značne širokú bázu, je jazykovito uklonený v postrannom pohľade. Vrcholy majú mierne ostré bočné rezné boky. Koreň je pomerne plytký. V bazálnom pohľade má zhruba polkruhovitý tvar a je perforovaný drobnými dierkami.
Poznámka: *Hybodus minor* pôvodne opísal Agassiz (1837, in Swift a Martill, 1999) na základe malého dorzálneho plutvového tŕňa z vrstvy „bone-bed" z formácie Westbury ("Rhaetic Bone Bed") z južného brehu rieky Severn blízko Berkeley. Agassiz (1837) potom nájdený zub priradil tak isto do tohto istého taxónu, aj keď nie je zaručené, že zub aj plutvový tŕň patria k sebe (Swift a Martill, 1999).
Rozšírenie: *Hybodus minor* je veľmi známy v priebehu európskeho rétu a tak isto sa zaznamenal v norických horninách v Luxembursku (Duffin, 1993). Prednorické záznamy citované v staršej literatúre poukazujú na rozpätie druhov z ladinu do rétu, hoci tvrdenie je ešte potrebné doložiť (Duffin a Delsate, 1993). V rámci skupiny Penarth sú zuby prítomné všade, najmä v súvrství Westbury, a najmä vo vrstve „bone-bed".

Čeľaď: ***Lonchidiidae*** HERMAN, 1977
Rod: ***Lissodus*** BROUGH, 1935
Lissodus minimus AGASSIZ, 1839
(tab. 1, foto 2a, b)

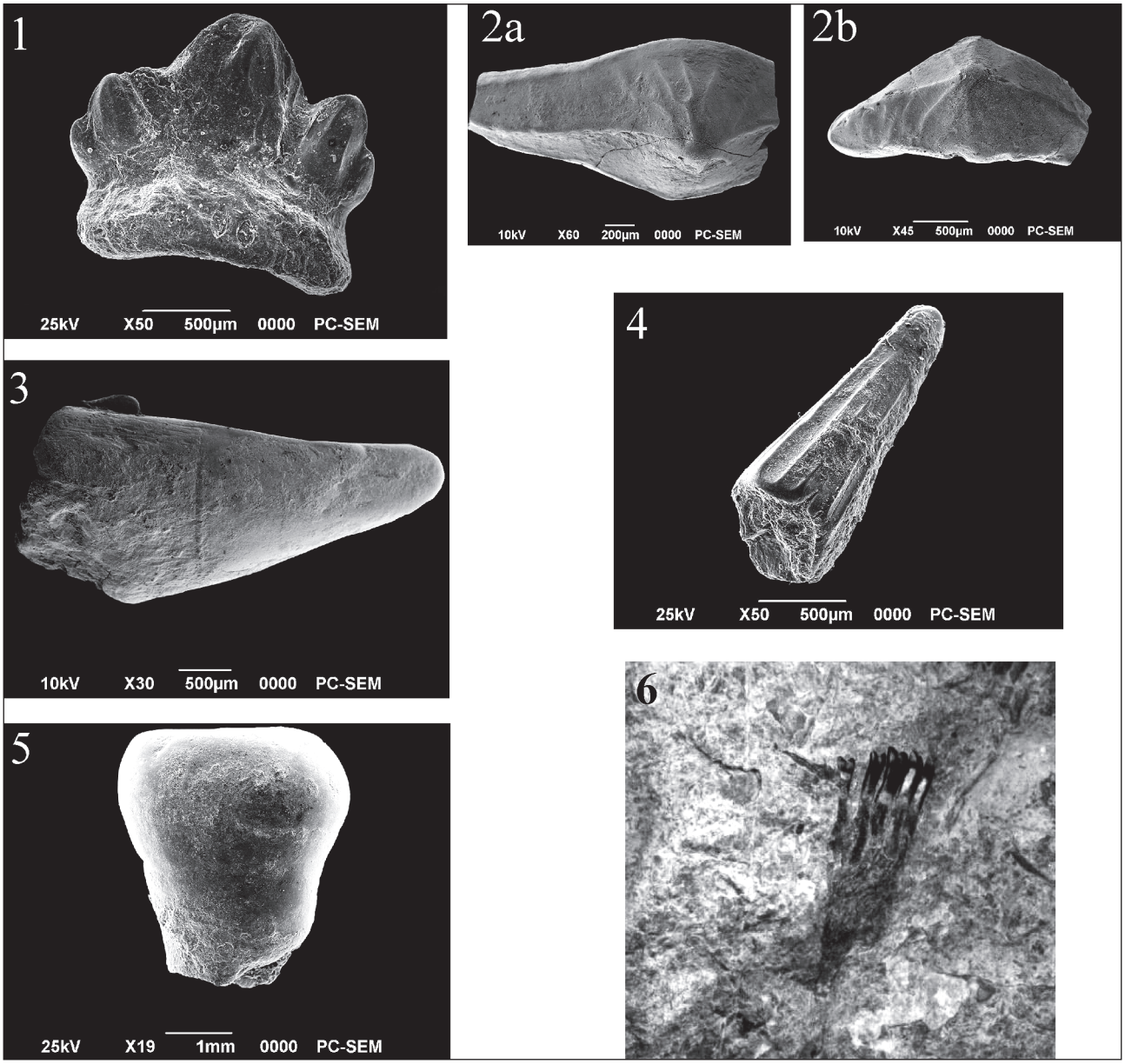
1839 *Acrodus minimus* AGASSIZ; Agassiz, 3, p. 145, Pl. 22, Figs. 6 – 12
1839 *Acrodus acutus* AGASSIZ; Agassiz, 3, p. 146, Pl. 22, Figs. 13 – 15
1844 *Thectodus inflatus* MEYER et PLIENINGER; Meyer & Plieninger, p. 116, Pl. 10, Fig. 20
1844 *Thectodus glaber* MEYER et PLIENINGER; Meyer & Plieninger, p. 116, Pl. 10, Fig. 21
1844 *Thectodus tricuspidatus* MEYER et PLIENINGER; Meyer & Plieninger, p. 116, Pl. 10, Fig. 27; Pl. 12, Fig. 29
1977 *Acrodus minimus* AGASSIZ; Duffin & Gaździcki, p. 335, Pl. 1, Figs. 1 – 3
1998 *Lissodus minimus* AGASSIZ, 1834; Delsate, p. 21, Pl. A, Fig. 2
1999 *Lissodus minimus* (AGASSIZ, 1839); Swift & Martill, p. 199, Pl. 26, Figs. 8

Materiál: 23 zubov, niektoré mierne poškodené, z vrstvy „bone-bed".
Opis: Izolované zuby sú dlhé do 4 mm. Korunka je nízko profilovaná, s tupým centrálnym vrcholom rozdeleným na 5 nízkych bočných hrotov. Korunka je ornamentovaná sériou rozdvojených vertikálnych hrebeňov vystupujúcich z vrcholu na labiálnu a linguálnu stranu. Stlačená jazva vyplývajúca zo zubného kontaktu čeľuste je vyvinutá na linguálnej strane centrálneho vrcholu. Koreň je približne rovnako vysoký ako korunka a má veľmi plytkú vrchnú časť na labiálnej strane. Labiálna časť koreňa je vydutá, v spodnej časti s väčšími neusporiadanými dierkami.
Poznámka: Tento druh bol pôvodne zaradený do rodu *Acrodus* a pôvodne sa v mnohých starších prácach opisoval ako *Acrodus minimus* (Agassiz ho v roku 1839 opísal ako *Acrodus minimus*, väčšinou z formácie vo Westbury). Len v poslednom čase bol pridelený k rodu *Lissodus* a je to jeden z najhojnejších, najviac známych členov rodu. Slabo klenuté zuby boli dobre prispôsobené na drvenie bentických bezschránkových bezstavovcov, ako aj na drvenie schránok ulitníkov, lastúrnikov a kôrovcov (Swift a Martill, 1999).
Rozšírenie: *Lissodus minimus* sa zaznamenal prakticky zo všetkých lokalít skupiny Penarth a na lokalitách európskeho rétu, kde predstavuje jednu z hlavných zložiek fauny stavovcov. Duffin a Gaździcki (1977) opísali 23 zubov z Lejowej doliny v Poľsku.

Trieda: ***Osteichthyes*** HUXLEY, 1880
Subtrieda: ***Actinopterygii*** KLEIN, 1885
Čeľaď: ***Incertae sedis***
Rod: ***Severnichthys*** Storrs, 1994
Severnichthys acuminatus (AGASSIZ, 1835)
(tab. 1, foto 3, 4)

1835 *Saurichthys acuminatus* AGASSIZ, p. 86, Pl. 55A, Figs. 1 – 5
1835 *Saurichthys longidens* AGASSIZ, p. 87, Pl. 55A, Figs. 17, 18
1843 *Saurichthys apicalis* AGASSIZ; Portlock, p. 470, Pl. 14, Fig. 19
1872 *Saurichthys apicali* AGASSIZ; Etheridge, p. 64, Pl. 2, Figs. 5, 6
1875 *Metopius diagnosticus* VON MEYER; Miall, p. 157
1889 *Saurichthys acuminatus* AGASSIZ; Woodward, p. 301, Pl. 14, Figs. 7, 8
1890 Labyrinthodontia, genus non det.; Lydekker, p. 157
1894 *Termatosaurus crocodilinus* QUENSTEDT; Browne, p. 749
1921 *Birgeria acuminatus* (AGASSIZ); Stensiö, p. 150

1946 *Metopius diagnosticus* Von Meyer; Reynolds, p. 35, Pl. 4, Fig. B
1966 *Birgeria acuminata* (Agassiz); Savage & Large, p. 138, Pl. 20
1969 *Saurichthys acuminatus* Agassiz; Monteyne, p. 3
1970 *Birgeria acuminata* (Agassiz); Sykes et al., p. 250, Pl. 16, Figs. 1, 6, 7
1970 *Saurichthys longidens* Agassiz; Sykes et al., p. 250, Pl. 16, Figs. 2, 3, 8, 9
1977 *Saurichthys longidens* Agassiz; Duffin & Gazdzicki, p. 346, Pl. 1, Fig. 7
1977 *Birgeria acuminata* (Agassiz); Duffin & Gazdzicki, p. 346, Pl. 1, Fig. 8
1978 *Birgeria acuminata* (Agassiz); Duffin, p. 184
1978 *Saurichthys longidens* Agassiz; Duffin, p. 184
1980 *Birgeria acuminata* (Agassiz); Duffin, p. 258
1980 *Saurichthys longidens* (Agassiz); Duffin, p. 258
1986 *Birgeria acuminata* (Agassiz); Martill & Dawn, p. 130



Tab. 1. 1 – *Hybodus minor* Agassiz, 1837, **2a**, **2b** – *Lissodus minimus* Agassiz, 1839, **3** – **4** – *Severnichthys acuminatus* (Agassiz, 1835), **3** – typ zuba *Birgeria acuminata*, **4** – typ zuba *Saurichthys longidens*, **5** – **6** – *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847, **5** – molariformný typ zuba druhu *Sargodon tomicus*, **6** – incisiformný typ zuba druhu *Sargodon tomicus*.

Tab. 1. 1 – *Hybodus minor* Agassiz, 1837, **2a**, **2b** – *Lissodus minimus* Agassiz, 1839, **3** – **4** – *Severnichthys acuminatus* (Agassiz, 1835), **3** – tooth of *Birgeria acuminata* type, **4** – tooth of *Saurichthys longidens* type, **5** – **6** – *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847, **5** – molariform tooth of *Sargodon tomicus*, **6** – incisiform tooth of *Sargodon tomicus*.

1986 *Saurichthys longidens* AGASSIZ; Martill & Dawn, p. 130
1992 *Birgeria acuminata* (AGASSIZ); Bürgin & Furrer, p. 936, Figs. 1 – 6
1993 *Saurichthys longidens* AGASSIZ; Bürgin & Furrer, p. 1 015, 1 026
1993 *Birgeria acuminata* (AGASSIZ); Bürgin & Furrer, p. 1 016, 1 018, 1 027
1993 *Birgeria acuminata* (AGASSIZ); Duffin & Delsate, p. 33, 35, 37, 38, Pl. 4, Fig. 2
1993 *Saurichthys longidens* AGASSIZ; Duffin & Delsate, p. 35, 37, 38, Pl. 4, Fig. 3
1994 *Severnichthys acuminatus* (AGASSIZ, 1835); Storrs, p. 234, Figs. 5B-F, 6
1999 *Severnichthys acuminatus* (AGASSIZ, 1835); Swift & Martill, p. 215, Pl. 27, Figs. 10 – 12

Materiál: 6 zubov (3 zuby typu *Birgeria acuminata,* mierne poškodené z vrstvy „bone-bed", a 1 zub z medzivrstvy 13/14; 2 zuby typu *Saurichthys longidens,* mierne poškodené, z vrstvy „bone-bed").

Opis: Dva typy zubov klovitého výzoru sa priraďujú k tomuto druhu, predtým sa určovali ako rozdielne taxóny. Zuby typu *Birgeria acuminata* (tab. 1, foto 3) sú kolmé, kónické, dlhé do 15 mm. Priehľadný emailový hrot predstavuje do 50 % celkovej výšky zuba. Hlavica je oddelená od ostatného zuba popredným hrebeňom, môže byť pomerne stlačená a smerovať laterálne odrezaným koncom. Dokonalý vertikálny hrebeň vystupuje hlavicou smerom k vrcholu. Zuby typu *Saurichthys longidens* (tab. 1, foto 4) sú kolmé, ale v obryse sigmoidálne. Priehľadná neornamentovaná hlavica je oveľa menšia než pri type *Birgeria acuminata*, často menšia než 10 % dĺžky zuba. Spodná časť je silne hrebeňovitá. Báza je tým trocha presvetlená. Spodné hrebene môžu byť silne vrúbkované.

Poznámka: Jedince druhu *Severnichthys acuminatus* predstavovali typickú skupinu mäsožravých aktinopterygiidných rýb. *Severnichthys acuminatus* sa v minulosti opisoval ako dva rozdielne druhy, a to *Birgeria acuminata* (AGASSIZ, 1839) a *Saurichthys longidens* AGASSIZ, 1834 (pozri synonymiku). Nájdené kónické zuby zo skupiny Penarth boli opísané Stensiö (1921) ako *Birgeria acuminata*. Na profile z Aust a Westbury Garden sa našli zubné kosti nesúce zuby. Tieto vzorky boli vhodné na odstránenie celého nomenklatúrneho problému. Zuby opísané ako *Birgeria acuminata* a *Saurichthys longidens* sa vyskytovali spoločne na jednej čeľusti. Niektorý nájdený materiál bol v minulosti nesprávne identifikovaný ako zuby a čeľuste labyrintodontných obojživelníkov. Savage a Large (1966) aj Storrs (1994) priniesli vhodný argument a potvrdili pravdivosť výskytu *Severnichthys* a následne absenciu labyrintodontných obojživelníkov v skupine Penarth.

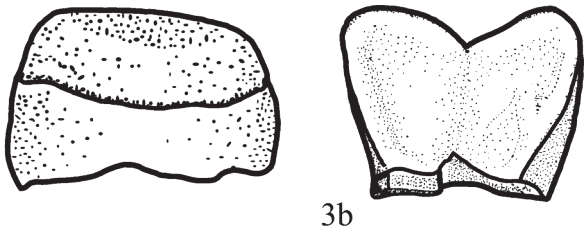
Rozšírenie: Nálezy zubov sa našli v skupine Penarth. Sú charakteristické aj vo vrstve „bone-bed" formácie Westbury, pričom zvyšky kostí sú známe z mnohých iných lokalít (Swift a Martill, 1999). Savage a Large (1966) opísali nálezy niekoľkých zubov typu *Birgeria acuminata* z Bristol Channel. Duffin a Gaździcki (1977) opísali 13 zubov typu *Birgeria acuminata* a 9 zubov typu *Saurichthys longidens* z lokality v Lejowej doline a Hrádok v Poľsku.

Rad: ***Semionotiformes*** ARAMBOURG et BERTINI, 1958
Čeľaď: **SEMIONOTIDAE** WOODWARD, 1890
Rod: ***Sargodon*** PLIENINGER, 1847
Sargodon tomicus PLIENINGER, 1847
(tab. 1, foto 5, 6)

1847 *Sargodon tomicus* PLIENINGER; Plieninger, p. 165, Pl. 1, Figs. 5 – 10
1853 – 1860 *Omalopleurus speciosus* COSTA, p. 59, Fig. 1
1892 *Dapedius costai* BASSANI, p. 8
1895 *Dapedius costae* BASSANI, p. 197, Pl. 12, Figs. 1 – 3; Pl. 15, Fig. 55
1937 *Sargodon tomicus* BONI, p. 630, Pl. 2, Figs. 3 – 8; Pl. 3, Fig. 3, 4; Pl. 6, Figs. 1 – 3
1977 *Sargodon tomicus* PLIENINGER, 1847; Duffin & Gaździcki, p. 340, Text-figs. 6 – 7
1978 *Sargodon tomicus* PLIENINGER, 1847; Orvig, p. 322, Figs. 25 – 27, 47 – 52
1983 *Sargodon tomicus* PLIENINGER, 1847; Tintori, p. 418, Pl. 36; Pl. 37, Fig. 1
1988 *Sargodon tomicus* PLIENINGER, 1847; Muscio, p. 58, Figs. 2 – 3
1999 *Sargodon tomicus* PLIENINGER, 1847; Swift & Martill, p. 217, Pl. 29, Text-fig. 19D

Materiál: 6 incisiformných a 9 molariformných typov zubov, niektoré čiastočne poškodené.

Opis: Dva typy zubov sa zaraďujú k druhu *Sargodon tomicus*. Molariformné typy zubov (obr. 3a) majú charakter „gombíčkov" a pozostávajú z izolovanej hemisférickej korunky, ktorá je kruhovitá až oválna a meria v priemere do 4 mm (nezriedka bývajú tieto korunky silne opotrebované). Molariformné zuby boli usporiadané v pozdĺžnych radoch v obidvoch horných aj v spodných čeľustiach. Najmenšie zuby boli vpredu a po bokoch boli spolu s ozubenými plôškami. Incisiformné typy zubov (obr. 3b) sú dlhé do 14 mm a obsahujú dlátovito vyzerajúcu korunku s hlbokým koreňom.



Obr. 3. a – Schematický nákres molariformného typu zuba druhu *Sargodon tomicus*, **b** – schematický nákres incisiformného typu zuba druhu *Sargodon tomicus* (upravené podľa Duffina a Gaździckého, 1977).

Fig. 3. a – Schematic sketch of molariform tooth of *Sargodon tomicus*, **b** – schematic sketch of incisiform tooth of *Sargodon tomicus* inner (modified after Duffin and Gaździcki, 1977).

Jazykovitý tvar korunky sa rozdeľuje na dve časti. Ako vo všetkých rozštiepených korunkách, najvyšší vrchol je umiestnený v blízkosti stredu v ústach.

Poznámka: Na základe dobre zakonzervovaného nálezu z norika v severnom Taliansku Tintori (1983) konštatoval, že *Sargodon* mal veľmi široké telo dosahujúce dĺžku do 1 m a v čeľusti delené, 3- až 6-incisiformné typy zubov na zubnej kosti a s tromi zubami na premaxile. Šupiny majú premenlivý tvar, od obdĺžnikovitého po subpentagonálny, s jemným neornamentovaným vonkajším povrchom. Incisiformné zuby sa asi používali na trhanie mäkkýšov zo substrátu a skupina molariformných zubov umožňovala ich efektívne drvenie (Swift a Martill, 1999).

Rozšírenie: Dlhší čas bol *Sargodon tomicus* charakteristický len pre rétske sedimenty z Württembergu, Anglicka a Talianska a niekoľko izolovaných zubov bolo známych z rétu vo Francúzsku (Guerin, 1958; Lehman, 1966; Danilchenko, 1967). Nálezy z Talianska opísal Boni (1937). Ohlásil nálezy niekoľkých izolovaných zubov z rétu z Lombardie, dva fragmenty kostí so zubami molariformného typu z Valcava (Bergamo) a jeden incisiformný typ zuba z pohoria Cetona (Umbria). Iba v roku 1983 Tintori opísal prvú kompletnú vzorku pochádzajúcu z norických hornín z Lombardie. Tintori priradil k druhu *Sargodon tomicus* niekoľko fragmentov z norika z Giffoni (Salerno), ktoré predtým opísal Costa (1853 – 1860) a Bassani (1892 – 1895) ich priradil do rodu *Dapedium*. *Saurichthys* bol teda relatívne kozmopolitný. Našiel sa v sedimentoch na všetkých kontinentoch okrem Antarktídy. Duffin a Gaździcki (1977) opísali 1 incisiformný typ a 3 molariformné typy zubov z Lejowej doliny v Poľsku.

Záver

Práca vznikla na základe terénneho výskumu spodnej časti profilu Kardolína a priniesla nové poznatky o rybej faune na Slovensku. Sú to prvé opísané nálezy rétskych žralokov a rýb na Slovensku.

Báza fatranského súvrstvia na lokalite Kardolína obsahuje záznam o kolonizácii morskej fauny (žraloky a ryby) počas rétskej transgresie, keď dominovali najmä druhy *Lissodus minimus* Agassiz, 1839 a *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847. V ostatných skúmaných vrstvách sa našli len zuby druhu *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847 a v medzivrstve 13/14 sa našiel jeden zub patriaci k typu *Birgeria acuminata*.

Všetky nájdené druhy žralokov a „primitívnych" jednoduchých aktinopterygiidných rýb boli morské predátory, ktoré sa živili najmä mäkkýšmi alebo menšími rybami. Nasvedčuje tomu ich tvar zubov. Dosahovali rozmery do 1 m. Žili v príbrežnej oblasti.

Poďakovanie. Ďakujem kolegom z Geologického ústavu SAV v Bratislave doc. J. Michalíkovi, Mgr. P. Ledvákovi a Mgr. M. Golejovi za pomoc pri odbere materiálu. Ďakujem prof. A. Tintorimu (Taliansko) za poskytnutú literatúru a konzultácie pri určovaní vzoriek. Okrem toho ďakujem RNDr. I. Holickému (Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v Bratislave) za prípravu vzoriek na fotenie a Mgr. N. Halášiovej (Geologický ústav SAV Banská Bystrica) za zhotovenie fotografií na rastrovacom elektrónovom mikroskope.

Práca vznikla s podporou VEGA (projekt 0196).

Literatúra

Agassiz, L., 1833 – 1843: Recherches sur les poissons fossiles. Vol. 1 – 5. *Neuchatel, 1 420 p.*

Bassani, F., 1892 – 1895: La ittiofauna della Dolomia Principale di Giffoni (prov. Di Salermo). *In: Paleont. It. (Pisa), 1, pp. 169 – 210.*

Boni, A., 1937: Vertebrati Retici Italiani. *In: Mem. Acc. Naz. Lincei (Roma), 6, 6, 10, pp. 521 – 719.*

Browne, M., 1894: On some vertebrate remains not hitherto recorded from the Rhaetic beds of Britain. *Report of the British Association for the Advancement of Science, 1893 (1894), pp. 748 – 749.*

Bürgin, T. & Furrer, H., 1992: Zähne und Kieferreste der Gattung Birgeria (Osteichthyes, Actinopterygii) aus der ostalpinen Obertrias der Bergüner Stöcke (Kanton Graubünden, Schweiz). *In: Eclogae geol. Helv. (Basel), 85, pp. 931 – 946.*

Bürgin, T. & Furrer, H., 1993: Kieferreste eines grossen strahlenflossers (Osteichthyes; Actinopterygii) aus der ostalpinen Obertrias der Bergüner Stöcke (Kanton Graubünden, Schweiz) und Diskussion der Validität von ?*Birgeria costata* (Münster 1839). *In: Eclogae geol. Helv. (Basel), 86, pp. 1 015 – 1 029.*

Cappetta, H., 1987: Chondrichthyes II, Mesozoic and Cenozoic Elasmobranchii. *In: Handbook of Paleoichthyology, 3B, pp. 1 – 193.*

Costa, O. G., 1853 – 1860: Ittiologia fossile italiana. Pp, Napoli, VII + 77.

Danilchenko, P. G., 1967: Superorder Holostei. Bony ganoids. *In: Obruchev, D. V. (ed.): Fundamentals of Paleontology. A manual for paleontologists and geologists of the U. S. S. R.: Agnathi Pisces. Israel Progr. Sci. Transl. (Jerusalem), 11, pp. 580 – 603.*

Delsate, D., 1998: Mammifères, Thérapsides, Archodaures et Poissons du Rhéten de Syren (Trias supérieur du Grand-Duché de Luxembourg). *Lithorama (Bruxelles), 25, 7, pp. 18 – 36.*

Duffin, C. J., 1978: Tropifer laevis Gould (Coleidae: Crustacea) and a new crustacean from the Rhaetian bone bed of Aust Cliff, Avon. *In: Zool. Journal Linnean Soc., 64, pp. 177 – 185.*

Duffin, C. J., 1980: Marine vertebrates from the North-east European Rhaetic (Upper Triassic). *Unpubl. Ph. D. thesis. London, University college, 326 p.*

Duffin, C. J., 1993: Mesozoic chondrichthyan faunas. 1. Middle Norian (Upper Triassic) of Luxembourg. *In: Palaeontographica, Abt. A (Stuttgart), 229, pp. 15 – 36.*

Duffin, C. J. & Delsate, D., 1993: The age of the Upper Triassic vertebrate fauna from Attert (Province of Luxembourg, Belgium). *In: Profess. Paper Belgian Geol. Surv. (Brussels), 264, pp. 33 – 44.*

Duffin, C. J. & Gaździcki, A., 1977: Rhaetian fish remains from the Tatra Mountains. *In: Acta geol. pol. (Warszawa), 27, pp. 333 – 348.*

Etheridge, R., 1872: On the physical structure and organic remains of the Penarth (Rhaetic) beds of Penarth and Lavernock; also with description of the Westbury-on-Severn section. *In: Transactions of the Cardiff Naturalists´ Society, 3, pp. 39 – 64.*

Gaździcki, A., 1974: Rhaetian microfacies, stratigraphy and facial development in the Tatra Mts. *In: Acta geol. pol. (Warszawa), 24, 1, pp. 17 – 96.*

Gaździcki, A., Michalík, J., Planderová, E. & Sýkora, M., 1979: An Upper Triassic–Lower Jurassic sequence in the Krížna nappe (W. Tatra Mts., W. Carpathians, Czechoslovakia). *In: Západ. Karpaty, Sér. Geol., No. 5, pp. 119 – 148.*

GUERIN, S., 1958: Contribution a l´etude geologique et paleontologique du Trias superieur et du Lias inferieur de la region de Saint-Rambart-en-Bugey (Jura meridionel). *In: Sci. de la Terre (Nancy), No. 5, pp. 13 – 51.*

LEHMAN, J. P., 1966: Actinopterygii. *In: Piveteau, J. (ed.): Traitè de Paleontologie. Paris, Masson, 4, 3, pp. 1 – 242.*

LYDEKKER, R., 1890: Catalogue of the Fossil Reptilia and Amphibia in the British Museum: Part IV. Anomodontia, Ecaudata, Caudata, and Labyrinthodontia; and supplement. London, British Museum, Natural History.

MARTILL, D. M. & DAWN, A., 1986: Fossil vertebrates from new exposures of the Westbury Formation (Upper Triassic) at Newark, Nottinghamshire. *In: Mercian Geol. (Nottingham), No. 10, pp. 127 – 133.*

MEYER, H. von & PLIENINGER, T., 1844: Beiträge zur Paläontologie Württembergs, enthaltend die fossilen Wirbelthierreste aus den Triasgebilden mit besonderer Rücksicht auf die Labyrinthodonten des Keupers. Fol., Stuttgart, pp. 1 – 132.

MIALL, L. C., 1875: On the structure and classification of the labyrinthodonts. *In: Rep. Brit. Ass. Advanc. Sci. For 1874, pp. 149 – 192.*

MICHALÍK, J., 1977: Paläogeographische Untersuchungen der Fatra-Schichten (Kössen Formation) des N Teiles des Fatrikums in den Westkarpaten. *In: Geol. Zbor. Geol. carpath. (Bratislava), Vol. 28, No. 1, pp. 71 – 94.*

MICHALÍK, J., 1978: To the paleogeography, paleotectonics and paleoclimatology of the uppermost Triassic of the West Carpathians. *In: Vozár, J. (ed.): Paleogeographic development of the Western Carpathians. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, pp. 189 – 211*.

MICHALÍK, J., 1979: Paleobiogeography of the Fatra Formation of the uppermost Triassic of the W. Carpathians. *In: Paleont. Konf. 1978. Praha, Univerzita Karlova, pp. 25 – 39.*

MICHALÍK, J., LINTNEROVÁ, O., GAŹDZICKI, A. & SOTÁK, J., 2007: Record of environmental changes in the Triassic-Jurassic boundary interval in the Zliechov Basin, W. Carpathians. *In: Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. (Amsterdam), 244, pp. 71 – 88.*

MONTEYNE, R., 1969: Une Coupe de Référence dans le Rhétien du Bas-Luxembourg Belge. *In: Belgian Geol. Surv., Profess. Paper, 2, pp. 1 – 6.*

MUSCIO, G., 1988: *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847 from the Norian of Val Preone (Udine, Italy). *Gortania, Atti Museo Friul. Storia Nat., Udine, 9, pp. 57 – 66.*

ORVIG, T., 1978: Microstructure and growth of the dermal skeleton in fossil Actinopterygian fishes: Nephrotus and Colobodus, with remarks on the dentition in other forms. *In: Zool. Scr. (Stockholm), Vol. 7, No. 4, pp. 297 – 326.*

PLIENINGER, T., 1847: Abbildungen von Zahnen aus der oberen Grenzbreccie des Keupers bei Degerloch und Steinenbronn. *In: Jahresh. Ver. Vaterl. Naturk. Wurttemb. (Stuttgart), 3, pp. 164 – 167.*

PORTLOCK, J. E., 1843: Report on the geology of the country of Londonderry, and parts of Tyrone and Fermanagh. Dublin, H. M. S. O.

REYNOLDS, S. H., 1946: The Aust section. *In: Proc. Cotteswold Nat. Fld. Cl., 29, pp. 29 – 39.*

SAVAGE, R. J. G. & LARGE, N. F., 1966: On Birgeria acuminata and the absence of labyrinthodonts from the Rhaetic. *In: Palaeontology (London), Vol. 9, No. 1, pp. 135 – 141.*

STENSIÖ, E. A., 1921: Triassic fishes from Spitzbergen. Part 1, Vienna, *307 p.*

STORRS, G. W., 1994: Fossil vertebrate faunas of the British Rhaetian (latest Triassic). *In: Zool. Journal Linnean Soc., 112, pp. 217 – 259.*

SWIFT, A. & MARTILL, D. M., 1999: Fossils of the Rhaetian Penarth Group. *London, The Palaeontological Association, 312 p.*

SYKES, J. H., CARGILL, J. S. & FRYER, H. G., 1970: The stratigraphy and palaeontology of the Rhaetic beds of Barnstone, Nottinghamshire. *Mercian Geol. (Nottingham), Vol. 3, No. 3, pp. 233 – 264.*

TINTORI, A., 1983: Hypsisomatic Seminotidae (Pisces, Actinopterygii) from the Upper Triassic of Lombardy (N. Italy). *In: Riv. ital. Paleont. Stratigr. (Milano), Vol. 88, No. 3, pp. 417 – 442.*

WOODWARD, A. S., 1889: On a maxilla of *Saurichthys* from the Rhaetic of Aust Cliff, near Bristol. *In: Natur. Hist. (New York), 3, pp. 297 – 302.*

Rukopis doručený 17. 3. 2009
Revidovaná verzia doručená 13. 5. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

Rhaetian *Chondrichthyes* and *Osteichthyes* remains from the Fatra Fm. (Kardolína section, Belianske Tatry Mts., Slovakia)

Rhaetian fish remains (single shark and actinopterygian teeth and scales) were previously reported from Polish slopes of the Tatra Mts. by Gaździcki (1974) and by Duffin & Gaździcki (1977). In Slovakia, undetermined Rhaetian fish remains were mentioned by Michalík (1977, 1979), or by Gaździcki et al. (1979).

The Kardolína section is situated on steep slope of the Mt. Pálenica (NNE of the Tatranská Kotlina village) in the eastern part of the Belianske Tatry Mts. It represents the most complete profile of the Fatra Formation (Michalík et al., 2007), rich in fossil molluscs, brachiopods, corals, echinoderms, foraminifers, ostracods and algae. Shark teeth were collected from "bone-bed" horizont; in interbed between 2.2 and 2.3. In other beds they were not found yet.

Two genera of shark were described. Many small (a few mm) shark teeth belonged of *Lissodus minimus* (Agassiz, 1839). Agassiz in 1839 affiliated them with *Acrodus minimus* from most Westbury Formation. One tooth belonged to *Hybodus minor* Agassiz, 1833. It is characterized by a relatively larger, sharper central cone and fewer lateral cusps (only one or two per side). The cusp is offset to the labial side of the tooth and bear pronounced striae or ribs. Punctate root of the tooth is prominent but varies from a thin platform to a fat or bulbous knob. This root is generally mildly concave or flat-bottomed and is straight along its labial side but broadly curved lingually (Storrs, 1994).

Fish fossils (single teeth) were collected in the lower part of the section (in the "bone-bed" horizont and in beds

2.3, 3.4, 13/14 and 14 as well). We identified *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847, who was characteristic by two morphological types of teeth: by the molariform and by the incisiform types. There is an incisiform type, and dome--like crushing tooth type. Before Italian findings, *Sargodon* was known only by its teeth, which are recorded from Europe, especially from Rhaetian bone-beds of England, France and Germany. *S. tomicus* is a very deep--bodied fish, its maximum depth being slightly less than the standard length: less than 30 cm to more than one meter (Muscio, 1988). Teeth of *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847 belong to the most often finds.

The conical teeth belonged to a "primitive" basal actinopterygians of *Severnichthys acuminatus* (Agassiz, 1835). Two types of teeth are associated with this species; each has previously been assigned to a separate taxon. There are teeth of large predators of the *"Birgeria acuminatus"* type and teeth of the *"Saurichthys longidens"* type. The teeth of the *"Saurichthys longidens"* type has an enamel cap shorter than *"Birgeria acuminatus"* type. The enamel cap terminated proximally by prominent collar; teeth with fine vertical striations, best developed immediately proximal to collar.

The base of the Fatra Fm. in the Kardolína locality contains record of colonization by marine faunas (shark and fish) during the Rhaetian transgression, which become dominated by *Lissodus minimus* Agassiz, 1839 and *Sargodon tomicus* Plieninger, 1847.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 291 – 312
ISSN 0369-2086

Foraminiferové asociácie z lučenského súvrstvia vrtu FGRk-1 (Rimavská kotlina)

ADRIENA ZLINSKÁ

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava,
adriena.zlinska@geology.sk

Foraminiferal associations from the Lučenec Formation in borehole FGRk-1 (Rimavská kotlina Basin, Slovakia)

The borehole FGRk-1 was drilled in the frame of hydrogeothermal evaluation of the Rimavská kotlina Basin northeast of the village Ivanice. Based on foraminifers, the interval 15–625 m was determined as Egerian, corresponding with Szécsény Schlier and being the equivalent of Budikovany and Panica beds of the Lučenec Formation.

Key words: foraminifers, Egerian, Tertiary, Lučenec Formation, Rimavská kotlina Basin

Úvod

V rámci úlohy *Regionálne hydrogeotermálne zhodnotenie Rimavskej kotliny* sa sv. od obce Ivanice a sz. od kúpeľov Číž (obr. 1) realizoval vrt FGRk-1 Ivanice, ktorý prenikol cez sled hornín do hĺbky 1 050 m. V publikácii podávame mikrofaunistickú charakteristiku vrtných vzoriek z egeru do hĺbky 625,0 m. V hĺbke 628,9 m bola stanovená hranica eger/kišcel (Elečko in Marcin et al., 2009) a v hĺbke 765 – 770 m hranica kišcel/eocén a až do konca vrtu eocén (Boorová in Marcin et al., 2009). Detailný profil vrtu je v záverečnej správe Marcina et al. (l. c.).

Organické zvyšky pochádzajúce z vrtnej drviny sa detailne študovali pod binokulárnou lupou a elektrónovým mikroskopom Jeol JSM-840 (pozri fototabuľky, operátor Dr. I. Kostič, grafická úprava autorka). Okrem foraminifer boli prítomné ihličky húb, ostne ježoviek, rybie zúbky, pyritizované rozsievky, vzácne ostrakódy, mäkkýše, úlomky bryozoí a „veľkých" foraminifer (*Operculina* a *Amphistegina* v hĺbke 620 m; tab. 1).

Vymedzenie Rimavskej kotliny

Rimavská kotlina a priľahlé územie podľa Mazúra a Lukniša (1978) pozostáva z nasledujúcich geomorfologických jednotiek (obr. 2):

– Rimavská kotlina,
– Bodvianska pahorkatina (západná časť),
– Cerová vrchovina (východná časť),
– okraje Revúckej vrchoviny – Pokoradzská a Blžská tabuľa.

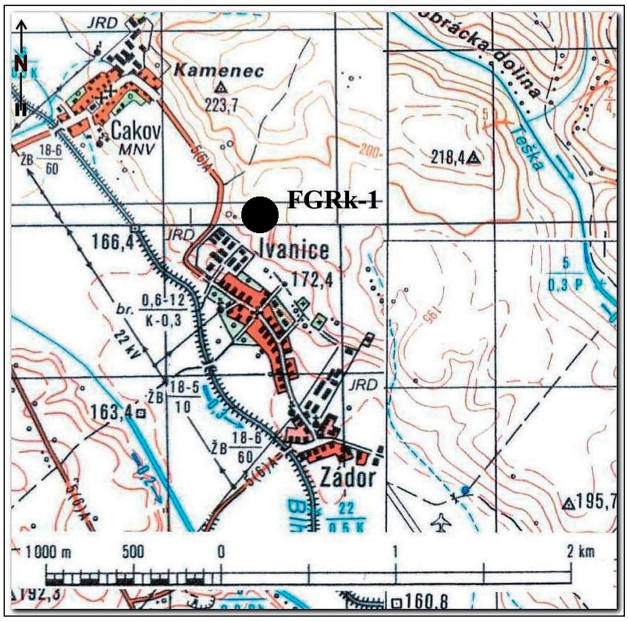
Rimavská kotlina predstavuje nížinné územie a kotlinovú pahorkatinu, ktorá prechádza do západných výbežkov Bodvianskej pahorkatiny. Pahorkatiny predstavujú zvyšky pliocénneho zarovnaného povrchu a v kotline sú rozčlenené systémom terasových dolín Rimavy, Blhu, Slanej a ich prítokov. Povrch pahorkatiny dosahuje maximálnu nadmorskú výšku 300 m (Ipeľník). Najnižšie položené miesta riečnych nív majú nadmorskú výšku okolo 150 m.

Východná časť Cerovej vrchoviny sa tiahne pozdĺž slovensko-maďarských štátnych hraníc od obce Vlkyňa smerom na západ. Je morfologicky výrazne rozčlenená, so zvyškami viacerých predkvartérnych rovní. Maximálna nadmorská výška dosahuje 390 m (Pohanský vrch).

Okraje Revúckej vrchoviny predstavujú Pokoradzská a Blžská tabuľa. Sú to rozčlenené zvyšky zarovnaného povrchu na úpätí Slovenského rudohoria. Najväčšia nadmorská výška je 500 m (Palaska 518 m).

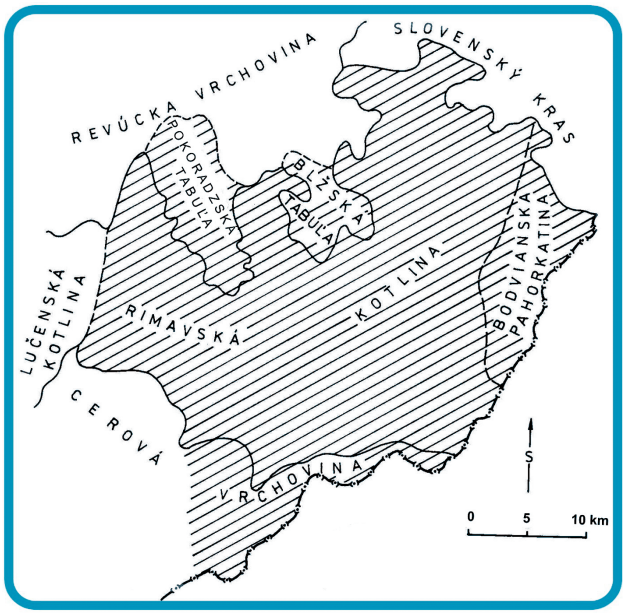
Z geologického hľadiska predstavuje Rimavská kotlina oblasť, ktorú vypĺňajú klastické sedimenty oligocénu a spodného miocénu (kišcel, eger). Cerovú vrchovinu budujú sedimenty spodného miocénu (egenburg). Pokoradzskú a Blžskú tabuľu budujú vulkanoklastiká stredného miocénu. V severovýchodnej, východnej a severozápadnej časti Rimavskej kotliny a v údoliach, ktoré členia Slovenský kras, sú vyvinuté sedimenty neskorej molasy (pont). Molasové sedimenty sú vo veľkej miere zakryté sedimentmi kvartéru.

Slovenský kras, ktorý ohraničuje oblasť rozšírenia terciérnych hornín, budujú triasové klastické a karbonátové horniny mezozoika silicika, spod ktorého vystupujú slabo metamorfované sedimenty mezozoika meliatika a metamorfované sedimenty paleozoika gemerika. Len na severozápade vystupujú aj metamorfity veporika kohútskej zóny.



Obr. 1. Lokalizácia vrtu FGRk-1.

Fig. 1. Location of the borehole FGRk-1.



Obr. 2. Geomorfologická schéma Rimavskej kotliny a okolia.

Fig. 2. Geomorphological scheme of the Rimavská kotlina Basin and its surrounding.

Prehľad doterajších biostratigrafických výskumov

V 50. rokoch 20. storočia sa uskutočňoval vrtný výskum a prieskum v oblasti Rimavskej Seče (Homola, 1953). Mikropaleontologickým výskumom sa tu zaoberala Slavíková (1952). V správe charakterizuje len hlavné mikropaleontologické horizonty z Cf vrtov Rč 2, 4, 9 – 26 a 29 – 48. Na základe foraminiferových spoločenstiev stanovila zo sivých až sivozelených piesčitých ílov neskororupelský vek.

Mikropaleontologický rozbor egeru z vrtu Cakov 1 (C-1) uskutočnila Slavíková (1953; 130 – 402 m). Našla tam len priebežné formy a konštatuje, že typické formy kišcelu absentujú.

V rámci etapy projektu *Uhlie v Rimavskej kotline* zhodnotila Kantorová (1966) drobné foraminifery a sprievodné mikrofosílie z 3 vrtov vyhĺbených pri Neporadzi (RK-1; vzorky do 100 m), Hostišovciach (RK-2; 102,1 m) a Veľkom Blhu (RK-3; 100 m), ako aj vrtný materiál dodaný GP SNV z okolia kúpeľov Číž (BC-1, 196 m; BC-2, 109 m; V-36, 109 m).

Na tento účel spracovala polohu sivých slienitých aleuritických ílov lučenského súvrstvia, ktoré miestami nadobúdajú charakter pevnejšej horniny a miestami sa striedajú s piesčitejšími polohami. Vývoj tohto súvrstvia v jeho spodných častiach bolo možné sledovať len vo vrte RK-2, ktorý prenikol do mezozoického podložia. Získané foraminiferové spoločenstvá koreluje s chatskými spoločenstvami v Lučenskej a Ipeľskej kotline.

Lepidocyklíny a miogypsíny z Budikovian a Bretky opísala Vaňová (in Vass et al., 1974). Bazálne detritické zlepence z vrtov EVB-1 (144,6 – 144,8 m) Papča a RK-2 Hostišovce a organogénne vápence z lokality Budikovany-2 na základe uvedených foriem zaradila do egeru.

Biofaciálnu a biostratigrafickú charakteristiku terciérnych sedimentov na území listu Šafárikovo, Dlhá Ves a čiastočne Číž (okolie Vlkyne V-6, -12, -38) na základe foraminifer podala Kantorová v r. 1975. Určila starší a mladší morský oligocén (eger?).

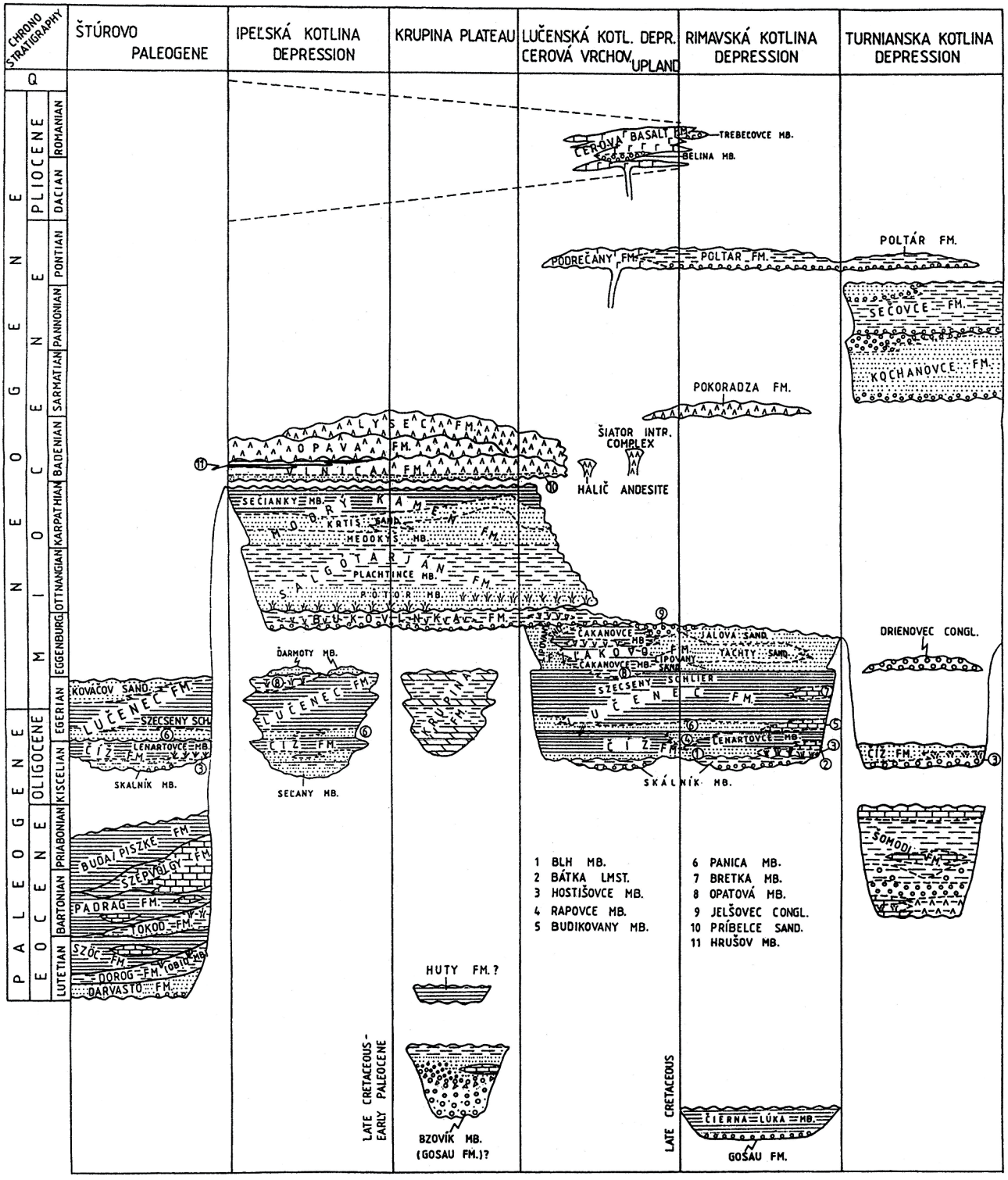
Foraminifery s indexovým druhom *Miogypsina gunteri* Cole z fáciostratotypovej lokality Bretka (pri Šafárikove) opísali Papp (1960) a Vaňová (1974, in Báldi a Seneš – eds., 1975).

Z územia listu Rimavská Seč vyhodnotila Kantorová (1976) egerské vzorky z vrtov pri Chrámci (VRS-1 a -2; do 300 m) a povrchové vzorky. Rovnako študovala vzorky egeru aj z vrtov a povrchu z území zobrazených na listoch Chanava a Neporadza (1977). O staršom ako egerskom veku uvažuje vo vrte VCH-1, v hĺbke 230 m spomína dokonca až eocénny charakter tanatocenóz. Pri našej revízii sa táto informácia nepotvrdila, čisto eocénne asociácie sa nezistili.

V sedemdesiatych rokoch minulého storočia sa zostavovali geologické mapy 1 : 25 000, realizoval sa geofyzikálny výskum a spolu s ním aj štruktúrny vrt FV-1 (Vass a Bajaník – eds., 1988), ktorý prenikol do predterciérneho podložia. Výsledky práce boli zhrnuté v monografii *Geológia Rimavskej kotliny* (Vass, Elečko et al., 1989).

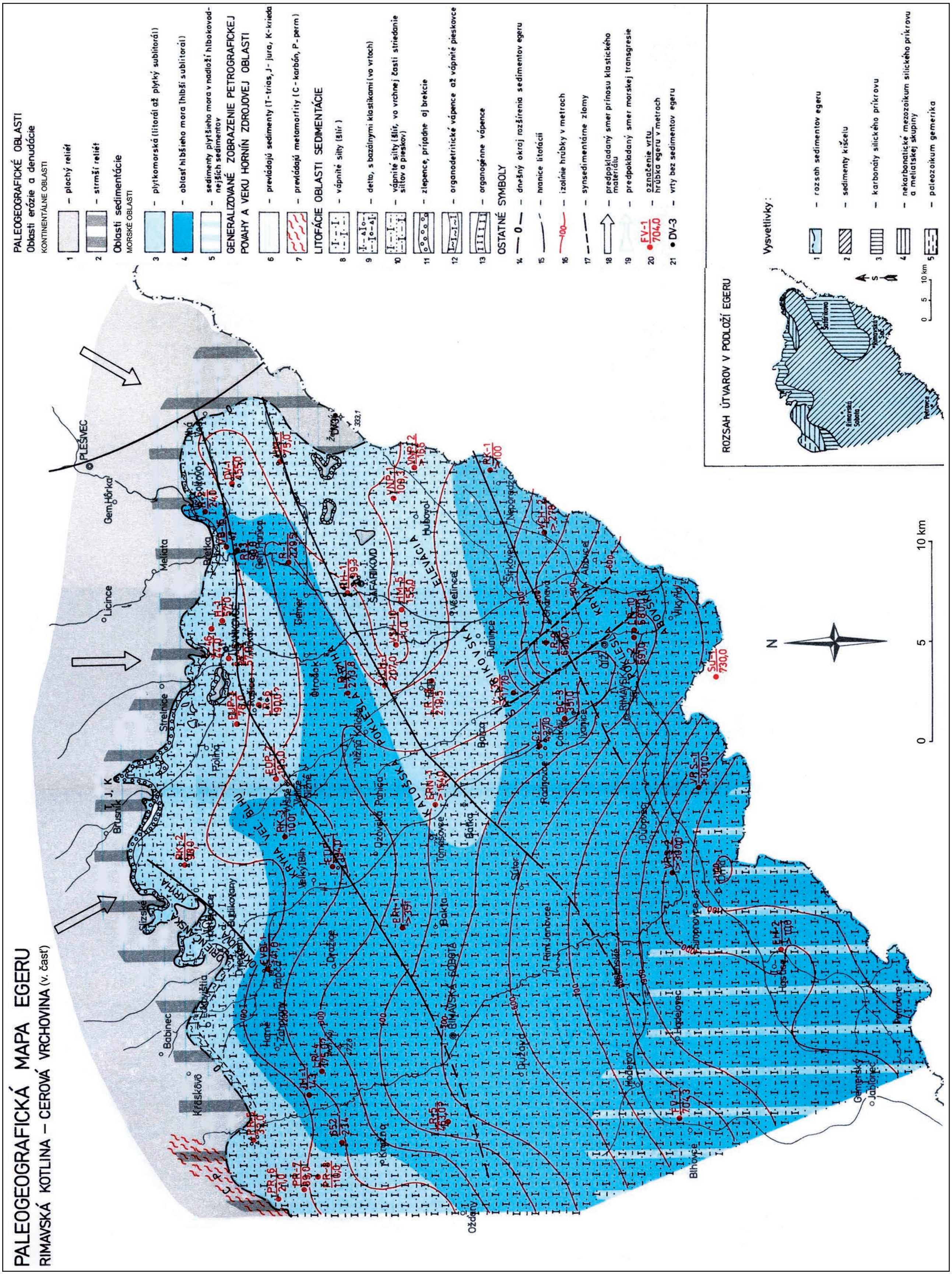
V r. 1978 vyhodnocovala Kantorová (1978a) hlboký vrt FV-1 pri Blhovciach. Na základe foraminifer v hĺbke 115 až 715 m stanovila eger, v hĺbke 715 – 800 m prechodné

súvrstvie a v hĺbke 850 – 1 055 m rupel (kišcel – bližšie pozri kapitolu *Korelácia s okolitými vrtmi*). V tom istom roku Kantorová (1978b) vyhodnocovala aj plytšie vrty na území listov Radnovce, Veľký Blh a Uzovská Panica. Okrem vrtov ERn-1 Rokytník, EVB-1 Papča, EUP-1 Veľký Blh, EUP-2 Vyšné Velice, EUP-3 Rašice, EUP-4 Držkovce a Ele-2 Licince mala k dispozícii aj povrchové vzorky. Vo vrte ERn-1 (6,3 – 170,1 m) určila eger, vo vrte EVB-1 (5,9 – 144,9 m)



Obr. 3. Litostratigrafické jednotky juhoslovenského neogénu a paleogénu (Vass, 2002).

Fig. 3. Lithostratigraphic units of the South Slovakian Neogene and Paleogene (Vass, 2002).


PALEOGEOGRAFICKÁ MAPA EGERU
RIMAVSKÁ KOTLINA – CEROVÁ VRCHOVINA (v. časť)
PALEOGEOGRAFICKÉ OBLASTI
Oblasti erózie a denudácie
KONTINENTÁLNE OBLASTI
1 – plochý reliéf
2 – strmší reliéf
Oblasti sedimentácie
MORSKÉ OBLASTI
3 – plytkomorská (litorál až plytký sublitorál)
4 – oblasť hlbšieho mora (hlbší sublitorál)
5 – sedimenty plytšieho mora v nadloží hlbokovodnejších sedimentov
GENERALIZOVANÉ ZOBRAZENIE PETROGRAFICKEJ POVAHY A VEKU HORNÍN ZDROJOVEJ OBLASTI
6 – prevládajú sedimenty (T-trias, J-jura, K-krieda
7 – prevládajú metamorfity (C-karbón, P-perm)
LITOFÁCIE OBLASTI SEDIMENTÁCIE
8 – vápnité silty (šlír)
9 – detto, s bazálnymi klastikami (vo vrtoch)
10 – vápnité silty (šlír, vo vrchnej časti striedanie siltov a pieskov)
11 – zlepence, prípadne aj brekcie
12 – organodetritické vápence až vápnité pieskovce
13 – organogénne vápence
OSTATNÉ SYMBOLY
14 – dnešný okraj rozšírenia sedimentov egeru
15 – hranice litofácií
16 – izolínie hrúbky v metroch
17 – synsedimentárne zlomy
18 – predpokladaný smer prínosu klastického materiálu
19 – predpokladaný smer morskej transgresie
20 FV-1 704,0 – označenie vrtu hrúbka egeru v metroch
21 DV-3 – vrty bez sedimentov egeru
ROZSAH ÚTVAROV V PODLOŽÍ EGERU
Vysvetlivky:
1 – rozsah sedimentov egeru
2 – sedimenty kiščelu
3 – karbonáty silického príkrovu
4 – nekarbonatické mezozoikum silického príkrovu a meliatskej skupiny
5 – paleozoikum gemerika
N
0 5 10 km

spodnejší eger, pričom od 117 m nevylučuje rupel, vo vrte EUP-1 (7,7 – 194 m) eger a (194 – 204,9 m) rupel, vo vrte EUP-2 (5 – 180 m) eger a (190 – 243,9 m) rupel a vo vrte EUP-3 (82,7 – 82,8 m) spodný eger. Vrty EUP-4 a Ele-2 boli na mikroorganizmy negatívne.

V rokoch 1983 – 1984 Geologický prieskum, závod Rožňava, realizoval sériu vrtov LR, z ktorých väčšina vŕtala terciér Rimavskej kotliny a zasiahla jeho podložie (zodpovedný riešiteľ J. Zlocha, neskôr J. Klubert, in Klubert et al., 1986). K nami študovanému vrtu FGRk-1 je najbližšie situovaný vrt LR-9 pri Chanave. Vzorky z hĺbky 100,3 až 633,6 m, ktoré študovala Kantorová (in Klubert et al., 1986), laboratórne spracované v mikropaleontologickom laboratóriu GP SNV, sú len vo fragmentovom stave a nemajú stratigrafickú hodnotu.

Šutovská (in Klubert et al., l. c.) vrt vzorkovala každých 50 m. Do hĺbky 610 m stanovila eger. V hĺbke 630 až 650 m na základe celkového charakteru spoločenstva určila kišcel, pričom však podotýka, že v celom vrte sa nevyskytujú žiadne vedúce skamenneniny, ani bentos, ani planktón.

V r. 1987 v rámci hydrogeologického výskumu sa na východnom okraji obce Bátka v Rimavskej kotline vyhĺbil vrt RKZ-1. Prenikol cez terciérne sedimenty (12,8 až 435,5 m) a skončil sa v hĺbke 658,0 m vo vápencoch mezozoika silického príkrovu. Terciérne sedimenty zodpovedajú lučenskému a čížskemu súvrstviu (eger a kišcel na obr. 3; Vass, 2002). Podstatnú časť terciéru tvorí faunisticky doložené lučenské súvrstvie egerského veku (12,8 – 367,8 m; Jurkovičová et al., 1990).

K posledným prieskumným vrtom na študovanom území patrí vrt GRS-1, vyhĺbený juhovýchodne od obce Rimavské Jánovce. Odoberali sa výplachové úlomky z úseku 405 – 740 m. Hĺbkový interval 700 – 740 m charakterizujú mezozoické svetlé vápence silicika. Sivé organodetritické mikrobrekciovité vápence z intervalu 685 až 695 m zodpovedajú litologickému opisu bretčianskych vrstiev lučenského súvrstvia (Vass, 2002; pozri obr. 3). V najvrchnejšej časti (405 – 680 m) sa nachádzajú silty fiľakovského súvrstvia. Kováčová a Maťašovský (2005) zo zistených asociácií bentických foraminifer ako *Uvigerina popescui* (Rögl), *Uvigerina posthantkeni* Papp, *Globigerina ottnangiensis* (Rögl), *Fontbotia wuellerstorfi* (Schwager), *Cyclammina praecancellata* Voloshinova, *Cibicidoides ungerianus filicosta* (Hagn), *Cbs. ornatus* (Cicha et Zaplet.), *Cbs. budayi* (Cicha et Zaplet.), *Budashevaella wilsoni* (Smith), *Bolivina beyrichi carinata* Hantken, ktoré sa priebežne vyskytujú v celom úseku, usudzujú, že sedimentácia prebiehala v období nie mladšom ani staršom ako egenburg (nanoplanktónová zóna NN2 *Discoaster druggi* v zmysle Martiniho, 1971).

Litostratigrafické jednotky a rozšírenie stupňa eger vo vrtoch Rimavskej kotliny

Chronostratigrafický stupeň eger v zmysle regionálneho členenia neogénu centrálnej Paratetýdy (Báldi a Seneš – eds., 1975), v minulosti označovaný ako chat, chat – akvitán či akvitán, je rozšírený na celom území Rimavskej kotliny (obr. 4) a smerom na S prekračuje rozšírenie kišcelu. Aj hrúbka egeru je väčšia, presahuje 1 000 m (Vass a Elečko – eds., 1989). V egeri vyvrcholila transgresia a intenzita subsidencie v Rimavskej kotline, ale aj v Ipeľskej kotline (Vass et al., 1979) a v celej panve budínskeho paleogénu (Vass, 1981).

Najväčšia hrúbka egeru v južnej časti územia na základe geofyzikálnych údajov sa odhaduje na 1 100 m. Najväčšia prevŕtaná hrúbka egeru je vo vrte FV-1 (Blhovce; obr. 5 a 10), asi 700 m. V juhovýchodnej časti územia bol eger preniknutý vrtmi C-2 (590 m) a C-1 (429,0 m; Cílek, 1954; obr. 5 a 10). Vo východnej časti šafárikovskej elevácie je hrúbka egeru menšia (od 100 do 200 m) a opäť sa zväčšuje v oblasti kalošskej poklesnutej kryhy (asi 400,0 m). Smerom na sever sa hrúbka egeru zmenšuje (pozri obr. 4).

Egerské sedimenty ležia konkordantne na kišceli a v prevažnej časti kotliny sa postupne vyvíjajú zo sedimentov čížskeho súvrstvia (obr. 3). Iba v s. časti kotliny je medzi kišcelom a egerom ostrá litologická a transgresívna hranica. V najsevernejšej časti kotliny a na šafárikovskej elevácii leží eger transgresívne a diskordantne na horninách predterciérneho podložia, prevažne na karbonátoch silicika. Dnešný s. okraj rozšírenia egeru prebieha s. od Lukovíšť cez Slizké, j. od Brusníka, j. od Strelnice, cez Bretku a Bohúňovo k štátnym hraniciam s Maďarskom. Na rozdiel od sedimentov kišcelu, sedimenty egeru vystupujú na povrch, a to najmä v strednej, jv. a s. časti kotliny. V severozápadnej časti ich prekrývajú vulkanoklastiká bádenu až sarmatu a v sv. časti sedimenty pontu (poltárske súvrstvie). V oblasti Cerovej vrchoviny (zhruba južne od spojnice obcí Šimonovce – Jesenské – Hodejov) sú zakryté sedimentmi egenburgu. Na celom území kotliny eger nepravidelne prekrývajú sedimenty kvartéru (terasy, poriečne nivy, elúviá a delúviá).

Litológia, stratigrafia a faciálny vývoj

Eger v Rimavskej kotline predstavuje lučenské súvrstvie (obr. 3). Jeho hlavnou litologickou náplňou sú sedimenty šlírového charakteru. Ako nižšie litostratigrafické jednotky boli v súvrství vyčlenené bazálne a okrajové litofácie špeciálneho litologického charakteru: panické vrstvy, budikovianske vrstvy a bretčianske vrstvy (Vass, 2002; Vass, Elečko et al., 1989; obr. 3).

Obr. 4. Paleogeografická mapa egeru (Vass a Elečko et al., 1989).

Fig. 4. Paleogeographic map of Egerian (Vass and Elečko et al., 1989).

Vrt	Pont	Panón	Báden	Egenburg	Eger			Kišcel				čiernolúcke vrstvy (kriedа)	Zdroj
					lučenské súvrstvie			čížske súvrstvie					
	poltárske súvrstvie		pokoradzské súvrstvie	fil'akovské súvrstvie		budikovianske vrstvy	panické vrstvy		hostišovské vrstvy	bžské vrstvy	skálnické vrstvy		
DV-1	57				212,6		213,3		228	228			Elečko et al., 1975
DV-3	106	118											Elečko et al., 1975
DV-4	118												Elečko et al., 1975
VŠ-1					22		23						Gregor, 1970
R-2					23,3		24		32,6	33			Orvan, 1981
R-3					98		99,3		117	120,6			Orvan, 1981
VSH-10					11		11,5						GÚDŠ Bratislava
HM-5					155								Šuba, 1973
R-1					229		?	250		?			Orvan, 1981
EUP-1					194		194,3	205		241,1			Vass et al., 1978a
EUP-2					198,9			243,9					Vass et al, 1978a
EUP-3					75,7		76,1	82,7		87,2			Vass et al., 1978a
EVB-1					140,2		141,3						Vass et al., 1978a
RK-2					78,5	91,9	98,2		103		113,8		Vass et al., 1966
ERn-1					170								Vass et al., 1966
ERt-1					> 350,0								Vass et al., 1978a
ERt-2					> 150,0								Vass et al., 1979
VNP-2					> 165,0								Elečko a Pristaš, 1977
VNP-1	32,5				141,8								Elečko a Pristaš, 1977
VCH-1					230			262		303,5			Elečko a Pristaš, 1977
VCH-2					>277,5								Elečko a Pristaš, 1977
C-1					418	430							Homola, 1953
C-2					591			807		818			Homola, 1953
BČ-2					?			680,0?					IGHP Bratislava
S-1					?			?					MAFI Budapešť
EH-1				160									Pristaš et al., 1980
EH-2				150	162								Pristaš et al., 1980
VRS-1					>301,0								Vass a Pristaš, 1976
VRS-2					>300,0								Vass a Pristaš, 1976
FV-1				106,5	810,8			1057		1058			Vass et al., 1988
JH-1					144	153,2			171	174,7	207,3		Vass et al., 1982
PR-8			31		135		139						Abonyi et al., 1972
652					228		235						UP Spišská Nová Ves
PR-12													Abonyi et al., 1972
PR-1 3					25		30						Abonyi et al., 1972
LR-4					245,6	251			267				Geol. prieskum Rožňava
LR-5					471		499	510		512	537	621	Geol. prieskum Rožňava
LR-6					?			? 207,0		208,5			Geol. prieskum Rožňava
LR-7					273,8		274,4	371,4		375			Geol. prieskum Rožňava
LR-8					291,4	216,7	219,5						Geol. prieskum Rožňava
LR-9					630,0?								Geol. prieskum Rožňava
BČ-3					350,5		351						IGHP Bratislava

Obr. 5. Prehľadná tabuľka hrúbky súvrství vo vybraných vrtoch Rimavskej kotliny (Vass a Elečko et al., 1989).

Fig. 5. Thickness of formations in selected boreholes in the Rimavská kotlina Basin (Vass and Elečko et al., 1989).

Panické vrstvy. – Predstavujú bazálnu litostratigrafickú jednotku lučenského súvrstvia, ktorá vertikálne prechádza do siltovcov szécsénskeho šlíru a sčasti laterálne do budikovianskych vrstiev. Nevystupujú nikde na povrch, ale zistili sa vo vrtoch v severnej časti kotliny (napr. DV-1, R-2 a R-3 pri Gemerskej Panici, EUP-1 v. od Veľkého Blhu, EUP-3 pri Rašici, RK-2 pri Hostišovciach, EVB-1 pri Papči, 652 pri Veľkých Teriakovciach a PR-8 pri Hrachove) (obr. 4). Smerom do panvy sa tieto vrstvy asi vyklinujú, pretože sa nezistili vo vrte C-2 pri Číži ani vo vrte FV-1 pri Blhovciach. Panické vrstvy ležia zväčša na kišceli. Pri Veľkých Teriakovciach, Hrachove a Papči ležia na predterciérnych horninách. Ich nadložím sú siltovce lučenského súvrstvia. Hrúbka vrstiev je malá. Kolíše od 0,3 do 7,0 m. Panické vrstvy pozostávajú z hrubých klastík – zlepencov a brekcií, resp. pieskovcov. Brekcie reprezentujú panické vrstvy vo vrtoch DV-1 a R-3 v okolí Gemerskej Panice. Pozostávajú z drobných až hrubých úlomkov (do 7 cm) zelených, tmavozelených až čiernych bridlíc a z úlomkov červených pieskovcov a vápencov. Základná hmota je aleuriticko-piesčitá, tmavo sfarbená organickými látkami. V hornine sú neidentifikovateľné úlomky makrofauny a zrná pripomínajúce koprolity (Marková, 1974). Bazálna brekcia vo vrte EVB-1 (Papča) pozostáva z ostrohranných úlomkov vápencov stmelených sivozelenou piesčito-ílovitou hmotou. V brekcii sa našli veľké foraminifery. Zlepence tvoria spodnú časť, resp. celý profil panických vrstiev vo vrtoch RK-2 (Hostišovce), EUP-1 (Veľký Blh) a EUP-3 (Rašice).

Vo vrte RK-2 sú drobnozrnné polymiktné zlepence s prevahou kremitých, resp. rohovcových obliakov. Tmel je hrdzavohnedý, piesčito-vápnitý. Prechádzajú do rozpadavých hrubozrnných pieskovcov s ojedinelými obliakmi. Obsahujú fragmenty morských mäkkýšov spolu s fragmentmi pripomínajúcimi rod *Pecten*, resp. *Chlamys*.

Vo vrtoch EUP-1 a EUP-3 majú zlepence oligomiktný charakter s prevahou obliakov karbonátov (kryštalické vápence, dolomity) a kremeňa. V menšom množstve sú zastúpené obliaky silicitov a fylitov. Obliaky dosahujú veľkosť 3 cm. Pieskovce sa postupne vyvíjajú z bazálnych zlepencov (vrt RK-2). Sú sivej až sivohnedej farby. V pieskoch sa našla morská makrofauna (*Chlamys* sp.). V panických vrstvách sú zvyšky morských organizmov veľmi zriedkavé. Najvýznamnejší nález, veľké foraminifery, pochádza z vrtu EVB-1 pri Papči: *Operculina complanata complanata*, *Heterostegina* sp., *Miogypsina (Miogypsinoides) formosensis*, *Amphistegina* sp., *Lepidocyclina (Nephrolepidina) morgani* a *Lepidocyclina dilatata* (Vaňová in Steininger et al., 1975). Nález druhu *Miogypsina formosensis* oprávňuje zaradiť panické vrstvy do spodného egeru. Pozícia panických vrstiev vo vrte DV-1 v podloží lučenského súvrstvia, ktoré obsahuje mikrofloristické spoločenstvá spodného egeru (Snopková, 1975, 1978), podporuje ich koreláciu so spodným egerom. Panické vrstvy nie sú ekvivalentom bretčianskych vrstiev, ktoré obsahujú mladšie než spodnoegerské organizmy. Panické vrstvy sú však časovým ekvivalentom budikovianskych vrstiev.

Budikovianske vrstvy. – Predstavujú bazálnu a okrajovú litostratigrafickú jednotku lučenského súvrstvia. Ležia buď priamo na predterciérnom podloží (v okolí Budikovian), alebo na panických vrstvách (vrt RK-2 pri Hostišovciach). Predpokladá sa, že budikovianske vrstvy vystupujú aj v niektorých povrchových lokalitách v oblasti Hrušova, Hostišoviec, Skerešova a južne od Hrušova-Ostrian. Východnejšie od spomínaných obcí nie je ich prítomnosť už istá, lebo v podobnej litofácii vystupujú aj bretčianske vrstvy. Smerom do panvy sa tieto vrstvy vyklinujú, resp. sa laterálne zastupujú so siltovcami szécsénskeho šlíru. Vo vrte RK-2 pri Hostišovciach tvoria budikovianske vrstvy polohu hrubú 16,4 m. Na báze tejto polohy je asi 15-centimetrová vrstvička litotamniovo-foraminiferového slieňovca a hlavnú masu tvoria organodetritické piesčité vápence sivej, miestami hnedej farby s hojnými foraminiferami, litotamniami a opracovanými zrnkami vápenca. Vápence obsahujú množstvo úlomkov morskej makrofauny, ako aj veľké foraminifery.

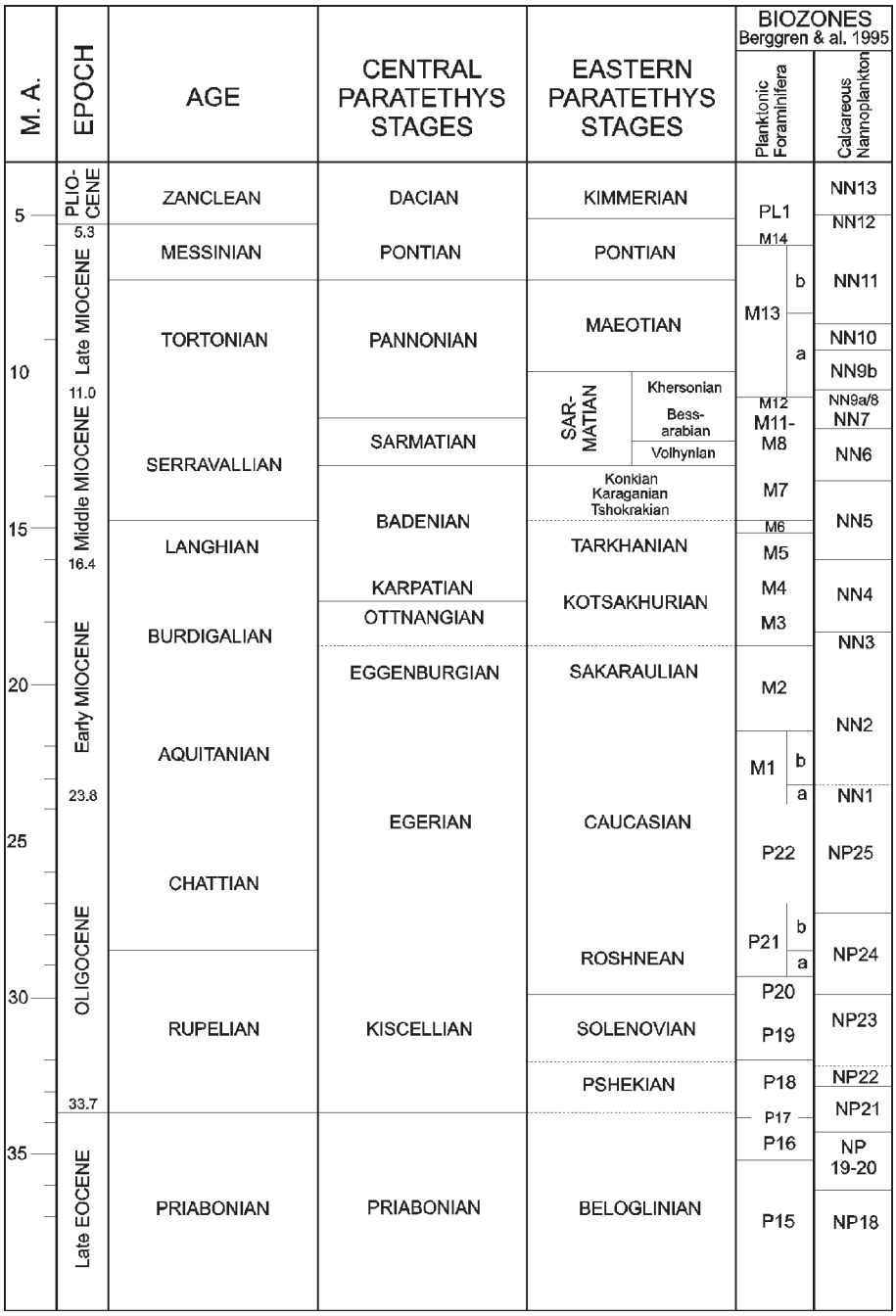
Severne od Skerešova pri samote Papkút opísala Marková (1967) úlomkovité vápence mikrozlepencovej štruktúry. Základná hmota má organodetritickú štruktúru s bohatým výskytom schránok veľkých foraminifer rodov *Operculina* a *Heterostegina*, *Lepidocyclina*, ako aj drobné foraminifery nadčeľade *Miliolidae*.

Budikovianske vrstvy tvoria pravdepodobne bázu egeru aj vo vrte C-1 pri Cakove. Z útržkovitej prvotnej dokumentácie tohto vrtu je zrejmé, že na báze egeru ležia organodetritické vápence, prípadne aj zlepence alebo kalkarenity (Cílek, 1954). Budikovianske vrstvy sú bohatšie na nálezy zvyškov morských organizmov. Pri Budikovanoch a Hostišovciach sa našla fauna veľkých foraminifer: *Amphistegina* sp., *Heterostegina* sp., *Operculina complanata*, *Lepidocydina (Nephroolepidina) morgani*, *Lepidocydina (Eulepidoina) dilatata* a *Miogypsina (Miogypsinoides) formosensis*. Našli sa tam aj fragmenty pekténov a ostreí, krinoidov a bryozoí (Vaňová in Steininger et al., 1975). Z uvedených organických zvyškov má pri posúdení biostratigrafickej pozície budikovianskych vrstiev najväčší význam nález druhu *Miogypsina formosensis*, ktorý je hlavnou formou najvrchnejšieho oligocénu, t. j. spodného egeru. Neprítomnosť mladších, evolučných foriem tohto rodu biostratigraficky odlišuje budikovianske vrstvy, ale aj panické vrstvy od bretčianskych vrstiev. V prípade budikovianskych vrstiev na to poukázal už Seneš (in Steininger et al., 1975).

Bretčianske vrstvy. – Predstavujú okrajovú litostratigrafickú jednotku lučenského súvrstvia. Laterálne aj vertikálne prechádzajú do szécsénskeho šlíru (obr. 3). Seneš (in Báldi a Seneš – eds., 1975) ich opísal ako „formáciu Bretka". Vrstvy ležia na predterciérnom podloží a v ich nadloží sa nachádzajú šlíry lučenského súvrstvia. Ich pozícia je zdanlivo zhodná s pozíciou panických a budikovianskych vrstiev. S budikovianskymi vrstvami majú aj značnú litologickú zhodu. Prítomnosť mladších veľkých foraminifer však poukazuje na vrchnoegerský vek bretčianskych vrstiev, zatiaľ čo budikovianske a panické vrstvy zaraďujú Vass a Elečko et al. (1989) do spodného egeru. To si vyžiadalo nutnosť vyčleniť bretčianske vrstvy ako samostatnú litostratigrafickú jednotku (Vass, 2002; obr. 3).

Bretčianske vrstvy sú rozšírené v okolí Bretky, kde vystupujú na povrch a boli preniknuté v niekoľkých vrtoch. Známe sú aj z povrchových lokalít v okolí Čoltova, v údolí potoka Činča, východne od Starne a z. od Panskej Pustatiny. Ich ekvivalentom sú pravdepodobne klastiká a organodetritické vápence zistené vo vrte RH-1 v Tornali (predtým Šafárikovo) a vo vrte VSH-10 pri Stránskej. Hrúbka bretčianskych vrstiev kolíše od 0,5 do 30 m. Hlavnými litotypmi, ktoré sú zastúpené vo vrstvách, sú detritické a organodetritické vápence, zlepence a brekcie. Vrstvy obsahujú zvyšky mikro- aj makroorganizmov (články echinodermát, úlomky mäkkýšov, machoviek a brachiopódov). Spoločenstvá makrofauny z okolia obce Bretka opísala Vaňová (1959): *Chlamys rotundata*, *Ch. martelli*, *Ch. oblitaguensis*, *Ch. decussata*, *Flabellipecten carryensis*, *Ostrea (Pycnodonta) callifera*, *Terebratula hoernesi* a *Balanus concavus*.

Z údolia potoka Činča a z lokality s. od Panskej Pustatiny boli okrem uvedených druhov opísané aj *Terebratula* ex gr. *sciillae-ampulla*, *T. hoernesi* a *Chlamys bifida*. Veľké



Obr. 6. Chronostratigrafická škála paleogénu a neogénu (Cicha et al., 1998).

Fig. 6. Chronostratigraphic scale of Paleogene and Neogene (Cicha et al., 1998).

foraminifery z bretčianskych vrstiev spracovali Papp (1960) a Vaňová (in Báldi a Seneš – eds., 1975). V typickej lokalite Bretka našli: *Lepidocyclina (Nephrolepidina) morgani* a *Miogypsina (Miogypsina) gunteri*. Z lokality Panská Pustatina opísal Papp (in Vaňová, 1959) druhy *Miogypsina tani* a *M. gunteri*. Na základe prítomnosti druhov *Miogypsina gunteri* a *M. tani*, ako aj druhu *Flabellipecten carryensis* korelujú Vass a Elečko et al. (1989) tieto vrstvy s vrchným egerom, t. j. s najspodnejším miocénom a nepriamo so zónou planktonických foraminifer N 4, resp. s nanoplanktónovou zónou NN 1 (Cicha et al., 1998; obr. 6). Problematická sa javí korelácia detritických a organodetritických hornín, ktoré vystupujú na povrch v okolí Strelnice, v Banskej doline sz. od Chvalovej a v oblasti Španieho Poľa a Brusníka. Vzhľadom na nedostatok jednoznačných biostratigrafických kritérií ich možno korelovať na základe litologickej podobnosti a pozície v nadloží predterciérnych hornín jednak s bretčianskymi vrstvami, jednak s budikovianskymi, resp. panickými vrstvami. Zlepence, resp. úlomkovité vápence zlepencovitej štruktúry sz. od vápenky v Banskej doline pri obci Chvalová opísala Marková (1967). Ležia v nadloží triasových vápencov. Obliakový materiál obsahuje okrem triasových vápencov aj obliaky jurských hornín (piesčité a krinoidové vápence liasu, foraminiferové vápence malmu).

Z lokalít v okolí Španieho Poľa a Strelnice opísala Vaňová (1959) z organodetritických vápencov mäkkýše: *Chlamys (Aequipecten)* ex gr. *eoelegans*, *Ch. bifida*, *Ch. pictus*, *Ch. decussata*, *Pecten fuchsi*, *Pitar (Paradione) splendida*, *P. (Anniontis) crassata incrassata*, *Cardium thunense*, *Terebratula hoernesi*, *T. sinuosa pedemontana* a i.

Ani v jednej lokalite sa v rámci „veľkých" foraminifer nenašiel druh z fylogenetického radu *Miogypsina*, ktorý by umožnil jednoznačne zaradiť dané sedimenty do spodného alebo vrchného egeru, teda k budikovianskym alebo k bretčianskym vrstvám.

V šlírových sedimentoch lučenského súvrstvia sa nachádzajú bohaté spoločenstvá morskej fauny, vápnitého nanoplanktónu a sporomorf. Z bohatých spoločenstiev uvádzame len formy dôležité z biostratigrafického hľadiska. Z foraminifer sú pre eger južného Slovenska typické *Lenticulina moravica* a planktonické druhy *Globigerina ouachitaensis* a *G. ciperoensis*. V spodnej časti lučenského súvrstvia sa našiel indexový druh štandardnej planktonickej zóny P 21/22 *Globigerina opima opima* (Kantorová, 1975, 1977, 1978a, b; obr. 6).

Z mäkkýšov je biostratigraficky významná forma *Captonectes decussatus*, opísaná z egeru. Druhy *Yoldia longa*, *Turrilella vermicularis*, *Brissopsis ottnangensis*, *Lucina submichelotti*, *Codokia haidengeri* a *Ficus conditus* boli opísané zo spodného miocénu, teda aj z egeru. Zaujímavá je prítomnosť mladších druhov, a to *Clio triplicata*, ktorý bol dosiaľ opísaný zo sedimentov nie starších ako egenburg, a druh *Laternula fuchsi*, opísaný zo sedimentov otnangu a karpatu (Ondrejíčková, 1977).

Spoločenstvá nanoflóry neobsahujú indexové formy štandardných nanoplanktonických zón, no podľa druhov, ktoré zvyčajne sprevádzajú indexové formy nanoplanktonických zón NP 24, NP 25 a NN 1 (Lehotayová, 1977), Vass a Elečko et al. (1989) usudzujú, že lučenské súvrstvie je časovým ekvivalentom vrchnej časti zóny NP 24, zóny NP 25 a NN 1 (obr. 6).

Peľové spektrá podľa Snopkovej (1975, 1978) a Planderovej (1966) majú oligocénno-miocénny charakter, ktorý im okrem iného prisudzuje vysoké percentuálne zastúpenie rodu *Engelhardtia*. Na egerský vek poukazuje prítomnosť druhu *Cicatricosisporites dorogensis*, známeho najmä zo staršieho oligocénu, ale aj z egeru, a druhu *Boehlensipolis* cf. *hohli*, ktorý je určujúcou formou pre stredný a vrchný oligocén.

Metodika

Foraminifery sme získali z výplachu bežným laboratórnym postupom, teda plavením cez mlynársky hodváb a separáciou výplavu. V snahe získať čo najviac informácií a detailov sa odber vzoriek podľa potreby zahusťoval a rovnako sme robili dodatočnú separáciu. Na ilustráciu sme pár exemplárov nasnímali riadkovacím elektrónovým mikroskopom JSM Jeol-840 (pozri fototabuľky).

Biostratigrafické zhodnotenie vrtu

Pri biostratigrafickom zhodnotení vzoriek treba mať na zreteli, že ide o asociácie foraminifer z výplachu vrtu, kde obsah môže byť kontaminovaný a tým môžu byť výsledky skreslené. Ku skresleniu výsledkov môže prispieť aj to, že odber vzoriek sa uskutočnil z priehradiek, kde v jednej priehradke je uložený obsah z 5 m vrtu. Rovnako hranica oddelenia, teda paleogénu a neogénu, je vedená jedným stratigrafickým stupňom, egerom (obr. 6). Prakticky neexistujú indexové fosílie, ktoré by striktne ohraničili tento stupeň alebo jeho časť. Táto skutočnosť má značný vplyv na zaradenie vzoriek z vrtu FGRk-1. Získané spoločenstvá sú síce pomerne druhovo bohaté (tab. 1), aj keď miestami veľmi drobné a mechanicky poškodené, ale je tu absencia vedúcich foriem, ktoré by sa vyskytovali iba v jednom stratigrafickom stupni, teda by neboli priebežné.

Zo študovaných úsekov vrtu FGRk-1 (15 – 625 m) bolo determinovaných 157 taxónov foraminifer egeru, kišcelu aj starších, najmä eocénne, ale nie indexové. Výlučne mladšie taxóny sa nezistili. Pri stratigrafickom zaradení sedimentov sme sa opierali o spodné a vrchné hranice výskytov prítomných foriem a brali sme do úvahy možnú redepozíciu. V zmysle členenia súvrství podľa Kantorovej (1978a) vo vrte FV-1 Blhovce na základe foraminifer (bližšie pozri kapitolu *Korelácia s okolitými vrtmi*) je v nami študovanom úseku vrtu FGRk-1 zastúpené len jediné súvrstvie, a to B patriace k egeru. Vo vrte FV-1 Blhovce je to rozpätie zhruba 115 – 715 m.

Na základe spodnej hranice výskytu druhov v CP *Hansenisca soldanii* (Orb.), *Lenticulina melvilli* (Cushm.-Renz), *Haplophragmoides vasiceki vasiceki* C.-Z., *Lenticulina vortex* (F.-M.) (tab. 1) a druhu *Nodogerina? ortenburgensis* (Reiser) vyskytujúceho sa len v egeri stanovujeme v hĺbke 15 – 250 m preukázateľne eger.

Tab. 1
Distribúcia foraminifer v jednotlivých hĺbkových intervaloch vrtu FGRk-1 (Ivanice)
Distribution of foraminifers in particular depth levels of the borehole FGRk-1 (Ivanice village)

Taxón	metráž																													
	15	50	75	145	180	200	225	250	260	295	320	345	360	370	395	415	445	470	490	505	525	535	540	550	560	585	600	610	620	625
Allomorphina trigona Rss.																													x	
Almaena hieroglyphica Sigal																													x	
Almaena osnabrugensis (Roemer)							x																					x	x	
Almaena sp. (cf. *A taurica* Samoylova)																													x	
Ammodiscus miocenicus Karrer		x	x		x													x		x										
Ammodiscus tenuissimus Grzybowski																							x	x						
Amphicoryna scalaris (Batsch)	x					x																						x		
Amphimorphina haueriana Neugeb.			x							x																				
Angulogerina angulosa (Williamson)														x																
Angulogerina muralis (Terquem)												x					x													
Anomalinoides granosus (Hantken)																													x	
Bathysiphon taurinense Sacco																													x	
Biapertorbis alteconicus Pokorný																													x	
Bolivina aff. *beyrichi carinata* Hantken																						x		x						
Bolivina antiqua (Orb.)																													x	
Bolivina beyrichi beyrichi Reuss																			x											
Bolivina beyrichi bituminosa Spandel																				x										
Bolivina beyrichi carinata Hantken												x						x												
Bolivina beyrichi cf. *bituminosa* Spandel																												x		
Bolivina cf. *dilalata* Rss												x																		
Bolivina cf. *molassica* Hofmann	x																								x					
Bolivina crenulata Cushman		x																	x								x		x	
Bolivina fastigia Cushman														x			x	x			x		x		x				x	
Bolivina molassica Hofmann													x						x	x						x				
Bolivina oligocaenica (Spandel)																												x		
Bolivina semistriata nobilis Hantken																				x	x		x							
Bolivina sp.			x								x	x									x									
Bolivina trunensis Hofmann										x		x																		
Bolivina versatilis Hofmann	x											x																		
Budashewaella multicamerata (Voloshinova)								x	x							x														
Bulimina coprolithoides Andreae																		x		x	x					x		x	x	
Bulimina elongata elongata Orb.	x																													
Bulimina pyrula (Orb.)																		x			x			x					x	
Bulimina schischkinskayae Samoylova											x																			
Cassigerinella boudecensis Pokorný																													x	
Cibicidoides pachyderma (Rzehak)																				x										
Cibicidoides sp.																												x	x	
Cibicidoides ungerianus (Orb.)	x							x	x		x	x	x					x	x		x			x					x	
Coryphostoma sp.																		x												
Cribroparella pteromphalia (Guembel)																										x	x			
Cribrostomoides sp. / cf. *C. subglobosus* (Sars)/																					x									

Cyclammina obesa Cushman&Laiming																x							x						
Cyclammina sp.												x	x				x		x					x	x					x	
Cycloforina ludwigi (Reuss)																				x										
Cycloforina sp.																														x	
Dentalina sp.					x	x	x	x	x					x																
Elphidium advenum (Cushman)																														x	
Elphidium sp.													x																	
Eponides sp.																													x		
Fursenkoina acuta (Orb.)																												x	x		
Gaudryina textilaroides Hantken																													x		
Gaudryinopsis sp.																							x		x					
Glandulina dimorpha Bornemann																		x												
Globigerina angulliofficinalis Blow												x								x										
Globigerina angulisuturalis Bolli																	x													
Globigerina ciperoensis Bolli												x	x																x		
Globigerina euaperta Jenkins																							x							
Globigerina officinalis Subbotina													x				x			x	x									
Globigerina ouachitaensis Howe&Wallace												x		x						x							x		x	
Globigerina praebulloides Blow												x				x									x				x	
Globigerina praebulloides leroyi Blow&Banner																													x		
Globigerina sp.	x									x				x					x									x	x	
Globigerina wagneri Rögl												x																	x		
Globocassidulina oblonga (Rss.)			x									x	x				x													
Globorotalia clemenciae (Bermudez)																	x													
Globorotalia sp.												x																			
Guttulina communis (Orb.)		x	x			x										x														
Guttulina hantkeni Cushman-Ozawa														x				x	x			x	x	x	x					
Gyroidinoides altiformis (R.E.&K.C. Stewart)																			x	x			x		x					
Hansenisca soldanii (Orb.)	x						x											x												
Haplophragmoides sp.												x			x				x											
Haplophragmoides vasiceki vasiceki C.-Z.				x		x																								
Haplophragmoides walteri (Grzyb.)																									x					
Hemirobulina pediformis (Bornemann)																	x													
Heterolepa costata Franzenau						x									x															
Heterolepa dutemplei (Orb.)	x	x		x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	
Charltonina budensis (Hantken)																														x	
Chilostomella ovoidea Rss.																														x	
Chilostomelloides oviformis (Sheron&Chapman)																														x	
Karreriella gaudryinoides (Fornasini)													x																x	x	
Karreriella sp.																														x	
Lagena sp.	x																														
Lenticulina aff. *arcuatostriata* (Hantken)																							x								
Lenticulina arcuatostriata (Hantken)					x								x		x			x	x	x			x						x	x	
Lenticulina cultrata (Montf.)			x							x		x	x						x	x											

Lenticulina depauperata (Rss.)						x						x																	
Lenticulina gerlachi Reuss																		x											
Lenticulina inornata (Orb.)												x										x					x	x	
Lenticulina limbosa (Rss.)																												x	
Lenticulina melvilli (Cushm.-Renz)		x			x	x																							
Lenticulina vortex (F.-M.)					x																								
Lobatula lobatula (W.-J.)		x								x									x					x	x	x		
Marginulina behmi (Rss.)																											x		
Martinottiella communis (Orb.)				x	x																								
Melonis pompilioides (F.-M.)	x		x			x	x	x				x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	
Miliammina paleocenica Kiesel												x	x																
Nodogerina? *ortenburgensis* (Reiser)						x																							
Nodosaria acuminata Hantken						x		x																					
Nodosaria sp.																			x										
Nonion commune (Orb.)	x																												x
Nonionella sp.																											x		
Paragloborotalia opima nana Bolli																			x										
Paragloborotalia opima opima (Bolli)													x					x		x	x	x	x			x	x	x		
Percultazonaria fragaria (Gümbel)	x	x		x	x	x		x	x			x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x			x	
Planularia kubinyi (Hantken)			x					x																					
Planularia moravica (Karrer)				x		x																						x	
Planulina costata (Hantken)		x																											
Plectofrondicularia digitalis (Neugeboren)														x															
Plectofrondicularia striata (Hantken)																									x				
Pullenia bulloides (Orb.)	x				x						x	x						x	x	x	x	x	x			x		x	x	
Pyramidula latejugata (Guembel)																												x	
Pyramidulina raphanistrum (Linné)																			x										
Pyrulina fusiformis (Roemer)												x								x									
Quinqueloculina sp.																											x	x	
Recurvoides sp.																								x	x				
Reophax pilulifer Brady			x																						x				
Reophax sp.																												x	
Reticulophragmium acutidorsatum (Hantk.)		x		x		x	x					x		x									x	x	x				
Reticulophragmium aff. *amplectens* (Grzybowski)																x	x						x						
Reticulophragmium amplectens (Grzybowski)																			x		x								
Reticulophragmium rotundidorsatum (Hantk.)			x	x	x			x														x							
Reticulophragmium sp.	x		x																										
Reusella oberburgensis (Freyer)										x									x										
Reusella sp.																				x									
Rhabdammina discreta Brady																			x				x						
Saracenaria sp.																					x								
Semivulvulina deperdita (Orb.)		x		x														x	x	x								x	
Semivulvulina pectinata (Rss.)		x		x								x																	
Siphonina reticulata (Czjz.)																		x									x	x	

Siphonodosaria? *consobrina* (Orb.)																												x	
Sphaeroidina bulloides Orb.		x		x									x	x	x	x		x	x	x			x					x	x	
Spiroplectinella carinata (Orb.)	x			x	x	x						x	x	x	x	x	x		x		x	x	x				x	x		x	
Stilostomella adolphina (Orb.)											x																				
Stilostomella emaciata (Rss.)												x																		x	
Stilostomella sp.								x													x						x	x			
Subbotina aff. *galavisi* Bermudez																											x				
Subbotina aff. *tapuriensis* Blow&Banner																	x											x			
Subbotina cf. *pseudoeoceana* (Subbotina)																											x	x		x	
Subbotina linaperta (Finlay)																														x	
Subbotina sp.																				x						x					
Subbotina tapuriensis Blow&Banner																				x							x				
Tenuitella sp.													x																		
Tenuitella? *brevispira* (Subb.)																														x	
Tenuitellinata angustiumbilicata (Bolli)																													x	x	
Triloculina sp.																				x											
Tritaxia szaboi (Hantk.)																														x	
Uvigerina cf. *moravia* Boersma																												x			
Uvigerina hantkeni Cushman&Edwards		x		x	x	x	x		x			x		x				x	x	x	x			x				x	x	
Uvigerina moravia Boersma	x			x	x			x								x	x	x			x		x	x	x	x	x	x	x	
Uvigerina rudlingensis Papp								x													x			x							
Uvigerina steyri Papp																									x	x			x		
Vaginulinopsis sp.													x							x											
Valvulineria complanata (Orb.)																										x					
Valvulineria palmarealensis (Nuttall)										x									x												
Virgulopsis sp.																			x												
Vulvulina haeringensis (Gümbel)												x									x			x					x		
Vulvulina spinosa Cushman																				x											

V spoločenstvách má prevahu vápnitý bentos nad planktónom a aglutinanciami. Stopercentné zastúpenie dosahuje vápnitý bentos len v hĺbke 320 m. Vyšší percentuálny obsah majú aglutinované foraminifery v hĺbke 75 m (40 %), 145 m (38 %), 415 m (33 %) a 550 m (33 %). Nízka prítomnosť planktónu svedčí o zlej komunikácii s otvoreným morom, v niektorých úsekoch planktón úplne absentuje [180, 200, 225, 250, 320 (tu aj aglutinancie)]. V hĺbke 345, 360, 370, 470, 585, 600, 610 a 620 m dosahuje planktón viac ako 20-percentné zastúpenie. Posledné 3 úrovne sú bez mikrofauny, s výnimkou hĺbky 625 m, kde sa zaznamenal jediný priebežný taxón [*Nonion commune* (Orb.)]. Stav zachovania mikrofosílií, ako aj ich veľkostné parametre naznačujú možné redepozity. Prvá zmena mikrofauny nastáva v hĺbke 295 m. Vo veľmi drobnej asociácii foraminifer sa okrem priebežných foriem objavuje *Reusella oberburgensis* (Freyer) s vrchnou hranicou výskytu v CP v kišceli. V hĺbke 345 m je *Bolivina* cf. *dilalata* Rss. so spodnou hranicou výskytu eger, súčasne však je prítomná *Angulogerina muralis* (Terquem) vyskytujúca sa len v kišceli. V hĺbke 360 (podiel planktónu 32 %) až 415 m okrem foriem priebežnejších od eocénu sú zastúpené vrchnokišcelské až egerské formy, napr. *Globigerina ciperoensis* Bolli, *Uvigerina hantkeni* Cushman et Edwards, *Reticulophragmium* aff. *amplectens* (Grzybowski)… (tab. 1). V hĺbke 445 m sa v takýchto asociáciách vyskytuje kišcelská forma *Angulogerina muralis* (Terquem). V hĺbke 470 m sa vo väčšom počte objavuje planktonická zložka (29 %). V priebežnej mikrofaune sa vyskytuje *Subbotina* aff. *tapuriensis* Blow et Banner s vrchnou hranicou výskytu kišcel. V hĺbke 490 m obsah planktónu klesá na 8 % a objavuje sa kriedovo-paleogénna primitívna foraminifera *Rhabdammina discreta* Brady a *Reusella oberburgensis* (Freyer) vyskytujúca sa po kišcel. V hĺbke 505 m pribúda počet taxónov vyskytujúcich sa po kišcel [napr. *Subbotina tapuriensis* Blow et Banner, *Gyroidinoides altiformis* (R. E. et K. C. Stewart), *Bolivina semistriata nobilis* Hantken] a zvyšuje sa aj percentuálny podiel planktónu až do hĺbky 620 m, s výnimkou hĺbky 550 m, kde zrejme ekologické podmienky preň neboli priaznivé. V hĺbke 585 m okrem vymenovaných taxónov vyskytujúcich sa po kišcel sa zistila aj *Cribroparella pteromphalia* (Guembel), *Subbotina* aff. *galavisi* Bermudez a *Subbotina* cf. *pseudoeoceana* (Subbotina), ktorá sa nachádza až do hĺbky 620 m. Súčasne sa v hĺbke 585 m objavujú aj staršie taxóny než kišcelské, pravdepodobne redeponované, ako napríklad senónsko-eocénny *Haplophragmoides walteri* (Grzyb.). Hĺbku 610 m charakterizuje najväčší počet foriem nastupujúcich v kišceli: *Uvigerina hantkeni* Cushman et Edwards, *Almaena osnabrugensis* (Roemer), *Fursenkoina acuta* (Orb.), *Tenuitellinata angustiumbilicata* (Bolli), *Globigerina ciperoensis* Bolli, *Paragloborotalia opima opima* (Bolli), *Heterolepa dutemplei* (Orb.), *Bolivina oligocaenica* (Spandel), *Sphaeroidina bulloides* Orb., *Bulimina coprolithoides* Andreae, *Globigerina wagneri* Rögl a *Amphicoryna scalaris* (Batsch). Ostatné prítomné formy sa objavujú už v eocéne, prípadne aj pred ním. Zaujímavý je výskyt planktonickej formy *Cassigerinella boudecensis* Pokorný a bentickej formy *Bolivina antiqua* (Orb.) v hĺbke 620 m, ktoré sa v panvách CP vyskytujú od egeru. Hĺbka 625 – 650 m bola pre život mikroorganizmov nepriaznivá.

K najviac frekventovaným taxónom patria *Perculta-zonaria fragaria* (Gümbel) a *Heterolepa dutemplei* (Orb.). V terciéri CP sú rozšírené priebežne. Najlepšie vyvinuté exempláre sú známe zo sublitorálu.

Melonis pompilioides (F.-M.) charakterizuje veľkú hĺbku vôd. Phleger (1960) udáva 1 000 až 3 000 m.

V prípade druhu *Sphaeroidina bulloides* Orb. predpokladá Phleger (l. c.) hĺbku vody viac ako 100 m.

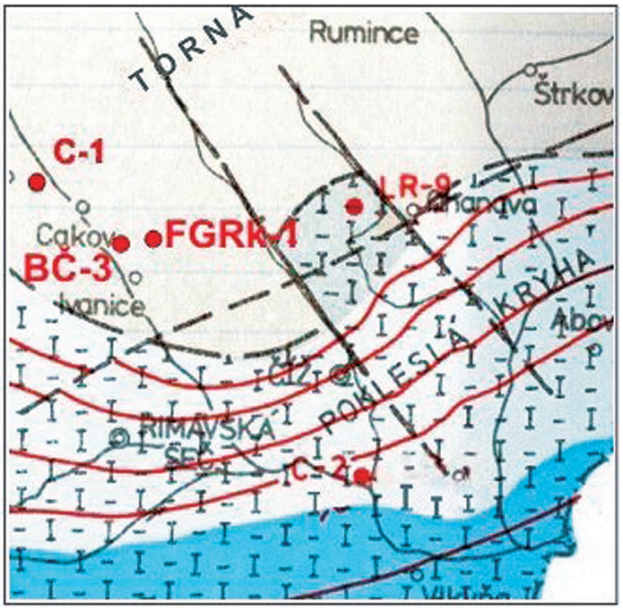
Pokiaľ ide o druh *Uvigerina hantkeni* Cushman et Edwards, podľa Poaga (1981) sa uvigeríny považujú za časté formy hlbšieho neritika a vrchného batyálu.

K sprievodným organizmom foraminifer patria ostne ježoviek, rozsievky, ihlice húb, jadrá ostrakód, bryozoá a rybie zúbky. Prítomnosť pyritu svedčí o redukčnom prostredí. Sedimentácia prebiehala v normálne morskom, pomerne plytkom sublitorálnom až neritickom prostredí. V celom rozsahu vrtu sú zastúpené euryoxibiontné formy ako rody *Bulimina*, *Praeglobobulimina*, *Bolivina*, ale najmä *Uvigerina*.

Na základe uvedených poznatkov môžeme študované úseky vrtu FGRk-1 (15 – 625 m) zaradiť do egeru, do hĺbky 587,4 m. Podľa Elečka (in Marcin et al., 2009) litologicky prislúchajú k szécsénskemu šlíru, nižšie k ekvivalentom budikovianskych a panických vrstiev (obr. 3).

Korelácia s okolitými vrtmi

Pri korelácii s okolitými vrtmi nie je možné oprieť sa prakticky o nič. Jednak ide zväčša o plytké jadrové vrty, ktoré nedosahujú hĺbku vrtu FGRk-1, s výnimkou vrtov



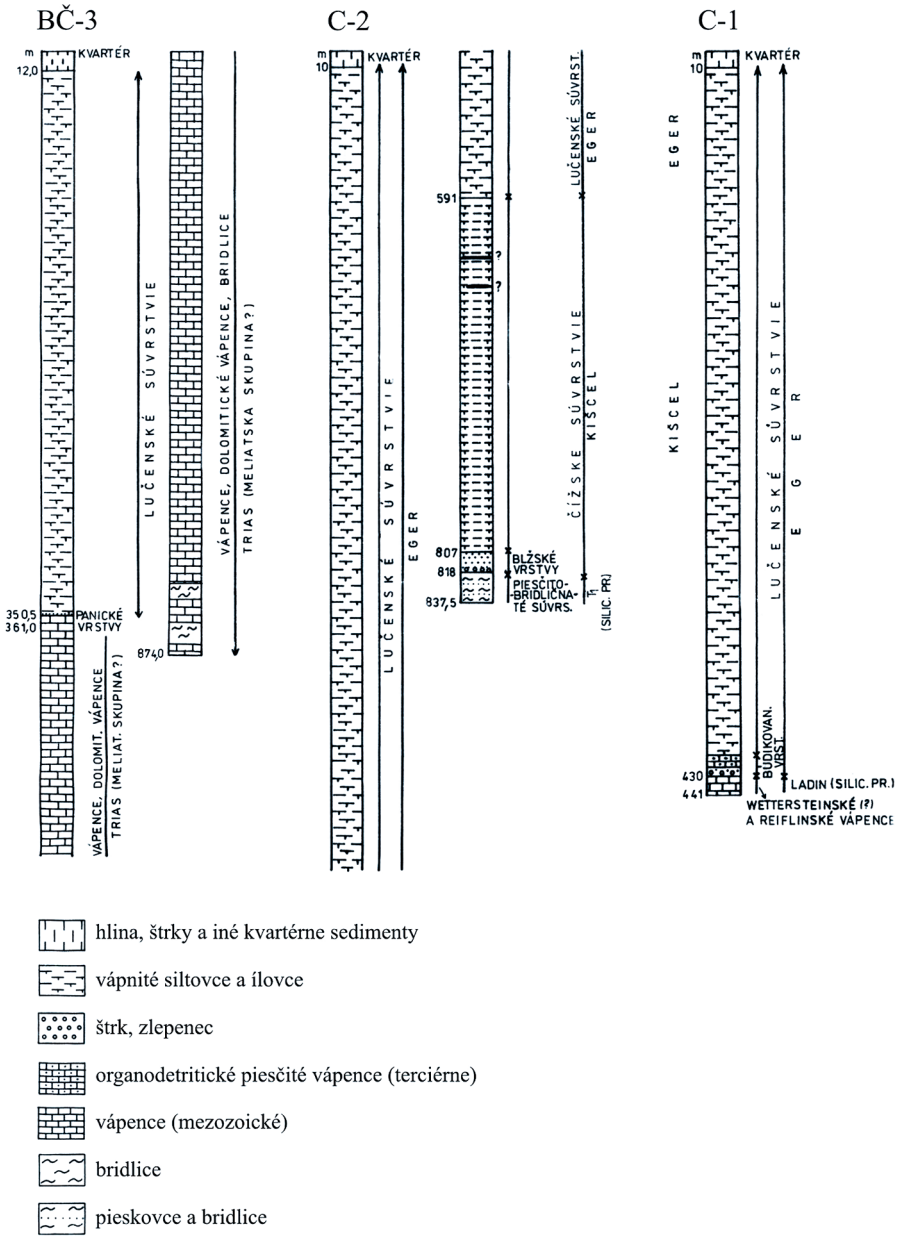
Obr. 7. Orientačná mapka lokalizácie korelovaných vrtov s FGRk-1 (Vass a Elečko – eds., 1989).

Fig. 7. Schematic map of location of boreholes correlated with FGRk-1 (Vass and Elečko – eds., 1989).

LR-9 (Chanava, 650 m), C-1 (Cakov, 441 m), C-2 (Číž, 837,5 m), BČ-3 (Cakov, 874 m) (obr. 7 – 10), jednak mikrofauna, ktorú z nich uvádzajú rôzni špecialisti, je len priebežná, bez indexových fosílií.

Slavíková (1953) pri vyhodnotení vrtu C-1 Cakov (obr. 8; celková hĺbka 441 m) mala k dispozícii 11 jadier z hĺbky od 130 do 402 m. Škoda však, že pri jednotlivých jadrách neuvádza aj hĺbku. Vo foraminiferových asociáciách, pri ktorých nevieme, na základe ktorých druhov sú zaradené do egeru, pretože sú determinované priebežne, je menej častá frekvencia druhov *Heterolepa dutemplei* (Orb.) a *Percultazonaria fragaria* (Gümbel). Tie sú vo vrte FGRk-1 takmer v každej vzorke z hĺbky 15 – 620 m (tab. 1). *Uvigerina farinosa* Hantk., o ktorú sa po prvýkrát opiera v jadre č. 4, je tiež priebežná forma od spodného kišcelu po egenburg. Vo vrte FGRk-1 sa uvigeríny objavujú už v prvej vzorke, v hĺbke 15 m, až po 620 m. Podobne je to aj s ostatnými taxónmi, ktoré uvádza. Navyše, v jadrách č. 2, 5, 6, 7, 9, 10 a 11 ako veľmi hojnú formu udáva planktonickú globigerínu *G. bulloides* Orb., ktorá je v panvách centrálnej Paratetýdy známa od karpatu po kosov (Cicha et al., 1998). V závere správy však Slavíková (l. c.) konštatuje, že vzorky obsahovali formy, z ktorých väčšina prechádza do miocénu, niektoré sú oligocénne a typické kišcelské chýbajú.

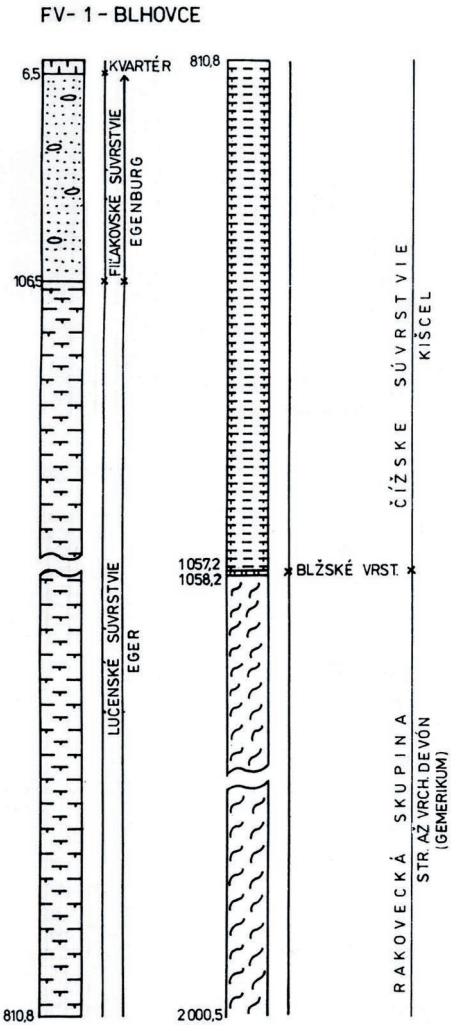
Podobné nezrovnalosti sa vyskytli aj pri mikrofaunistickom spracúvaní vzoriek z vrtu LR-9 (Chanava, obr. 7) v r. 1986 (in Klubert et al., 1986). Vzorky z hĺbky 100,3 až 633,6 m, ktoré študovala Kantorová a laboratórne boli spracované v mikropaleontologickom laboratóriu GP (vrt realizoval GP Spišská Nová Ves), sú len vo fragmentovom stave a nemajú stratigrafickú hodnotu.



Obr. 8. Profily okolitých vrtov (BČ-3, C-1 a -2) (Vass a Elečko – eds., 1989).

Fig. 8. Profiles of surrounding boreholes (BČ-3, C-1 and -2; Vass and Elečko – eds., 1989).

Šutovská, vtedy ako poslucháčka Prírodovedeckej fakulty KU v Prahe, si zrejme vzorky plavila sama, keďže opisuje mikrofaunu. Vrt vzorkovala každých 50 m. Do hĺbky 610 m stanovila eger, v hĺbke 630 – 650 m na základe celkového charakteru spoločenstva kišcel, pričom však podotýka, že sa v celom vrte nevyskytujú žiadne vedúce skamenneniny, ani bentos, ani planktón. Fauna foraminifer je takmer identická s vrtom FGRk-1, ktorý je však kvantitatívne bohatší a druhovo pestrejší. Vo vrte LR-9 je pozoruhodný vzácny výskyt uvigerín, a to až v poslednej vzorke z hĺbky 650 m. Vo vrte FGRk-1 sú v celom nami študovanom rozsahu (tab. 1). V hĺbke 600 m Šutovská (in Klubert et al., 1986) udáva druh *Fontbotia (Planulina) wuellerstorfi* (Schwager), ktorého prvý výskyt v panvách centrálnej Paratetýdy je zaznamenaný až od egenburgu (Cicha et al., 1998). Druh *Bolivina oligocaenica* (Spandel), vyskytujúci sa v CP vo vrchnom kišceli až egeri, určila v hĺbke 200, 300, 350, 400 a 450 m, vo vrte FGRk-1 sme ho po prvýkrát určili v hĺbke 610 m.



Obr. 9. Profil vrtu FV-1 Blhovce (Vass a Elečko – eds., 1989).

Fig. 9. Profile of the borehole FV-1 Blhovce (Vass and Elečko – eds., 1989).

vrt/lokalita	egenburg (m)	eger(m)	kišcel (m)	celková hĺbka vrtu
C-1 Čakov		427	-	441
C-2 Číž		591	277	837,5
BČ-3 Čakov		351	-	874
LR-9 Chanava		630	> 20	650
FV-1 Blhovce	106,5	810,8	1057,2	2000,5

Obr. 10. Prehľad hrúbky súvrství okolitých vrtov.

Fig. 10. Review of the thicknesses of formations of surrounding boreholes.

Mikrofaunistické vyhodnotenia vrtu C-2 (Číž, obr. 7 a 8) sa nám nepodarilo získať. Homola (1953) vyslovil domnienku, že vo vrte C-2 vrchná hranica rupelu, dnešného kišcelu, je v hĺbke okolo 690 m. Slavíková (in Homola, l. c.) na základe mikrofauny interpretovala túto hranicu v hĺbke 724 m.

V plytších vrtoch VCH-1 (vyhĺbený do 250,1 m) a VCH-2 (vyhĺbený do 271,1 m) v okolí Chanavy Kantorová (1977) určila do uvedenej hĺbky eger, ale vo vrte VCH-1 v hĺbke 230 – 230,1 m našla vraj redepozície eocénu. Formy žijúce od eocénu sú vo vrte FGRk-1 zastúpené priebežne. Prvé nálezy sú už v prvej vzorke, teda v hĺbke 15 m, napr. *Nonion commune* (Orb.), ktorý sa vyskytuje rovnako ako jediný nájdený druh v poslednej vzorke z hĺbky 625 m.

V rámci korelácie vrtu FGRk-1 s hlbšími vrtmi v Rimavskej kotline sme si vybrali vzdialenejší vrt FV-1 Blhovce vyhĺbený do hĺbky 2 000,5 m (obr. 4, 9 – 10). Kantorová (1978a) v ňom na základe foraminifer vyčlenila 4 súvrstvia:

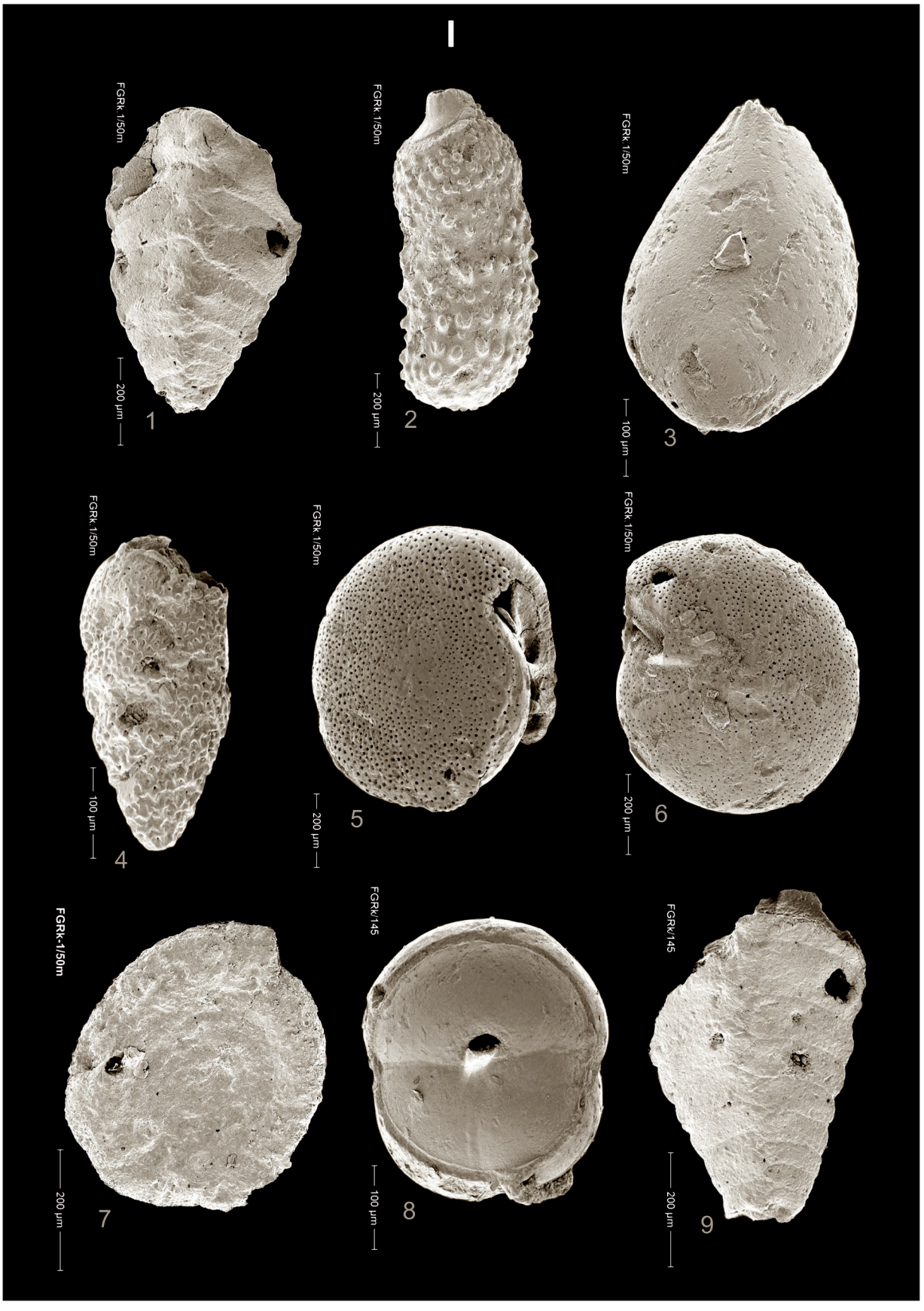
A) Najstaršie, terciérne súvrstvie (850 – 1 055 m). – Predstavujú ho sivé slienité silty až bridličnaté siltovce. Zastupuje ich: *Sphaeroidina austriaca*, *Uvigerina hantkeni*, *Planulina ungeriana*, *P. wuellerstorfi*; z nodosarií: *Lenticulina limbosa*, *L. orbicularis* a *L. mamilligera*. Planktonická zložka je sčasti alebo aj úplne zachovaná iba v podobe kýzových jadier. V tomto súvrství nenašla

TAB. I. 1, 9 – *Semivulvulina deperdita* (Orb.); 2 – *Percultazonaria fragaria* (Gümbel); 3 – *Guttulina communis* (Orb.); 4 – *Bolivina crenulata* Cushman; 5, 6 – *Heterolepa dutemplei* (Orb.); 7 – *Ammodiscus miocenicus* Karrer; 8 – *Sphaeroidina bulloides* Orb.

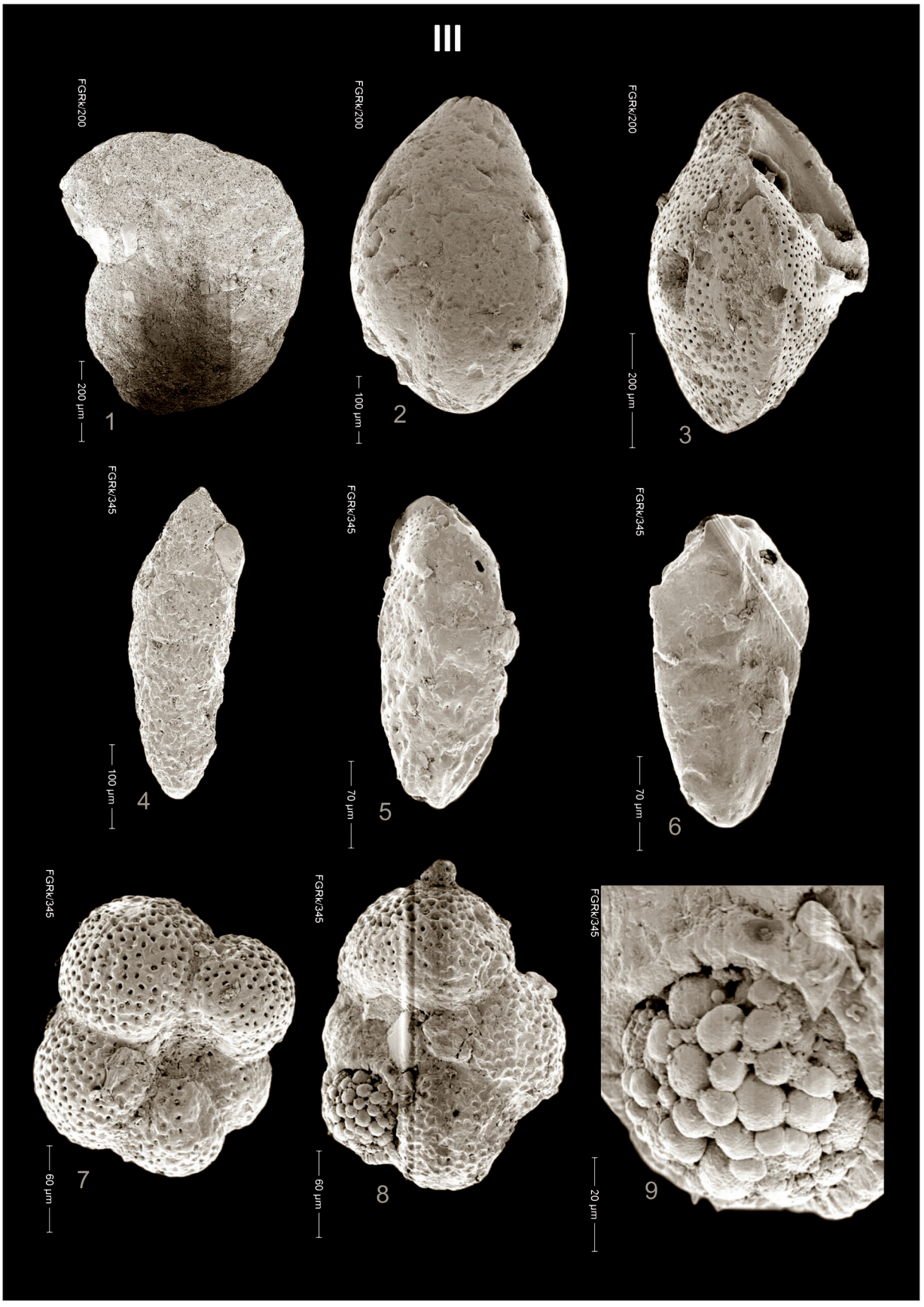
TAB. II. 1 – *Martinottiella communis* (Orb.); 2 – *Haplophragmoides vasiceki vasiceki* C.-Z.; 3 – *Reticulophragmium rotundidorsatum* (Hantk.); 4 – *Semivulvulina pectinata* (Rss.); 5, 6 – *Percultazonaria fragaria* (Gümbel); 7 – 9 – *Uvigerina moravia* Boersma.

TAB. III. 1 – *Reticulophragmium acutidorsatum* (Hantk.); 2 – *Guttulina communis* (Orb.); 3 – *Heterolepa costata* Franzenau; 4 – *Bolivina* sp.; 5 – *Bolivina trunensis* Hofmann; 6 – *Bolivina* cf. *dilalata* Rss.; 7 – *Globigerina ciperoensis* Bolli; 8, 9 – *Globigerina wagneri* Rögl.

TAB. IV. 1 – *Siphonina reticulata* (Czjz.); 2, 8 – *Uvigerina hantkeni* Cushman et Edwards; 3 – *Almaena osnabrugensis* (Roemer); 4 – *Fursenkoina acuta* (Orb.); 5 – *Globigerina praebulloides leroyi* Blow et Banner; 6 – *Tenuitellinata angustiumbilicata* (Bolli); 7 – *Globigerina ciperoensis* Bolli; 9 – *Bolivina crenulata* Cushman; 10 – *Globigerina ouachitaensis* Howe et Wallace.


I
FGRk-1/50m
FGRk 1/50m
FGRk/145
200 µm
100 µm
1
2
3
4
5
6
7
8
9

II
FGRk/145m
200 µm
1
FGRk/145
300 µm
2
FGRk/145
200 µm
3
FGRk/145
200 µm
4
FGRk/145
200 µm
5
FGRk/145
200 µm
6
FGRk/145
200 µm
7
FGRk/145
100 µm
8
FGRk/180
200 µm
9


III
FGRk/200
200 µm
1
FGRk/200
100 µm
2
FGRk/200
200 µm
3
FGRk/345
100 µm
4
FGRk/345
70 µm
5
FGRk/345
70 µm
6
FGRk/345
60 µm
7
FGRk/345
60 µm
8
FGRk/345
20 µm
9

IV
FGRK/1/610m
100 µm
1
FGRK/1/610m
200 µm
2
FGRK/1/610m
100 µm
3
FGRK/1/610m
200 µm
4
FGRK/1/610m
80 µm
5
FGRK/1/610m
80 µm
6
FGRK/1/610m
100 µm
7
FGRK/1/620m
200 µm
8
FGRK/1/620m
80 µm
9
FGRK/1/620m
70 µm
10

druhy *Heterolepa dutemplei* a *Tritaxia szaboi*. Druhý z nich považuje za vedúcu formu vrchného eocénu až kiščelu v Panónskej panve a juhoslovenských kotlinách. *Heterolepa dutemplei* sa vo vrte FGRk-1 vyskytuje v celom rozsahu vzoriek, ktoré sme študovali. Druh *Tritaxia szaboi* sa v panvách centrálnej Paratetýdy vyskytuje od eocénu po eger (Cicha et al., 1998), čiže pre kiščel nie je smerodajný. Autorka toto súvrstvie pri stratifikácii priraďuje snáď ku kiščelu, pričom nevylučuje vrchnoeocénny vek.

AB) Prechodné súvrstvie sivých slienitých siltovcov (725 – 850 m). – Z bentických foraminifer sú dominantné druhy: *Astacolus fragarius*, *Sphaeroidina austriaca*, *Uvigerina hantkeni*, *Melonis pompilioides*, *Planulina ungeriana*, *P. wuellerstorfi*, *Pullenia bulloides* a *Bolivinopsis carinatus*. V hĺbke 850 m sa objavuje už *Heterolepa dutemplei*. Aglutinované foraminifery sú skôr doplňujúcou zložkou. Planktón zastupujú drobné formy *Globigerina ampliapertura* a *G. ciperoensis*.

B) Eger (zhruba 115 – 715 m), sivé silty až rozpadavé siltovce. – Na charakteristiku tohto súvrstvia využila Kantorová (l. c.) z nodosariidných foriem druh *Lenticulina moravica*, ktorý považuje za vedúci druh egeru z juhoslovenských kotlín. *Heterolepa dutemplei* sa vyskytuje v hojnom počte. Z nesúvislého výskytu planktónu uvádza druhy *Globigerina ouachitaensis* a *G. opima nana*. Tanatocenózy dopĺňajú pozoruhodné výskyty aglutinovanej zložky, ktorá má často dominantné postavenie. Pri revízii sme zistili, že *Lenticulina moravica* sa v panvách centrálnej Paratetýdy vyskytuje od eocénu po morav, *Globigerina ouachitaensis* od vrchného eocénu po eger a *Globigerina*, resp. *Paragloborotalia opima nana* od vrchného eocénu po egenburg (Cicha et al., 1998).

C) Súvrstvie pieskov a pieskovcov s glaukonitmi a chloritmi (11 – 115 m). – Obsahuje mechanicky veľmi poškodenú, zrejme redeponovanú mikrofaunu, ktorá má ešte egerský charakter. V pozoruhodnejšom množstve sú v spodnej časti súvrstvia (55 – 115 m) zastúpené *Melonis pompilioides* a *Heterolepa dutemplei*. Sprevádzajú ich: *Ammodiscus incertus*, *Amphicoryna scalaris*, *Astacolus fragarius*, *Lenticulina cultrata*, *Pullenia bulloides*, *Gyroidina soldanii* a *Planularia wuellerstorfi*. Vyššia časť glaukonitického súvrstvia by mohla byť už súčasťou mladšej, postegerskej transgresie. Tanatocenózy zo súvrstvia C sú zrejme alochtónne.

V zmysle tohto členenia je v študovanom úseku vrtu FGRk-1 (15 – 625 m) zastúpené len jediné súvrstvie, a to B.

Literatúra

Abonyi, A., Abónyiová, M., Suchár, A. & Tregerová, R., 1972: Slovenské magnezitové ložiská. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Báldi, T. & Seneš, J. (eds.), 1975: Chronostratigraphie und Neostratotypen 5, Egerien. *Bratislava, Veda, 1 – 577.*

Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher, III., C. C. & Aubry, M. P. A., 1995: Revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *In: Berggren, W. A., Kent, D. V. and Hardenbol, J. (eds.): Geochronology, time scale and global stratigraphic correlations: A unified temporal framework for a historical geology. Spec. Publ. (Soc. econ. Paleontologists Mineralogists), 54, 129 – 212.*

Cicha, I., Rögl, F., Čtyroká, J., Rupp, Ch., Bajraktarevic, Z., Baldi, T., Bobrinskaya, O. G., Darakchieva, St., Fuchs, R., Gagic, N., Gruzman, A. D., Halmai, J., Krasheninnikov, V. A., Kalac, K., Korecz-Laky, I., Krhovsky, J., Luczkowska, E., Nagy-Gellai, A., Olszewska, B., Popescu, Gh., Reiser, H., Schmid, M. E., Schreiber, O., Serova, M.Y., Szegö, E., Sztrakos, K., Venglinskyi, I. V. & Wenger, W., 1998: Oligocene – Miocene Foraminifera of the Central Paratethys. *In: Abh. Senckenberg. naturforsch. Gesell., (Frankfurt a. Main), 549, 1 – 325, 61 Figs., 3 Tab., 79 Pls.*

Cílek, V., 1954: Geologické poměry širšího okolí Čížu na jv. Slovensku. *In: Rozpr. Čs. Akad. Věd., Ř. mat. přír. Věd. (Praha), 64, 6, 63 – 90.*

Elečko, M., Pristaš, J., Mello, J., Pecho, J. & Škvarka, L., 1975: Vysvetlivky k základnej geologickej mape, listy: M-34-125-D-a (Šafárikovo), M-34-125-D-b (Dlhá Ves). *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Elečko, M. & Pristaš, J., 1977: Geologická mapa a vysvetlivky, list Chanava a Neporadza. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Gregor, T., 1970: Regionálny geologický výskum centrálneho a bradlového pásma. Vyhodnotenie vrtu VŠ-1. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Homola, V., 1953: Prehľad geologických pomerov východoslovenského neogénu (stav ku koncu března 1953). *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Jurkovičová, H., Vass, D. & Elečko, M., 1990: Bátčanské vápence kiščelu juhoslovenskej panvy. *In: Miner. slov. (Bratislava), 22, 263 – 271.*

Kantorová, V., 1966: Drobné foraminifery a ich sprievodná mikrofauna z terciérnej výplne Rimavskej kotliny. Čiastk. záver. spr. za rok 1965. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Kantorová, V., 1975: Biofaciálna a biostratigrafická charakteristika terciérnych sedimentov na liste Šafárikovo a Dlhá Ves podľa foraminifer. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Kantorová, V., 1976: Biofaciálna charakteristika egerienských sedimentov z listu Rimavská Seč. Čiastk. záver. spr. za rok 1976. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Kantorová, V., 1977: Biofaciálna charakteristika egerienskych sedimentov z listu Chanava a Neporadza (podľa foraminifer). *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Kantorová, V., 1978a: Foraminiferové tanatocenózy z vrtu FV-1 Blhovce. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Kantorová, V., 1978b: Stratigrafické zhodnotenie morských terciérnych sedimentov z listu Radnovce, Veľký Blh a Uzovská Panica podľa foraminifer. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Klubert, J., Juriš, F., Sýkora, J., Šuchová, M. & Lafférs, F., 1986: Rimavská a Lučenská kotlina. Záver. správa. Surovina: hnedé uhlie, VP, stav k 1. 6. 1986. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Kováčová, P. & Maťašovský, M., 2005: Sedimentologické a mikrobiostratigrafické vyhodnotenie vrtu GRS-1 (Rimavské Jánovce, Juhoslovenská panva). *In: 5. paleontologická konferencia, Zbor. abstraktov. Bratislava, 55 – 56.*

Lehotayová, R., 1977: Vápnitá nanoflóra z okolia lokality Chanava. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Marcin, D., Elečko, M., Polák, M., Boorová, D., Zlinská, A., Malík, P., Michalko, J., Švasta, J., Kordík, J., Krčmová, K., Maďar, D., Kubeš, P., Kucharič, Ľ., Pašteka, R., Olejník, M., Hodák, Ľ., Bottlik, F., Černák, R., Gregor, M., Bačová, N., Lenhardtová, E., Hrdlovič, R., Repková, R., Juhás, M., Makovinská, J., Kráľ, J., Čech, P., Harčová, M. & Gluch, A., 2009: Hydrogeotermálne zhodnotenie Rimavskej kotliny. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Marková, M., 1967: Litológia neogénnych sedimentov južného Slovenska. *In: Západ. Karpaty (Bratislava), 8, 79 – 168.*

Marková, M., 1974: Správa o sedimentárno-petrografickom výskume treťohornej výplne Rimavskej kotliny v profiloch vrtu DV-1, DV-4 a DV-3. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Martini, E., 1971: Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. *In: Proc. 2nd Plankt. conf. Roma 1970, Roma, 739 – 785.*

Mazúr, E. & Lukniš, L., 1978: Regionálne geomorfologické členenie SSR. *In: Geogr. Čas. (Bratislava), 30, 2, 101 – 125.*

Ondrejíčková, A., 1977: Makrofauna vrtov VCH-1 a VCH-2 z Rimavskej kotliny. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Orvan, J., 1981: Rožňava-Plešivec, hydrogeologický prieskum. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Papp, A., 1960: Das Vorkomen von Miogypsina in Mitteleuropa. *In: Mitt. Geol. Gesell. (Wien), 51, 219 – 227.*

Phleger, F. B., 1960: Ecology and Distribution of Recent Foraminifera, V – VII. Baltimore, J. Hopkins, 1 – 297.

Poag, C. W., 1981: Ecologic Atlas of Benthic Foraminifera of the Gulf of Mexico. V – VIII, Marine Science International, Woods Hole/Mass.,1 – 175.

Planderová, E., 1966: Palinologické zhodnotenie vrtov RK-1, RK-2, RK-3. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Pristaš, J., Vass, D. & Elečko, M., 1980: Vysvetlivky k základnej geologickej mape, listy: Jesenské, Hostice, Pusta Embertelen. Čiastk. záver. správa. Názov úlohy: Základný geologický výskum neogénu južného a východného Slovenska. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Slavíková, K., 1952: Rimavská Seč – mikropaleontologický prieskum a výskum východoslovenského oligocénu. *Brno, Ústav pro naftový výzkum.*

Slavíková, K., 1953: Cakov I. – hlbinná vrtba (mikropaleontologický rozbor). *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Snopková, P., 1975: Palinologické vyhodnotenie vzoriek z vrtu DV-1 (lokalita Dlhá Ves). *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Snopková, P., 1978: Palinologický výskum vzoriek z vrtu FV-1 (Blhovce). *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Steininger, F., Papp, A., Cicha, I. & Seneš, J., 1975: Marine Neogene in Austria and Czechoslovakia. VIth Congress 1975. *Bratislava, Veda, 1 – 183.*

Šuba, J., Cibulka, Ľ., Frnčo, M., Kalaš, L., Nešvara, J., Orvan, J., Potyš, Z. & Šubová, A., 1973: Slovenský kras a Turnianska kotlina. Vyhľadávací hydrogeologický prieskum. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Vaňová, M., 1959: Spodnomiocénna fauna z bazálnych zlepencov zo širšieho okolia Šafárikova na južnom Slovensku. *In: Geol. Práce, Zoš. (Bratislava), 51, 143 – 198.*

Vass, D., 1981: Alpínske molasy Západných Karpát. Doktor. dizert. práca. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Vass, D., 2002: Litostratigrafické jednotky Západných Karpát: neogén a budínsky paleogén Lithostratigraphic units of West Carpathians: Neogene and Buda Paleogene. *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 252 s.*

Vass, D., Priechodská, Z., Elečko, M., Kantorová, V., Lehotayová, R. & Vaňová, M., 1974: Základný geologický výskum neogénu južného Slovenska, ročná správa za rok: 1973. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Vass, D. & Pristaš, J., 1976: Vysvetlivky k základnej geologickej mape list M-34-137-A-b (Rimavská Seč). *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Vass, D., Elečko, M. & Pristaš, J., 1978: Vysvetlivky k základnej geologickej mape, listy: M-34-125-C-a Veľký Blh, M-34-125--C-b Uzovská Panica, M-34-125-C-d Radnovce. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra*.

Vass, D., Konečný, V. & Šefara, J. (eds.), 1979: Geologická stavba Ipeľskej kotliny a Krupinskej planiny. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 1 – 277.*

Vass, D., Dovina, V., Chochol, M., Jurkovičová, H., Klinec, A., Konečný, V., Lexa, J., Lukáčik, E., Pristaš, J., Šucha, P., Vozárová, A. & Vozár, J., 1982: Vysvetlivky k základnej geologickej mape, list 36442 – Poltár/2. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Vass, D. & Bajaník, Š. (eds.), 1988: Štruktúrny vrt FV-1 (Blhovce). *In: Region. Geol. Západ. Karpát (Bratislava), 23, 1 – 86.*

Vass, D., Elečko, M., Pristaš, J., Lexa, J., Hanzel, V., Modlitba, I., Jánová, V., Bodnár, J., Husák, L., Filo, M., Májovský, J. & Linkeš, V., 1989: Geológia Rimavskej kotliny. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 1 – 162.*

Rukopis doručený 3. 7. 2009
Revidovaná verzia doručená 7. 12. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

Foraminiferal associations from the Lučenec Formation in borehole FGRk-1 (Rimavská kotlina Basin, Slovakia)

The borehole FGRk-1, reaching the depth 1 050 m, was drilled in the frame of the project Regional hydrothermal evaluation of the Rimavská kotlina Basin northeastward from the village Ivanice and northwestward from the Číž spa (Fig. 1). The article presents the microfacial characteristic of drill samples of Egerian down the depth 625.0 m. In the depth 628.9 m the boundary Egerian/Kiscelian was determined (Elečko in Marcin et al., 2009) and in the depth 765–770 m the boundary Kiscelian/Eocene and next the Eocene down to the termination of the borehole (Boorová in Marcin et al., 2009). The detail profile of the borehole is in the final report by Marcin et al. (l.c.).

Based on studied foraminifers from the schlier sediments in interval 15–625 m, this was ranked to Egerian. Down to the depth 587.4 m it lithologically corresponds with the Szécsény schlier, and below to equivalent Budikovany and Panica beds of the Lučenec Formation (Fig. 3; Vass, 2002).

In studied segments of the drill core FGRk-1 we have determined 157 foraminiferal taxons (Tab. 1), belonging to Egerian, Kiscelian, and older mainly to Eocene. The majority of them represented the index forms. The exclusively younger taxons were not found. At the stratigraphic ranging of the sediments we based on younger and upper boundaries of the occurrences of present forms, and we took into account also the possible redeposition. Taking into account the subdivision of formations in the drill FV-1 Blhovce by Kantorová (1978a), based on foraminifers (see the chapter Correlation with surrounding boreholes), in the studied segment of FGRk-1 borehole only the B formation belonging to Egerian is present. In the borehole FV-1 Blhovce it is present in the depth 115–715 m.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 313 – 320
ISSN 0369-2086

Litostratigrafická náplň a tektonická pozícia drietomskej jednotky (západný úsek bradlového pásma)

JOZEF HÓK[1], IVANA PEŠKOVÁ[1] a MICHAL POTFAJ[2]

[1]Katedra geológie a paleontológie PriF UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
[2]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Lithostratigraphy and tectonic position of the Drietoma Unit (Western part of the Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians)

The Drietoma unit represents a rock sequence recognized in western segment of the Pieniny Klippen Belt. The lithostratigraphy and tectonic position of the Drietoma unit were contradictorily interpreted by various authors since 1969. Contribution presents a new perspective on the problem. Stratigraphic range of the Drietoma lithostratigraphic sequence is Upper Triassic (Norrian) to Lower Cretaceous (Beriassian). The Drietoma unit is allochthonous tectonic unit thrusted over the tectonic units of the Pieniny Klippen Belt and the Klape unit. The Fatricum and the Hronicum tectonic units are in tectonic superposition on the Drietoma unit. Paleogeographic position of the Drietoma unit (sequence) is supposed to be internal from the Pieniny Klippen Belt realm.

Key words: Drietoma unit, Pieniny Klippen Belt, lithostratigraphy, tectonics, Western Carpathians

Úvod

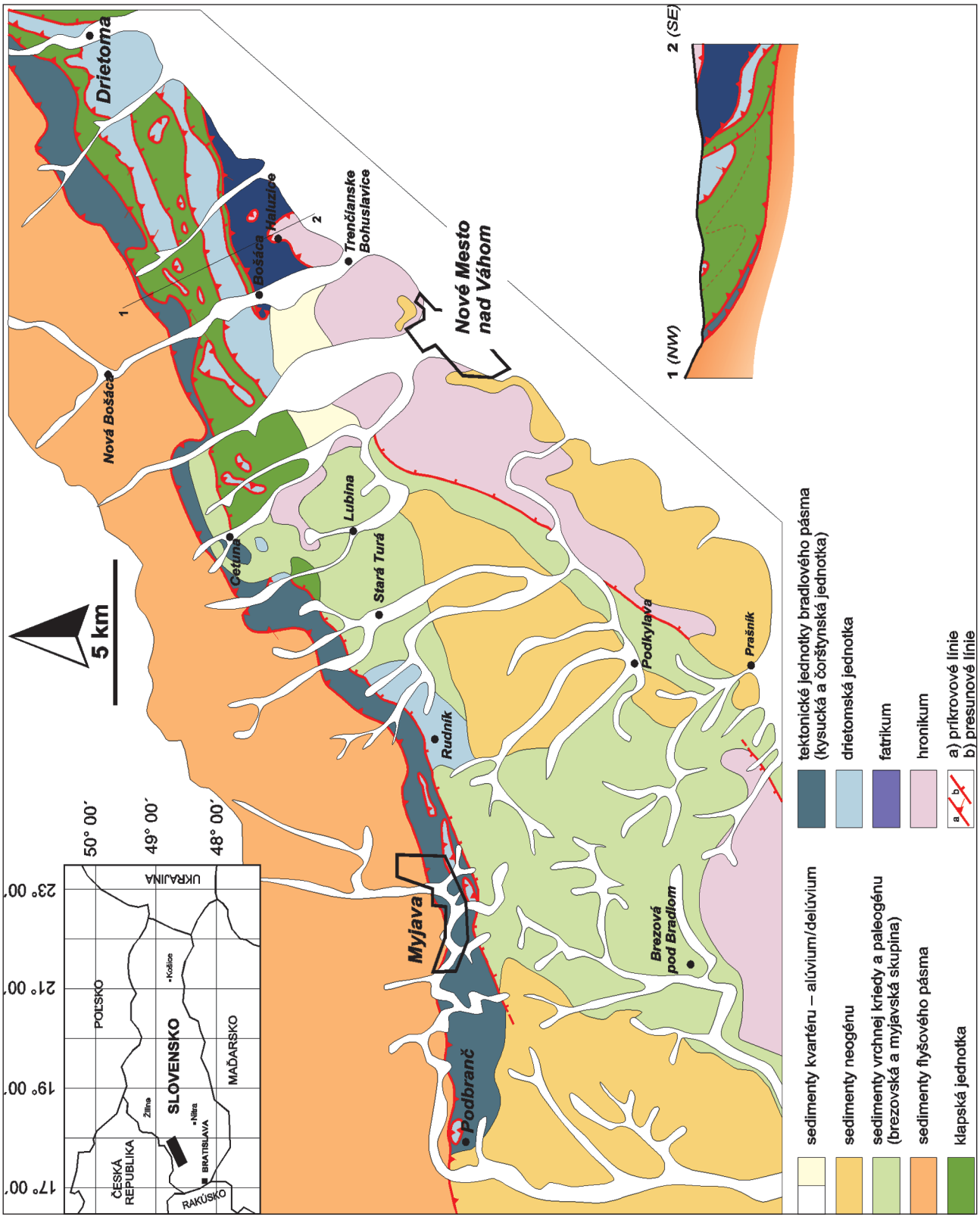
Predmetom príspevku je problematika spojená s litostratigrafickou náplňou a tektonickou pozíciou sedimentov drietomskej jednotky, podieľajúcej sa na stavbe bradlového pásma v úseku medzi Drietomou a Podbrančom (podbrančsko-trenčiansky úsek sensu Vass et al., 1988).

Drietomskú jednotku ako „drietomskú sériu" definoval Rakús (1977), pričom týmto názvom označil vrstvový sled medzi Drietomou a Bošácou, ktorý Began et al. (1966) a Began (1969) pôvodne vyčlenili ako manínsku sériu (tab. 1). Hlavnými dôvodmi, ktoré viedli Rakúsa (l. c.) k vyčleneniu samostatnej drietomskej jednotky, bola prítomnosť hornín vrchného triasu a odlišný litofaciálny charakter sedimentov liasu v porovnaní s manínskou jednotkou.

Salaj et al. (1987) považujú „drietomskú sekvenciu" za súčasť klapskej jednotky (pozri tab. 3). Jedným z litostratigrafických členov drietomskej série sú aj hyaloklastitové lávy v slieňoch spodného albu západne od Bošáce. Tie však Kullmanová a Vozár (1980) korelujú s výskytmi identických hornín pri Beckove, kde sú súčasťou „beckovskej série" (Maheľ, 1978) vysockého faciálneho vývoja fatrika (cf. Ivanička et al., 2005). Naproti tomu, z lokality západne od Bošáce opísali Borza et al. (1980) sčasti litologicky odlišný horninový komplex, v ktorom sú hyaloklastitové lávy súčasťou vápencov hoterivu. V danom horninovom komplexe odlíšili dve tektonické jednotky: manínsku jednotku obsahujúcu hyaloklastitové lávy (valangin – spodný alb) a beliansku jednotku s vápencami aptu až albu.

Maheľ (1978) v oblasti Bošáce rozlíšil tri tektonické jednotky – inoveckú (tatrikum?), zliechovskú (fatrikum) a bošácku, ktorú pokladá za analogickú s manínskou. Inovecká jednotka zahŕňa predovšetkým sedimenty karpatského keuperu a rétu, prípadne sedimenty spodného liasu a doskovité vápence s hľuzami čiernych rohovcov najvyššej jury až spodnej kriedy. Zliechovská jednotka by mala obsahovať predovšetkým súvislé horninové sledy – „fleckenmergel až rádiolarity", sivé doskovité vápence (titón), sivé sliene a sčasti flyšové súvrstvie albu až cenomanu. Najvýraznejším litostratigrafickým členom bošáckej jednotky je podľa Maheľa (l. c.) liasové súvrstvie tmavosivých jemnozrnných, sčasti krinoidových a celistvých vápencov s čiernymi silicitmi (bošácke súvrstvie sensu Maheľ, 1986). Malm reprezentujú červené hľuznaté vápence, neokóm sivé doskovité vápence s čiernymi rohovcami a barém až apt sivé organodetritické vápence. Maheľ (1986) do „bošáckej sekvencie" zaradil aj (oxfordské?) rádiolarity. O súvrstviach vrchného triasu uvažuje alternatívne ako o súčasti manínskeho príkrovu (bošáckej sekvencie) alebo súčasti krížňanského príkrovu. Bošácka jednotka (sensu Maheľ, 1978) sa lokalizáciou a sčasti aj litostratigrafickou náplňou zhoduje s dúbravskou jednotkou („Dúbravka Einheit"), ako ju definoval Andrusov (1968).

Salaj (1990) považuje drietomskú jednotku za súčasť tzv. klapského pásma. V rámci drietomskej jednotky vyčleňuje drietomskú sekvenciu v stratigrafickom rozsahu vrchný trias až spodný alb. Vrstvový sled bradla Chotuč považuje za „trochu iný" a na rozdiel od drietomskej sekvencie, ktorá predstavuje južný vývoj, bradlo Chotuč podľa neho predstavuje severný vývoj drietomskej jednotky. Okrem spomenutých sekvencií vyčlenil Salaj (op. cit.) v rámci drietomskej jednotky sekvenciu Vrzávky a Stupného (sedimenty strednej kriedy) a sekvenciu Hoštinej (stredná krieda až paleogén). V danom prípade sa nezmieňuje



Obr. 1. Zjednodušená schéma tektonických jednotiek skúmanej oblasti a idealizovaný geologický profil (spracované podľa: Began, 1969; Began et al., 1984; Kadlečík et al., 1979).

Fig. 1. Simplified sketch of investigated area with position of principal tectonic units and not to scale geological cross-section (according to: Began, 1969; Began et al., 1984; Kadlečík et al., 1979).

Tab. 1
Litostratigrafická tabuľka manínskej série (Began, 1969), neskôr redefinovanej ako drietomská séria (Rakús, 1977)
Lithostratigraphic column of the Manín sequence (Began, 1969), later redefined by Rakús (1977) as the Drietoma sequence

ÉRA	PERIÓDA	STUPEŇ	LITOLOGICKÉ ZLOŽENIE
MEZOZOIKUM	KRIEDA	MÁSTRICHT	
		KAMPÁN	
		SANTÓN	
		KOŇAK	
		TURÓN	slienité bridlice, drobnorytmický flyš – vápnité pieskovce, slienité bridlice
		CENOMAN	žltkasté sliene
		ALB	slienité bridlice, pieskovce, zlepence
		APT	sivé jemnozrnné organogénne vápence (urgón)
		BARÉM	
		HOTERIV	sivé a tmavosivé škvrnité slienité vápence s rohovcami
		VALANGIN	
		BERIAS	svetlosivé slienité vápence s hojnými kalcitovými žilkami
	JURA	TITÓN	sivé a červenkasté hľuznaté vápence
		KIMERIDŽ	
		OXFORD	
		KELOVEJ	červené a zelené rádiolarity a rádioláriové vápence
		BAT	
		BAJOK	
		ÁLEN	piesčité krinoidové a rohovcové vápence, škvrnité prekremenené vápence, piesčité vápence
		TOARK	
		PLIENSBACH	
		SINEMÚR	sivé až modrasté a tmavosivé vápnité pieskovce, piesčité lumachelové vápence, bridlice
		HETANŽ	
	TRIAS	RÉT	tmavosivé a zelenkavé bridlice, vápnité pieskovce, lumachelové vápence
		NORIK	pestré piesčito-ílovité bridlice s polohami klastických vápencov, kremence, sadrovce

o argumentoch, ktoré viedli k pričleneniu samostatných, navyše vzájomne litologicky odlišných kriedových až paleogénnych horninových sekvencií k drietomskej jednotke. Neskôr Salaj (1994) drietomskú jednotku členil na drietomskú sukcesiu (vrchný trias – spodný alb) a sukcesiu Hoštinej (stredný alb – mástricht, resp. až paleocén – spodný eocén). V rámci drietomskej sukcesie rozlišoval sukcesiu drietomského bradla, sukcesiu Chotuča a nejasne definovanú sukcesiu Stupného (op. cit., obr. 3). Na *Geologickej mape Stredného Považia* (Mello et al., 2005) je však hoštinská sekvencia zaradená do kysuckej jednotky bradlového pásma a drietomská sekvencia (pravdepodobne sukcesia Chotuča sensu Salaj, 1994) do klapskej jednotky.

Vo vysvetlivkách ku *Geologickej mape Myjavskej pahorkatiny*, *Brezovských a Čachtických Karpát* (Began et al., 1984) sú horninové súbory opísané ako drietomská sekvencia (súčasť klapskej jednotky), zaradené k tzv. predsenónskym litostratigrafickým jednotkám vnútorných Karpát. Tým sa zrejme mala zvýrazniť ich paleogeografická afinita (Salaj et al., 1987).

Litostratigrafické členy vrstvového sledu v rozsahu vrchný trias až vrchná jura v bradlovom pásme boli, s výnimkou Maheľa (1978), akceptované ako súčasť drietomskej jednotky (Began, 1969; Rakús, 1977; Salaj et al., 1987). Dosiaľ problematická je však litologická náplň, ako aj opodstatnenosť zaradenia kriedových členov vrstvového sledu do drietomskej jednotky (pozri tab. 2).

Horniny spodnokriedového veku s telesom hyaloklastitových láv, resp. bázického telesa, ktoré sa vyskytujú západne od Bošáce, boli opísané dvojznačne (Kullmanová a Vozár, 1980; Borza et al., 1980). Napriek tomu, že Kullmanová a Vozár (1980) považujú horninový súbor, ktorý opísali, za súčasť fatrika (beckovská jednotka), Began a Salaj (in Salaj et al., 1987) túto horninovú sekvenciu zaradili do drietomskej jednotky (tab. 3). Borza et al. (1980) časť horninových členov považujú za súčasť fatrika (belianska skupina) a časť hornín zaradili do manínskej skupiny. V rámci horninového súboru zaradeného do manínskej skupiny/jednotky opísali Borza et al. (op. cit.) tektonický kontakt medzi vápencami veku valangin až hoteriv s telesom bázika a slienitými bridlicami aptu až albu, no význam tohto kontaktu v rámci tej istej jednotky bližšie nekomentujú. Podobne, bližšie nekomentujú ani tvrdenie, že belianska skupina vystupuje vo forme šošovky alebo šupiny uprostred strednokriedových sedimentov manínskej skupiny, ktorá je v tektonickej pozícii vo vzťahu k sedimentom liasu dúbravskej jednotky, považovanej za súčasť manínskej zóny (Dúbravka Einheit sensu Andrusov, 1968). Tektonický kontakt kriedových horninových súborov s horninovými sekvenciami liasu je vyjadrený aj na geologickej mape 1 : 50 000 (Began et al., 1984), a to aj napriek tomu, že sa spoločne považujú za súčasť tzv. predsenónskych litostratigrafických jednotiek (Began et al., 1984) a neskôr za súčasť drietomskej jednotky (Salaj et al., 1987). Na geologickej mape 1 : 200 000 (list 35 – Trnava; Elečko et al., 2008) sú horniny zaradené do manínskej jednotky, pričom sedimenty liasu dúbravského vývoja sa považujú za súčasť drietomskej jednotky.

Ako jeden z najvýraznejších litostratigrafických členov drietomskej jednotky uvádza Began (1969) vápence urgónskeho typu (barém – apt). Ich výskyt je však obmedzený na niekoľko lokalít a ich litologickú podobnosť s urgónskymi vápencami spochybnil už Rakús (1977). Na geologickej mape 1 : 50 000 (Began et al., 1984) sú zobrazené v štruktúre západne od Bošáce. Na tejto lokalite ich však neoverili predchádzajúce výskumy (cf. Kullmanová a Vozár, 1980; Borza et al., 1980) a ich výskyt sme zatiaľ nemohli potvrdiť ani pri našom výskume. Tektonická pozícia súboru vápencov, slienitých bridlíc, telesa bázickej horniny a zlepencov vo vzťahu k podložiu je však v danej lokalite nespochybniteľná.

Z uvedeného prehľadu názorov vyplýva, že litostratigrafická náplň a s tým spojené priestorové rozšírenie,

Tab. 2
Litostratigrafická tabuľka kriedových litologických členov, pôvodne zaradených do drietomskej jednotky (Began, 1969; Rakús, 1977). Litostratigrafia hornín vyskytujúcich sa v štruktúre západne od Bošáce, ktoré boli zaradené do fatrika a manínskej jednotky (Borza et al., 1980), resp. do fatrika (Kullmanová a Vozár, 1980). Began a Salaj (in Salaj et al., 1987) ich zaradili do drietomskej jednotky.
Lithostratigraphic column of the Cretaceous rock sequence originally defined as the Drietoma unit (Began, 1969; Rakús, 1977). Lithostratigraphy of the rock sequence found in the structure west of the Bošáca village, classified as the Manín and the Fatric units (Borza et al., 1980), or to the Fatric unit (Kullmanová and Vozár, 1980). Began and Salaj (in Salaj et al., 1987) affiliated these rocks to the Drietoma unit.

	Began, 1969; Rakús, 1977	Borza et al., 1980	Kullmanová & Vozár, 1980	Began & Salaj, 1987
KONIAK				
TURON	silenité bridlice, drobnorytmický flyš – vápnité pieskovce, silenité bridlice			sivomodré, sčasti kremité pieskovce, ílovité bridlice, zlepence
CENOMAN	žltkasté silene			
ALB	silenité bridlice, pieskovce, zlepence	silenité bridlice vo vyššej časti s polohami pieskovcov a zlepencov	sivohnedé sliešovce, červenohnedé sliešovce, hyaloklastitové lávy	zelenosivé škvrnité silene s hyaloklastitovou lávou, tmavé rohovcové vápence, glaukonitické vápence, tmavosivé organoklastické vápence (urgónske), brekciovité vápence
APT	sivé jemnozrnné organogénne vápence (urgón)	*tektonický kontakt*	sivé lavicovité organodetritické vápence	
BARÉM				
HOTERIV	lavicovité až doskovité hnedozelenkasté, sivozelenkasté a sivé škvrnité vápence s rohovcami		sivý, čiastočne silenité vápence s medzivrstvičkami sliešovcov	svetlosivé silenité vápence, škvrnité silenité vápence, silenité bridlice
VALANGIN	svetlohnedasté lavicovité, slabo silenité vápence			
BERIAS	svetlosivé silenité vápence s hojnými kalcitovými žilkami			
TITÓN				

ako aj paleogeografická a tektonická pozícia drietomskej jednotky sú chápané nejednoznačne.

Metodika výskumu

Výskum bol zameraný na územie medzi Drietomou a Podbrančom. Na severozápade sa skúmalo územie obmedzené tektonickým okrajom jednotiek bradlového pásma, na juhovýchode terciérnymi (miocénnymi) sedimentmi blatnianskej priehlbiny.

Hlavným objektom výskumu boli sedimentárne sekvencie zaraďované do drietomskej jednotky. Výskyty sedimentov sa podrobili litologickému výskumu a verifikovala sa ich pozícia vo vrstvovom slede. Na základe analýzy sedimentárnych textúr bolo možné konštatovať, že väčšina skúmaných výskytov sedimentov drietomskej jednotky sa nachádza v prevrátenej pozícii. Dôraz sa kládol na kontinuitu vrstvového sledu, aby sa mohol stanoviť preukázateľný litostratigrafický rozsah. Výskyty drietomskej jednotky zobrazené na publikovaných geologických mapách (Began, 1969; Began et al., 1984) sa reambulovali, aby sa mohol overiť charakter pozície, resp. vzťahu horninových komplexov drietomskej jednotky k horninovým sekvenciám, resp. litotektonickým jednotkám bradlového pásma (vrátane klapskej jednotky), fatrika a hronika. Zlé odkrytie terénu a s tým spojený nedostatočný výskyt relevantných odkryvov neumožnil efektívnejšie využitie metodík štruktúrnej geológie. Napriek tomu sa terénnym výskumom vyčlenili dve základné, kvalitatívne odlišné tektonické rozhrania príkrovového a presunového, resp. prešmykového charakteru (obr. 1).

Litostratigrafická náplň drietomskej jednotky

Za drietomskú jednotku považujeme horninové celky v západnom úseku bradlového pásma so špecifickým vrstvovým sledom v stratigrafickom rozsahu vrchný trias až spodná krieda (tab. 4). Na viacerých miestach vieme jednotlivé litostratigrafické členy interpretovať ako neprerušený vrstvový sled, často však v obrátenej stratigrafickej pozícii. Mladšie členy, ktoré sa v minulosti priraďovali do drietomskej jednotky, najmä na základe výskytu západne od Bošáce (cf. tab. 2), nepovažujeme v tejto etape výskumov za jej integrálnu súčasť.

Najstarší známy litostratigrafický člen drietomskej jednotky je súvrstvie karpatského keuperu (karn – norik). V rámci neho je možné vyčleniť dolomitové a polymiktné brekcie a zlepence, kremenné pieskovce až zlepence, fialové piesčité bridlice, dolomity a evapority. Významným litologickým členom súvrstvia karpatského keuperu sú karbonátové a polymiktné brekcie a zlepence. Karbonátové brekcie pri Drietome opísal už Pošepný (1864). Began (1969) ich charakterizoval ako klastické vápence. V širšej oblasti Chotuča (mimo skúmanej oblasti) výskyt polymiktných zlepencov v rámci hornín karpatského keuperu zaznamenal Schlögl (1998). Na základe zhodnej stratigrafickej pozície a podobného litologického zloženia je možné karbonátové brekcie a zlepence korelovať s jedľovinskými vrstvami v Lúčanskej Fatre (Rakús a Hók,

Tab. 3
Litostratigrafická tabuľka drietomskej sekvencie podľa Begana a Salaja (1987 in Salaj et al., 1987)
Lithostratigraphic column of the Drietoma unit according to Began and Salaj et al. (1987 in Salaj et al., 1987)

ÉRA	PERIÓDA	STUPEŇ	(m)	LITOLOGICKÉ ZLOŽENIE
MEZOZOIKUM	KRIEDA	MÁSTRICHT		
		KAMPÁN		
		SANTÓN		
		KOŇAK		
		TURÓN		
		CENOMAN	200 – 300	sivomodré, sčasti kremité pieskovce, ílovité bridlice, zlepence
		ALB	10	zelenosivé škvrnité silene s hyaloklastitovou lávou, tmavé rohovcové vápence, glaukonitické vápence
		APT	30	tmavosivé organoklastické vápence (urgónske), brekciovité vápence
		BARÉM	50 – 70	svetlosivé slienité vápence, škvrnité slienité vápence, slienité bridlice
		HOTERIV		
		VALANGIN		
		BERIAS		
	JURA	TITÓN	3 – 5	svetloružové a červené hľuznaté vápence
		KIMERIDŽ		
		OXFORD	10	červené a zelené rádiolarity
		KELOVEJ		
		BAT	100 – 150	sivé a tmavosivé škvrnité slienité vápence, slienito-ílovité bridlice, krinoidové vápence
		BAJOK		
		ÁLEN		
		TOARK		
		PLIENSBACH		
		SINEMÚR	100	vápnité muskovitické pieskovce, rohovcové vápence, piesčité vápence, bridlice
		HETANŽ		
	TRIAS	RÉT	5 – 20	sivé a tmavosivé bridlice, piesčité bridlice, lumachelové vápence
		NORIK	100	pestré piesčito-ílovité bridlice, kremence, sadrovce

2003). Výskyt litologicky podobných hornín v rámci súvrstvia karpatského keuperu bol opísaný aj z oblasti Starohorských vrchov (Havrila in Polák et al., 2003), Tatier (Andrusov, 1959) a Veľkej Fatry (Havrila, os. informácia, 2009). Všetky spomínané výskyty sú dosiaľ interpretované ako súčasť tektonickej jednotky fatrika.

Sedimenty rétu sú reprezentované tmavosivými bridlicami, vápnitými pieskovcami a lumachelovými vápencami. V okolí Drietomy boli opísané *Rhaetivicula contorta* (Portlock), *Gervillia contorta* (Quenst.), *Dimydion intusstriatus* (Emmr.) a *Isocyprine ewaldi* (Bron.), ktoré indikujú rétsky vek súvrstvia (cf. Began, 1969; Salaj et al., 1987).

Bezprostredne nad sedimentmi rétu sa vyskytujú tmavosivé tenkolavicovité a bridličnaté pieskovce s klastickou sľudou, prípadne piesčité bridlice s vápnitým tmelom a tmavé vápence s hojnou prímesou kremeňa, ktoré boli stratigraficky zaradené do hetanžu až sinemúru (Began, 1969). Vyšší lias až spodný doger (sinemúr/lotaring – álen) podľa Begana (1969) zastupujú piesčité a krinoidové vápence s tmavými rohovcami, pričom uprostred tejto fácie sa v menšom množstve vyskytujú škvrnité, často prekremenené vápence s faunou amonitov *Pleuroceras spinatum*, *Echioceras raricostatum*, *Amaltheus margaritatus*, *Erycites falax* a *Haplopleuroceras* cf. *subspinatum* (op. cit.).

Rakús (1977) neskôr liasové súvrstvie rozdelil na „grestenské vrstvy“ (kopienecké súvrstvie) a mohutné súvrstvie tmavých, viac alebo menej slienitých, bežne škvrnitých vápencov (fleckenmergel) s polohami piesčito-krinoidových vápencov a čiernych spongolitov. Na rozdiel od Beganovho opisu (Began, 1969), súvrstvie škvrnitých vápencov (fleckenmergel – allgäuské súvrstvie) je prevažujúcim litotypom a piesčito-krinoidové vápence sú jeho súčasťou, tak, ako ich opísal Rakús (l. c.).

V stratigrafickom nadloží allgäuského súvrstvia vystupujú prevažne tmavočervené a tmavofialové rádioláriové vápence, bežne so svetlozelenými škvrnami. Predpokladaný vek rádioláriových vápencov je (síce bez paleontologických dôkazov) bajok až oxford. V nadloží rádioláriových vápencov sú sivé a červenkasté lavicovité až doskovité hľuznaté vápence. Na základe výskytu *Globochaete alpina* Lombard, *Cadosina carpathica* (Borza) a *Cadosina fusca* Wanner boli zaradené do kimeridžu až staršieho titónu (Began, 1969).

Stratigraficky najvyšším litologickým členom vo vrstvovom slede drietomskej jednotky na území medzi Drietomou a Podbrančom sú svetlosivé až sivé, miestami škvrnité doskovité až lavicovité slienité vápence. Na základe hojne zachovaných mikrofosílií (cf. Began, 1969) boli zaradené do titónu až beriasu.

Mladšie litostratigrafické členy reprezentované flyšovými a slieňovcovými súvrstviami, ktoré na viacerých miestach obklopujú drietomské bradlá, nie sú ich litostratigrafickým pokračovaním. Nikde nie je známa priama, t. j. sedimentárna a stratigrafická nadväznosť albských či mladších sedimentov na spodnokriedové vápence.

Tektonická pozícia drietomskej jednotky

Litostratigrafické členy drietomskej jednotky v úseku Podbranč – Drietoma sa vyskytujú v nadloží horninového komplexu pozostávajúceho podľa Begana (1969) zo slienitých bridlíc, pieskovcov, zlepencov a flyšového súvrstvia s prevahou žltkastých piesčitých bridlíc (alb), žltkastých slieňov (cenoman), slienitých bridlíc a drobnorytmického flyšu (turón). V nadloží spomenutého horninového komplexu sa vyskytujú rôzne litostratigrafické členy drietomskej jednotky, ktoré sa podľa dostupných údajov dajú interpretovať prevažne v prevrátenej stratigrafickej pozícii. Vzhľadom na to je možné ich vzájomný kontakt považovať za tektonický. Na základe analogickej argumentácie je možné tektonický vzťah medzi súvrstviami interpretovať aj medzi horninovými komplexmi kysuckej jednotky a drietomskou jednotkou v oblasti Podbranča a Myjavy. Tektonický kontakt drietomskej jednotky s horninovým komplexom pieskovcov, zlepencov a slienitých bridlíc (alb – turón) zaradených do klapskej

Tab. 4
Navrhovaná litostratigrafická tabuľka drietomskej sekvencie
The proposed lithostratigraphic column of the Drietoma unit

ÉRA	PERIÓDA	STUPEŇ	LITOLOGICKÉ ZLOŽENIE
MEZOZOIKUM	KRIEDA	APT	
		BARÉM	
		HOTERIV	
		VALANGIN	
		BERIAS	svetlosivé a sivé bridličnaté slienité vápence
	JURA	TITÓN	sivé a červenkasté hľuznaté vápence
		KIMERIDŽ	
		OXFORD	
		KELOVEJ	červené a zelené rádiolarity a rádioláriové vápence
		BAT	
		BAJOK	
		ÁLEN	allgäuské súvrstvie
		TOARK	
		PLIENSBACH	
		SINEMÚR	sivé až modrasté a tmavosivé vápnité pieskovce, piesčité lumachelové vápence, bridlice
		HETANŽ	
	TRIAS	RÉT	tmavosivé bridlice, vápnité pieskovce, lumachelové vápence
		NORIK	pestré, prevažne fialové piesčito-ílovité bridlice, svetlosivé kremenné pieskovce, karbonátové a polymiktné zlepence a brekcie, sadrovce

jednotky je vyjadrený aj na geologickej mape 1 : 200 000 (list 35 – Trnava; Elečko et al., 2008).

V priestore medzi Haluzicami a Bošácou sa v tektonickom nadloží obráteného vrstvového sledu allgäuského súvrstvia, rádiolaritov, červených hľuznatých vápencov a sivých slienitých vápencov vyskytuje troska hlavných dolomitov tektonickej jednotky hronika, ktorého výskyty možno sledovať ďalej smerom na juhozápad (obr. 1). Horninový komplex v tektonickom podloží hronika by analogicky mali reprezentovať horniny zliechovského faciálneho vývoja fatrika. Do tektonickej jednotky fatrika boli spomenuté sedimenty zaradené už v minulosti ako tzv. *dúbravská séria* (Gross, 1959). Za ekvivalent zliechovského vývoja fatrika ich považovali aj Scheibner a Zelman (in Buday et al., 1963). Smerom na sever od Haluzíc sú sedimenty fatrika situované v tektonickom nadloží úzkeho pruhu pieskovcov, zlepencov a sivohnedých slienitých škvrnitých vápencov klapskej jednotky, ktorý ich oddeľuje od hornín patriacich k drietomskej jednotke (obr. 1).

Štruktúru komplexu kriedových hornín s telesom hyaloklastickej lávy západne od Bošáce považujeme za súčasť fatrika. Výskyty analogických hornín sú známe z oblasti Beckova, ako aj z oblasti Trenčína a Trenčianskej Teplej. O tektonickej príslušnosti hornín k vysockému faciálnemu vývoju fatrika uvažovali aj Kullmanová a Vozár (1980). Borza et al. (1980) predpokladali, že časť horninového komplexu spodnej a strednej kriedy s telesom hyaloklastitovej lávy je súčasťou manínskej jednotky. Ostatné litostratigrafické členy považovali tiež za súčasť fatrika (belianska jednotka). Na geologickej mape 1 : 200 000 (list 35 – Trnava; Elečko et al., 2008) sa, naopak, celá štruktúra považuje za súčasť manínskej jednotky. Predpoklad o tektonickej príslušnosti časti horninového komplexu k manínskej jednotke nie je možné vylúčiť. V danom prípade by však išlo o najzápadnejší a súčasne výnimočne osamotený výskyt manínskej jednotky.

Na základe súčasného stavu poznatkov považujeme horninový komplex, ktorý opísali Borza et al. (1980), ako aj Kullmanová a Vozár (1980), za integrálnu súčasť fatrika. Litostratigrafický charakter skúmaných hornín takému predpokladu neodporuje.

V dnešnom štruktúrnom pláne opisovaného úseku bradlového pásma sú pozdĺž jeho vonkajšieho okraja umiestnené kysucké a čorštynské bradlá. Medzi Podbrančom a Rudníkom je na ne nasunutá drietomská jednotka. Sedimenty drietomskej jednotky zároveň tektonicky prekrývajú aj horninový komplex zaraďovaný do klapskej jednotky (Elečko et al., 2008). V štruktúrnej a tektonickej superpozícii nad drietomskou jednotkou sú horninové celky tektonických jednotiek fatrika a hronika. Z danej štruktúrnej konfigurácie vyplýva, že pri akceptovaní severnej vergencie presunov, ktorú potvrdil štruktúrny výskum, bola drietomská jednotka pôvodne umiestnená interne od priestoru klapskej jednotky a jednotiek bradlového pásma. Drietomská jednotka predstavuje samostatný štruktúrny element, tektonicky derivovaný z priestoru umiestneného interne od priestoru dnešného bradlového pásma. Vek presunu drietomskej jednotky je možné datovať na základe veku sedimentov klapskej jednotky, ktoré predstavujú priame tektonické podložie, na obdobie po staršom turóne.

Záver

V priestore medzi Podbrančom a Drietomou (obr. 1) bol opísaný súbor sedimentárnych hornín v stratigrafickom rozsahu vrchný trias (norik) až spodný turón (tab. 1), ktorý sa považoval za súčasť manínskej jednotky (Began, 1969). Neskôr boli spomenuté sedimenty zaradené do samostatnej drietomskej série (Rakús, 1977). Kriedové litostratigrafické členy drietomskej jednotky boli interpretované nejednoznačne (tab. 2). Podobne nejednoznačne bola interpretovaná aj tektonická príslušnosť drietomskej jednotky (napr. Salaj, 1990). Na základe nášho výskumu štruktúrnej pozície a litologického zloženia sedimentov je možné konštatovať, že na geologickej stavbe skúmanej oblasti sa podieľajú horninové komplexy bradlového pásma (kysucká a čorštynská jednotka), klapská jednotka, drietomská jednotka, fatrikum a hronikum. Stratigrafický rozsah drietomskej jednotky (tab. 4) je mladší trias (norik) až staršia krieda (berias). Drietomská jednotka predstavuje

samostatný štruktúrny element presunutý do priestoru dnešného bradlového pásma z jeho interného okraja.

Poďakovanie. Príspevok vznikol vďaka podpore grantu VEGA 1/4044/07 *Tektonická interpretácia kontaktu externíd a interníd Západných Karpát*. Túto prácu zároveň podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0465-06.

Literatúra

ANDRUSOV, D., 1959: Prehľad stratigrafie a tektoniky druhohorného pásma masívu Vysokých Tatier na území Slovenska. *In: Geol. Sbor. Slov. Akad. Vied (Bratislava), 10, 1, 97 – 132.*

ANDRUSOV, D., 1968: Grundriss der Tektonik der Nördlichen Karpaten. *Bratislava, Slov. Akad. Vied, 1 – 187.*

BEGAN, A., 1969: Geologické pomery bradlového pásma na strednom Považí. *In: Zbor. geol. Vied, Západ. Karpaty (Bratislava), 11, 55 – 103.*

BEGAN, A., BORZA, K. & SALAJ, J., 1966: Poznámky k výskytu manínskej série z. od Trenčína. *In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 40, 168 – 170.*

BEGAN, A., HANÁČEK, J., MELLO, J. & SALAJ, J., 1984: Geologická mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát 1 : 50 000. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.*

BORZA, K., KÖHLER, E., BEGAN, A. & SAMUEL, O., 1980: Výskyt belianskej skupiny západne od Bošáce. *In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 74, 57 – 63.*

BUDAY, T. (ed.), 1963: Vysvětlivky k přehledné geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M – 33 – XXX Gottwaldov. *Praha, Ústř. Úst. geol., 78 – 79.*

ELEČKO, M., MAGLAY, J., PRISTAŠ, J., FORDINÁL, K., NAGY, A., KONEČNÝ, V., ŠIMON, L., POTFAJ, M., GROSS, P., SALAJ, J., POLÁK, M., MELLO, J., HAVRILA, M., IVANIČKA, J., BUČEK, S., OLŠAVSKÝ, M., KOHÚT, M., KOVÁČIK, M., BEZÁK, V., VOZÁROVÁ, A., HÓK, J., BROSKA, I. & MADARÁS, J., 2008: Prehľadná geologická mapa Slovenskej republiky 1 : 200 000. Mapový list 35 – Trnava. *Bratislava, Ministerstvo život. prostr. – Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

GROSS, P., 1959: Príspevok k biostratigrafii a litológii bradlového pásma na strednom Považí. *Manuskript. Bratislava, archív Katedry geol. a paleont. PriF UK.*

IVANIČKA, J., OLŠAVSKÝ, M., HÓK, J., BEZÁK, V., POLÁK, M., RAKÚS, M., HAVRILA, M., PRISTAŠ, J., ELEČKO, M., KOVÁČIK, M., DEMKO, R., ŠIMON, L., KONEČNÝ, P., BOOROVÁ, D. & VANĚKOVÁ, H., 2005: Vysvetlivky ku geologickým mapám 1 : 25 000, listy: 35-142 Beckov (časť) a 35-231 Trenčianska Turná (časť). Čiastk. záver. správa. *Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

KADLEČÍK, J., ROTH, Z. & STRÁNÍK, Z., 1979: Hlubinná stavba vnějších Karpat na Moravě a západním Slovensku. *In: Maheľ, M. (ed.): Vážnejšie problémy geologického vývoja a stavby Československa. Kľúčové metódy a riešenia III. Zborník prednášok z konferencie v Smoleniciach 14. – 16. 11. 1979, 65 – 77.*

KULLMANOVÁ, A. & VOZÁR, J., 1980: Hyaloklastitové lávy v slieňovcovom súvrství spodného albu na strednom Považí. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 12, 1, 53 – 62.*

MAHEĽ, M., 1978: Manínska jednotka – čiastkový príkrov skupiny krížňanského príkrovu. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 10, 4, 289 – 309.*

MAHEĽ, M., 1986: Geologická stavba československých Karpát – Paleoalpínske jednotky. *Bratislava, Veda, 5 – 503.*

MELLO, J. (ed.), 2005: Geologická mapa Stredného Považia 1 : 50 000. *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

POLÁK, M. (ed.), FILO, I., HAVRILA, M., BEZÁK, V., KOHÚT, M., KOVÁČ, P., VOZÁR, J., MELLO, J., MAGLAY, J., ELEČKO, M., VOZÁROVÁ, A., OLŠAVSKÝ, M., SIMAN, P., BUČEK, S., SIRÁŇOVÁ, Z., HÓK, J., RAKÚS, M., LEXA, J., ŠIMON, L., PRISTAŠ, J., KUBEŠ, P., ZAKOVIČ, M., LIŠČÁK, P., ŽÁKOVÁ, E., BOOROVÁ, D. & VANĚKOVÁ, H., 2003: Vysvetlivky ku geologickej mape Starohorských vrchov, Čierťaže a severnej časti Zvolenskej kotliny 1 : 50 000. *Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 1 – 218.*

POŠEPNÝ, F., 1864: Die Quarzite von Drietoma bei Trencsin. *In: Jb. Geol. Reichsanst. (Wien), 14, 4, 499 – 503.*

RAKÚS, M. & HÓK, J., 2003: Geologická stavba antiklinály Kozla. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 35, 75 – 88.*

RAKÚS, M., 1977: Doplnky k litostratigrafii a paleogeografii jury a kriedy manínskej série na strednom Považí. *In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 68, 21 – 38.*

SALAJ, J. (ed.), 1987: Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát 1 : 50 000. *Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 1 – 181.*

SALAJ, J., 1990: Geologická stavba bradlovej a pribradlovej zóny stredného Považia a litologická klasifikácia kriedových sedimentov novovymedzených sekvencií. *In: Miner. Slov. (Bratislava), 22, 2, 155 – 174.*

SALAJ, J., 1994: Geológia stredného Považia – bradlové a pribradlové pásmo so Súľovským paleogénom a mezozoikum severnej časti Strážovských vrchov – 1. časť. *In: Zem. Plyn Nafta (Hodonín), 39, 3, 195 – 291.*

SCHLÖGL, J., 1998: Geologická stavba bradlového pásma medzi Vršateckým Podhradím, Červeným Kameňom a Dolnými Dúžavami. Diplomová práca. *Manuskript. Bratislava, archív Katedry geol. a paleont. PriF UK, 69 s.*

VASS, D., BEGAN, A., GROSS, P., KAHAN, Š., KÖHLER, E., LEXA, J. & NEMČOK, J., 1988: Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov panónskej panvy na území ČSSR 1 : 500 000. *Bratislava, Slov. geol. úrad – Geol. Úst. D. Štúra.*

Rukopis doručený 31. 7. 2009
Revidovaná verzia doručená 17. 12. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

Lithostratigraphy and tectonic position of the Drietoma Unit (Western part of the Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians)

The Drietoma unit is a structural element incorporated into the western segment of the Pieniny Klippen Belt (PKB). In the area between Podbranč and Drietoma (Fig. 1) a sequence of sedimentary rocks in the stratigraphic range of Upper Triassic (Norian) to Lower Turonian (Tab. 1), has been originally described as a part of the Manín unit (Began, 1969). Later Rakús (1977) classified mentioned sediments into the Drietoma unit. However, mainly the Cretaceous lithostratigraphic members of the Drietoma unit were interpreted ambiguously (Tab. 2). The tectonic position of the Drietoma unit was interpreted similar ambiguously (e.g. Salaj, 1990).

Based on our research of structural position and lithology, we conclude that the Drietoma unit is an allochthonous tectonic unit incorporated in to present PKB structures, lying over its external elements (Kysuca and Czorsztyn

units), and over the Klape unit. Stratigraphic range of the Drietoma sequence is from Upper Triassic (Norian) to Lower Cretaceous (Berriasian) (Tab. 4). There are no proofs that the younger lithostratigraphic formations (Albian and younger) are an integral part of the Drietoma sequence, no direct sedimentary contact was found until now.

The tectonic transport was generally top to NW oriented. The Fatricum and the Hronicum tectonic units are in tectonic superposition above the Drietoma unit. The Drietoma unit is a particular structural element displaced into the area of recent course of PKB from internal or southern zones after the Turonian.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 321 – 330
ISSN 0369-2086

Prehodnotenie možnosti ďalšieho využitia Striebornej žily – Rožňava

PETER BLIŠŤAN[1], ANTON GRINČ[2] a PETER VARGA[2]

[1]Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Fakulta BERG
Technickej univerzity v Košiciach, Park Komenského 19, 040 01 Košice
[2]PIDECO CGF, s. r. o., Szakkayho 1, 040 01 Košice

Reinterpretation of the additional exploitation possibility of the Strieborná žila vein (Rožňava, Slovakia)

The deposit Strieborná žila vein is one of the richest in the central Europe. The vein consists mainly of siderite, quartz and polysulphide mineralization with tetrahedrite. The high-grade tetrahedrite is rich in silver and its high content was the reason of the naming the vein Strieborná žila (Silver vein) in the past. Mineralogical research of the Strieborná vein confirmed also the presence of gold in tetrahedrite. In the time of the mining attenuation and decreasing of the world prices of silver and non-ferrous metals on the world stock-exchanges, the deposit conservation was ruled out. Now, especially due to increasing prices of commodities on the stock-exchanges, the possibility of repeated mining in this important deposit has arised.

Key words: Strieborná žila vein, tetrahedrite, silver, mining output, Rožňava

Úvod

Ložisko komplexných rúd Strieborná žila je jedno z najbohatších ložísk v strednej Európe z hľadiska obsahu úžitkových prvkov v rude. Žilu tvorí starší siderit a mladšia kremeňovo-sulfidická mineralizácia. Na rozdiel od ostatných sideritových žíl rudného poľa obsahuje podstatne vyšší podiel polysulfidického zrudnenia s dominantným Ag-tetraedritom. Masívne žilné tetraedritové polohy sú obohatené o striebro v rozsahu od 150 do 450 g/t. Okrem tetraedritu sa v žilnej výplni makroskopicky nachádza chalkopyrit a pyrit. Mikroskopicky sa identifikovalo viac ako 20 rudných minerálov (Sasvári a Maťo, 1998).

Ložisko sa až do roku 1992 pripravovalo na ťažbu, ale pre nepriaznivý vývoj cien striebra aj farebných kovov na svetových burzách sa v roku 2000 rozhodlo o mokrej konzervácii. Jej cieľom bolo zachovať ložisko v „pohotovostnom" stave na obdobie, keď sa vyrieši technológia spracovania suroviny a preukáže sa ekonomická efektívnosť ťažby.

Základné informácie o ložiskovom území

Lokalizácia

Rožňavská rudná oblasť patrí k južnému ložiskovému pásmu Spišsko-gemerského rudohoria (SGR). Nachádza sa na južnom okraji megaantiklinória rudohoria pri tektonickom styku s poklesnutým blokom Slovenského krasu. Rozprestiera sa na SZ a SV od Rožňavy a tvorí pruh v dĺžke 12 km a šírke 4 km (obr. 1 a 2). Toto pomerne rozsiahle územie je smerom na sever ohraničené litologickým rozhraním porfyroidov s podložnými fylitmi a smerom na juh rožňavským zlomovým pásmom, na ktorom vyznieva mineralizácia žilných štruktúr (Sasvári, 1998).

Hlavné žilné systémy

V literatúre sa uvádza viacero delení rožňavskej rudnej oblasti na žilné systémy, pričom sa akceptuje niekoľko kritérií, podľa ktorých sa celá rudná oblasť generálne rozdeľuje na ložiskové časti (používa sa aj termín ložisko, tiež ložisková časť alebo rudné pole, ktoré budeme ďalej uvádzať). Jedným z nich je aj priestorové zoskupenie rudných žíl, podľa ktorého sa rudná oblasť rozdeľuje na štyri žilné systémy (obr. 2), a to:

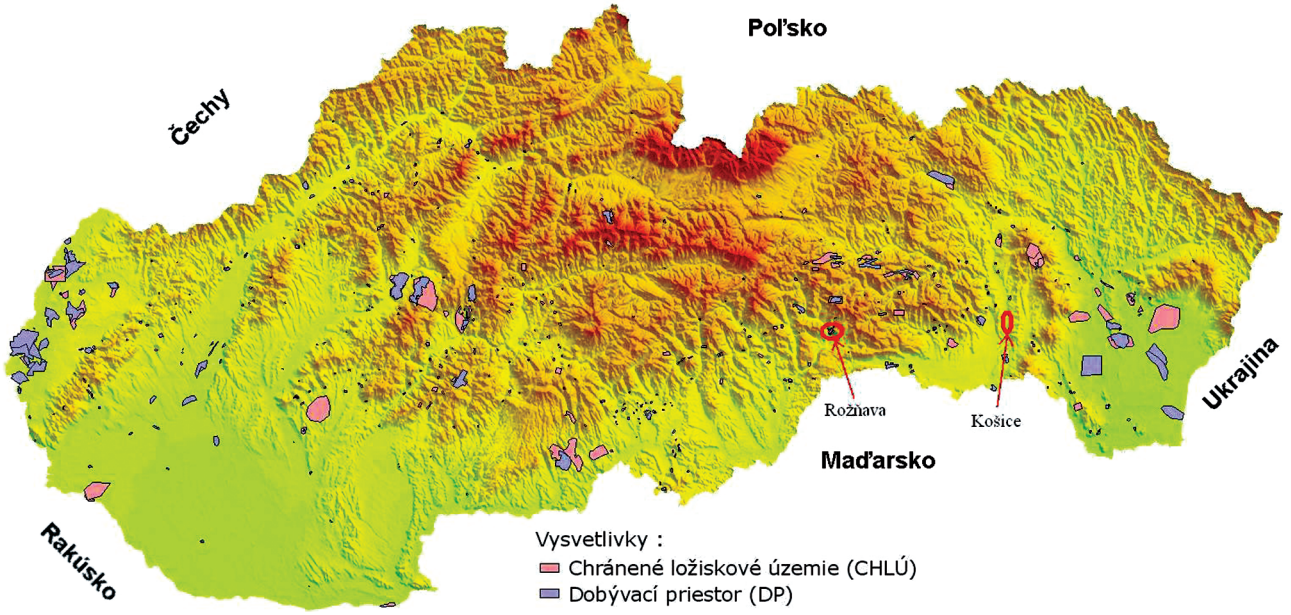
1. Rožňava – Turecká,
2. Rožňava – Mária – Tri vrchy (Kalvária),
3. Rozgang,
4. žilný systém v oblasti vrchu Rákoš (Sasvári a Maťo, 1998).

Podľa Koděru et al. (1986) je tretí a štvrtý žilný systém viac-menej súčasťou druhého, takže v podstate ide o dve hlavné skupiny rudných žíl.

Vzhľadom na to, že ložisko Rožňava – Strieborná žila sa zaraďuje k žilnému systému Rožňava – Mária – Tri vrchy, budeme sa v ďalšom texte venovať opisu tohto žilného systému, a najmä Striebornej žily.

Žilný systém Rožňava – Mária – Tri vrchy (Kalvária)

Smerom na V od rieky Slaná (asi 1,5 km na S od Rožňavy na úpätí Kalvárie; obr. 2) sa vyskytuje 2. žilný systém, Rožňava – Mária – Tri vrchy (Kalvária). Jeho súčasťou je viac-menej aj 3. a 4. systém rudných žíl. Tieto tri žilné systémy generálne patria do 2. hlavnej skupiny



Obr. 1. Geografická pozícia záujmovej oblasti.

Fig. 1. The geographic position of studied area.

rožňavských žilných štruktúr a reprezentujú ložisko (rudné pole) baňa Mária. Rudné žily bane Mária sú typickým predstaviteľom zmiešanej, sideritovo-sulfidickej (medňatej) mineralizácie v južnom ložiskovom pásme sideritovo-sulfidickej asociácie (Rojkovič et al., 2006).

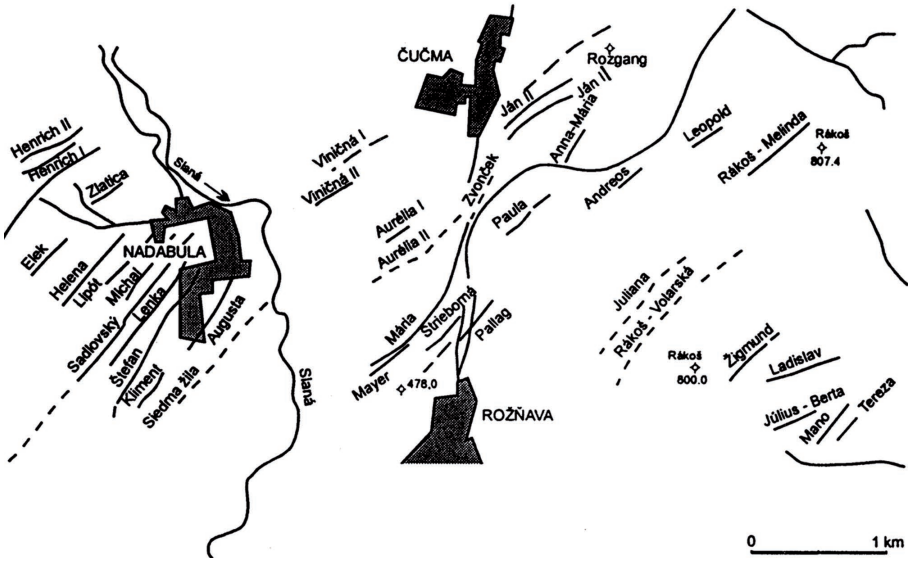
Najvýznamnejšie žilné štruktúry rudného poľa baňa Mária sú kremeňovo-sideritové žily Mária a Strieborná žila (obr. 3). Žila Mária patrí medzi najstaršie kremeňovo-sideritové rudné žily s komplexným polysulfidickým zrudnením v SGR. Na povrchu sa exploatovala už od 13. storočia. Od roku 1942 sa začala intenzívna exploatácia komplexnej Fe-Cu rudy. Postupne sa sprístupnila z viacerých hĺbkových úrovní a priaznivý vývoj žily bol dokumentovaný až po 13. obzor (obr. 3 a 4).

Strieborná žila je popri žile Mária svojím významom, rozsahom, a najmä kvalitou najvýraznejšia žilná štruktúra celého rožňavského rudného poľa. Vzhľadom na súčasné ceny drahých a farebných kovov na svetových trhoch stúpa o ňu záujem a je potrebné prehodnotiť možnosť jej ďalšieho ekonomického využitia.

Geológia ložiska Rožňava – Strieborná žila

Úložné pomery

Ložisko je v celom svojom smernom rozsahu situované v staršom paleozoiku gelnickej skupiny gemerika v súvrství Bystrého potoka a drnavskom súvrství. Metalogeneticky



Obr. 2. Mapa rudných žíl rudného poľa baňa Mária (Grecula et al., 1995; upravené).

Fig. 2. Map of ore veins in the ore field Mária mine (Grecula et al., 1995; modified).

ložisko spadá do východnej časti rožňavského rudného poľa do oblasti Turecká – Rožňava – Rákoš a žilného systému Rožňava – Mária – Tri vrchy (Kalvária).

Prvý raz sa na ňom fáralo vo februári roku 1981, a to 600 m od žily Mária v smere na VJV v hĺbke 500 m pod povrchom na úrovni 13. obzoru bane Mária (–170 m n. m.) pri vyhľadávacích geologickoprieskumných prácach. Práce boli zamerané na možnosť overenia skrytých žilných štruktúr medzi ložiskom Mária a žilou Rákoš – Volárska (Mesarčík et al., 1986). Žila dostala názov na základe zvýšeného obsahu Ag v separovanom tetraedrite z miesta fárania.

Na úrovni 13. obzoru sa Strieborná žila overovala banskými slednými chodbami (obr. 3). Celkový overený smerný rozsah je 1 300 m. Sklon v juhozápadnej časti varíruje od 75 do 85° na JV. V centrálnej časti má takmer zvislý sklon, ktorý sa severovýchodným smerom postupne znižuje až na 65° na SZ. Tým morfologicky nadobudla vrtuľovitý tvar (obr. 5), typický aj pre žilu Mária. Generálny smer žily je 30 – 40°, priemerná hrúbka 2,2 m. V celej smernej dĺžke je vyvinutá v porfyroidoch, len v najsevernejšej časti ich vystriedajú svetlé metaklastiká (obr. 4).

Hĺbkový dosah pod 13. obzorom sa zisťoval vrtnými prácami. Vertikálne najnižším vývojom je priesek žily vrtom V-RS-13/20-85 na úrovni –320 m n. m. (150 m pod 13. obzorom), kde má ešte stále pozitívny kvantitatívny charakter (hrúbka 3,2 m). V tejto úrovni sa sklon postupne znížil na 30 – 40° na SZ. Zaznamenal sa zvýšený obsah Cu, ktorý zmenil klesajúci trend chalkofilných prvkov smerom do hĺbky a naznačil vystriedanie tetraedritovej mineralizácie chalkopyritovou.

V celom smernom rozsahu sa žila overila aj na úrovni 10. obzoru. Jej celková smerná dĺžka je tam 1 350 m (obr. 3). Severovýchodná časť žily je vyvinutá v prostredí porfyroidov, v ktorých má stály, rovnomerný a tektonicky málo postihnutý vývoj s maximálnou hrúbkou. Juhozápadné pokračovanie je vyvinuté v svetlých sericitických fylitoch, častejšia je smerná tektonika, nerovnomernejší vývoj a nestála hrúbka. V úseku 1 000 – 1 040 m žiadna štruktúra vôbec nebola mineralizovaná. Na úrovni 10. obzoru má žila esovitý priebeh so stáčaním jz. krídla na Z a sv. časti na V. Súvisí to s výraznejším uplatňovaním tektoniky smeru V – Z. Úložné pomery sú identické ako na 13. obzore, priemerná hrúbka je 3,7 m (maximálna 9 m).

S cieľom overiť žilu nad 10. obzorom sa v jej centrálnej časti aj na krídlach realizovali podzemné vrty. Kým v centrálnej časti má žila stále pomerne strmý sklon (80 – 85° na JV), v juhozápadnej časti sa postupne splytčila na 40 – 45° na JJV. V obidvoch prípadoch má apikálna časť žily znížený obsah sledovaných prvkov, hrúbka sa však pohybuje od 3 do 8 m. V severovýchodnej časti má žila sklon 70° na SZ, smerom dovrchu sa trieši a nadobúda žilníkový a žilníkovo-impregnačný charakter.

Strieborná žila na úrovni 8. obzoru bane Mária bola nafáraná prekopom P-10 v úseku 597 m vo vzdialenosti 580 m od žily Mária smerom na JV (obr. 3). V mieste fárania mala smernú dĺžku 4,7 m so sklonom 69° na SZ v nadloží a 55° na SZ vo svojom podloží. Pravá hrúbka žily v prieseku prekopu P-10 je 3,5 m. Žilnú výplň tvorí prevažne hrubozrnný siderit. Zhluky a hniezda kremeňa, ako aj akumulácie tetraedritu nie sú časté. Sulfidická mineralizácia sa viaže prevažne na subvertikálne zlomy so sklonom od 77 do 88° na SZ a JV. Podložie, ale najmä nadložie Striebornej žily sprevádzajú časté sideritové žilky centimetrovej veľkosti. Nadložie žily sprevádza tektonická zóna so smerom 48° a sklonom 75° na SV. Sklon žily varíruje od 75 do 85° zväčša na SZ, jej generálny smer je 30°. Priemerná hrúbka žily je 3,25 m. Ložisko sa overilo v celkovej smernej dĺžke 300 m. V centrálnej časti overil doznievanie žily vrt V-RVS-6-93 v nadmorskej výške 190 m (10 m nad 6. obzorom).

Horninové prostredie väčšinou tvoria kompaktné sivozelené metapsamity s kremenným zložením a sericiticko-kvarcitické fylity až čierne sericiticko-grafitické fylity. Smerom na JZ sa predpokladá postupné zmenšovanie hrúbky a znižovanie kvality, ako aj splytčovanie štruktúry smerom na JV (Cehlár, Blišťan a Varga, 2007).

Mineralogická charakteristika

Žilnú výplň tvorí najmä starší siderit a mladšia kremeňovo-sulfidická minerálna asociácia. Hlavný sulfidický minerál žilnej výplne je tetraedrit, na ktorý sa viaže takmer celý obsah úžitkových prvkov (Cu, Ag, Bi), ako aj Sb a Hg. Jeho maximálna akumulácia je v centrálnej časti žily. V smere vyklinovania žily, ako aj smerom do hĺbky sa evidentne vytráca a postupne ho zastupuje chalkopyrit, prípadne monominerálna sideritová mineralizácia. Kremeňovo-sideritovo-sulfidická Strieborná žila celkove podstúpila zložitý vývoj. Determinovali ho viacnásobné tektonicko-deformačné udalosti a fázy vrásnenia. V dôsledku toho je žila pretvorená – budinovaná, posúvaná, vytiahnutá a vrásnená.

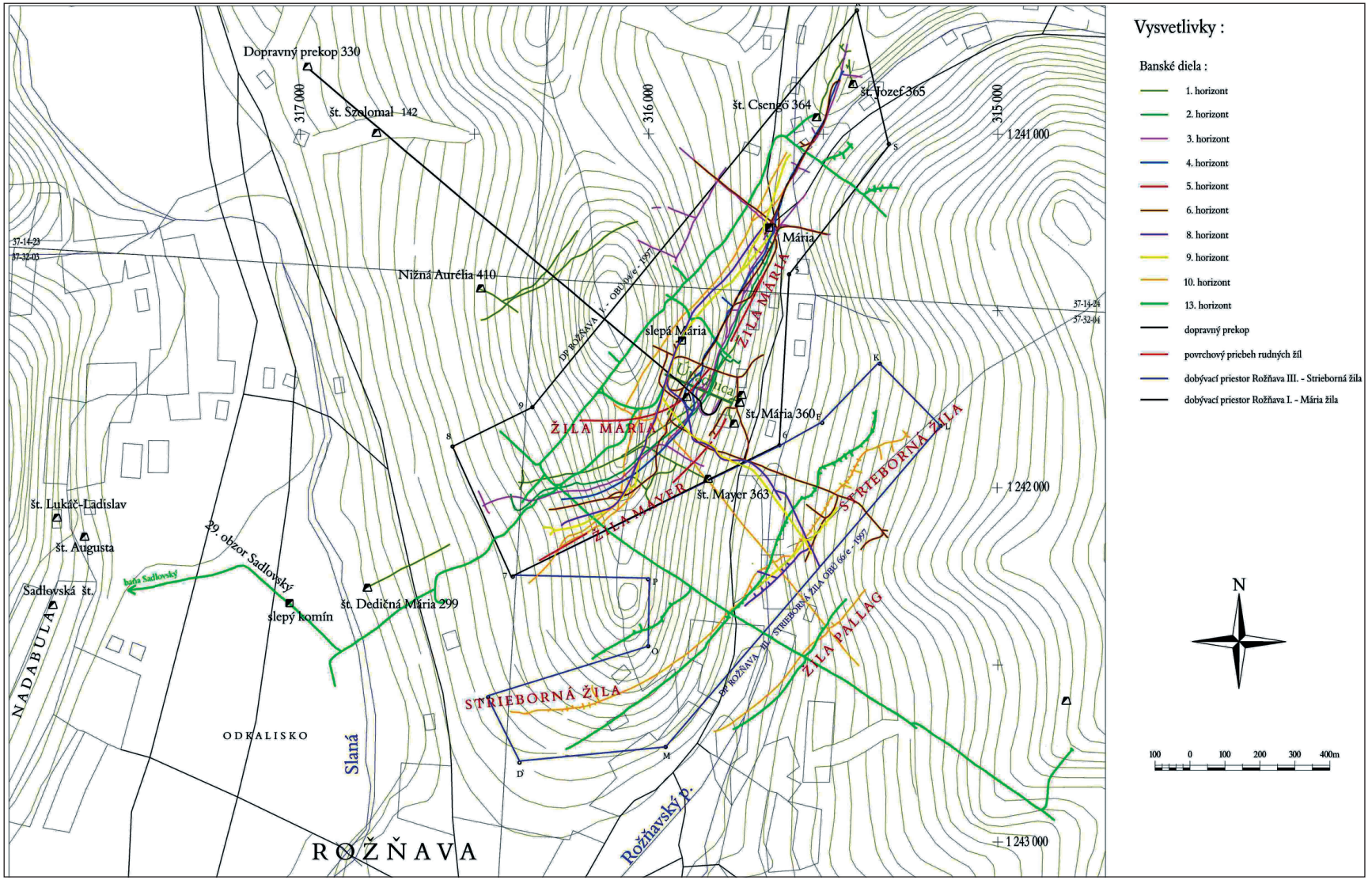
Názory na vývoj mineralizácie rožňavských rudných žíl prezentovali viacerí autori (napr. Varček, 1959; Novák, 1960; Rozložník, 1981; Mesarčík, 1986, 1991). Výskumom tektonického vývoja a vývojom mineralizácie Striebornej žily sa zaoberali aj Sasvári, Maťo a Zacharov (1995). Podľa nich vývoj mineralizácie prebiehal v 11 tektonických subštádiách a mineralizačných udalostiach – periódach D_{Min}^{1-11}.

Strieborná žila má relatívne bohatú mineralogickú výplň. Z identifikovaných rudných a nerudných minerálov majú vo výplni žily zastúpenie (Sasvári et al., 1995):

a) *minerály s hojnou distribúciou vo forme agregátov, hniezd a zŕn*: siderit ($FeCO_3$); kremeň (SiO_2); tetraedrit ($Cu_3SbS_{3.25}$); ankerit ($CaFe/CO_3/$); albit ($Na/AlSi_3O_8/$); pyrit (FeS_2); arzenopyrit (FeAsS); chalkopyrit ($CuFeS_2$); pyrotín (FeS); markazit (FeS_2); kobellit ($5PbS.4/Bi, Sb/_2S_3$);

b) *menej časté minerály, zastúpené vo forme zŕn a žiliek*: turmalín ($Na/Mg, Fe, Mn, Li, Al/_3Al_6/BO_3/_3/OH, F/_4// Si_6O_{18}//$); sericit ($KAl_2//OH, F/_2/AlSi_3O_{10}//$); hydromuskovit ($/K, H_2O/Al_2//H_2O, OH/_2 /AlSi_3O_{10}//$); dolomit ($CaMg/CO_3/_2$); chlorit; monazit ($Ce/PO_4/$); apatit ($Ca_5//F/PO_4/_3//$); rutil ($TiO_2$); gersdorffit (NiAsS); magnetit (Fe_3O_4); bornit (Cu_5FeS_4);

c) *akcesorické minerály, vytvárajúce mikroskopické inklúzie a zrná*: ullmannit (NiSbS); bizmutín (Bi_2S_3); horobetsuit ($/Sb,Bi/_2S_3/$); rýdzi bizmut (Bi); bournonit (2PbS·



Obr. 3. Prehľadná mapa banských diel na ložiskách Mária a Strieborná žila (Cehlár, Blišťan a Varga, 2007).

Fig. 3. The outline map of mine workings in Mária deposit and Strieborná žila vein (Cehlár, Blišťan a Varga, 2007).

$Cu_2S{\cdot}Sb_2S_3$); pararammelsbergit? ($NiAs_2$); galenit (PbS); sfalerit (ZnS); jamesonit ($4PbS{\cdot}FeS{\cdot}3Sb_2S_3$); boulangerit ($5PbS{\cdot}2Sb_2S_3$); antimonit ($Sb_2S_3$); annivit (Bi odroda tetraedritu s obsahom Bi do 6 %); giessenit ($8PbS{\cdot}3Bi_2S_3$); rýdze striebro (Ag); zlato (Au);

d) *sekundárne minerály*: annabergit ($Ni_3//AsO_4/_2{\cdot}8H_2O$); erytrín ($Co_3/AsO_4/_2{\cdot}8H_2O$); barit (delafossit) ($CuFeO_2$); kalcit ($CaCO_3$); markazit ($FeS_2$); stibnit ($Sb_2S_3$); bornit ($Cu_5FeS_4$); hematit ($Fe_2O_3$); aragonit ($CaCO_3$); epsomit ($Mg/SO_4/{\cdot}7H_2O$); sadrovec ($Ca/SO_4{\cdot}2H_2O$); kaolinit ($Al_4//OH/_8/Si_4O_{10}//$); covellit (CuS); goethit (FeOOH); meď (Cu), illit ($/K, H_2O/Al_2//H_2O, OH/_2/AlSi_3O_{10}//$); malachit ($Cu_2//OH_2/CO_3//$); kuprit ($Cu_2O$).

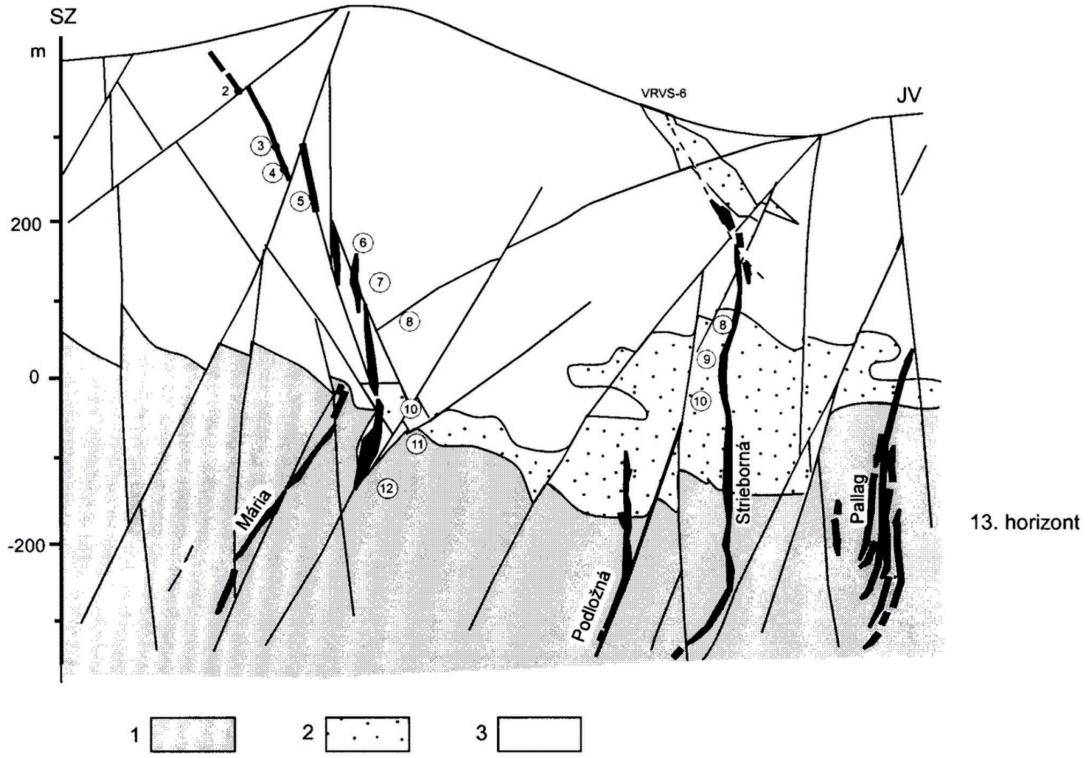
Prevládajúci minerál je ***siderit***, tvorí 65 – 70 % objemu výplní. Vyskytuje sa svetložltej až svetlohnedej farby, stredno- až hrubozrnný, od niekoľko mm do 2 cm. Siderit je zatlačený kremeňom a sulfidmi pozdĺž trhliniek a jeho intergranulárnych priestorov. Je to najstarší minerál. Vyskytuje sa aj siderit mladšej generácie, ktorý pretína kremeň v podobe žiliek a vypĺňa aj trhlinky tektonicky porušených kryštálov pyritu (Sasvári a Maťo, 1998).

V kremeňovo-sideritovo-polysulfidickej Striebornej žile absolútne dominuje ***tetraedrit***. Je prítomný v piatich formách výskytu zrudnenia (typoch akumulácií). Jeho obsah sa v žile mení. Najvyšší je v centrálnej časti sideritových „mega"-asymetrických budín (šošoviek), kde sú časté subvertikálne systémy zlomov s vysokou koncentráciou zrudnenia. V nich je tetraedrit najintenzívnejšie „znečistený" asociujúcimi minerálmi (chalkopyrit, arzenopyrit, pyrit, markazit, Bi minerály, Pb-Sb-Cu-Bi sulfosoli) a má charakteristický hnedosivý odtieň. Relatívne najčistejší tetraedrit (so svetlosivým odtieňom) je v kremenných žilách a šošovkách, ktoré sú vzdialené od subvertikálnych zlomov.

V obidvoch prípadoch vytvára v zrudnení prevažne masívne zhluky – akumulácie alebo polyminerálne agregáty zŕn. Len zriedka tvorí aj samostatné xenomorfné zrná s veľkosťou od 2 μm do X,0 mm v kremeni a siderite. V mliečnobielom kremeni vypĺňa sieť mikroskopických subhorizontálnych a subvertikálnych fraktúr a na ich križovaní tvorí zhluky. V strednozrnnom siderite sa zvyčajne koncentruje v interstíciách klencov. Tetraedrit je v zrudnení veľmi často v asociácii s pyritom a chalkopyritom a relatívne menej s arzenopyritom a Pb-Sb-Cu-Bi sulfosoľami.

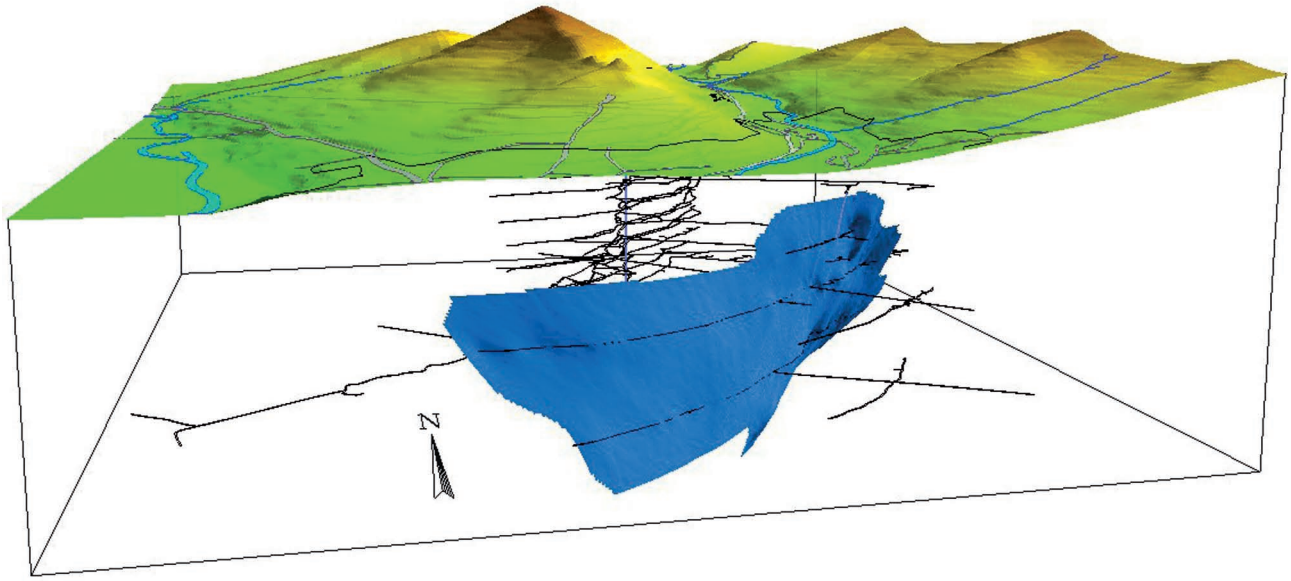
Makroskopicky je tetraedrit oceľovosivej farby, krehký, s matným až vysokým leskom. Pomerne rýchlo zvetráva a získava lesklú čiernu farbu. Kompaktnejšie variety v siderite majú tmavší odtieň a matnejší lesk, kým v kremeni sú podstatne krehkejšie, s oceľovomodrým odtieňom a vyšším leskom. Aj mikroskopicky bol identifikovaný tetraedrit vo dvoch farebných odtieňoch – svetlosivý a hnedosivý.

Z mikroštruktúrnych vzťahov minerálov v paragenetických asociáciách vyplýva prítomnosť dvoch generácií tetraedritu, I a II (Sasvári a Maťo, 1998).



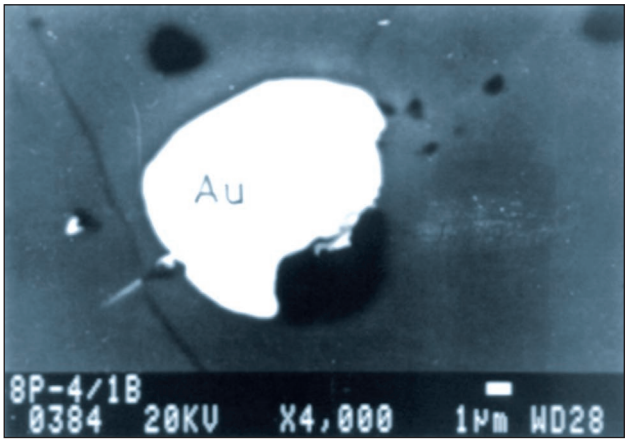
Obr. 4. Geologický rez strednou časťou rudného poľa baňa Mária (modifikované podľa Mesarčíka et al., 1994). **1** – porfyroid, **2** – sivý a čierny fylit, **3** – sericitický svetlý fylit. Číslo v krúžku predstavuje úroveň banského obzoru.

Fig. 4. Geological cross-section through the central part of the ore field Mária mine (modified after Mesarčík et al., 1994). **1** – porphyroid, **2** – grey and black phyllite, **3** – sericite pale-coloured phyllite. The number in circle represents the mining level.



Obr. 5. Priestorový model povrchu, banských diel a Striebornej žily.

Fig. 5. Spatial model of surface, mine workings and Strieborná žila vein.



Obr. 6. Au-Hg-Ag intermetalická zliatina inkludovaná v tetraedrite II, 8. obzor, Strieborná žila, baňa Mária (Sasvári a Maťo, 1998).

Fig. 6. Au-Hg-Ag intermetallic alloy included in tetrahedrite II, 8. mining level; Strieborná žila vein, Mária mine (Sasvári and Maťo, 1998).

Tab. 1
Voľné bilančné zásoby
Economic reserves free

Kategória zásob	Množstvo zásob (tis. t)	Priemerný obsah úžitkových zložiek		
		Fe (%)	Cu (%)	Ag (g · t^{-1})
Z-2	2 780	33,71	1,042	224,3
Z-3	715	33,17	0,621	120,4
Z-2 + Z-3 spolu	3 495	33,64	0,961	204,5

Tetraedrit I konverguje ku kremennej výplni budinovanej žily. Koncentruje sa na plochách mikroskopických subhorizontálnych a subvertikálnych mikrofraktúr v kremenných asymetrických budinách v siderite, na kontakte kremeňa so sideritom, ako aj priamo v stredne zrnitom siderite, kde vypĺňa sieť mikrofraktúr a interstícií klencov sideritu. Tetraedrit I sa vyskytuje v asociácii s pyritom I, arzenopyritom I, Ni-Co minerálmi (pentlandit, gersdorffit I, kobaltín, millerit) a chalkopyritom I. Ich podiel v minerálnej asociácii je však podstatne nižší. Z toho vyplýva, že tetraedrit I je pomerne „čistý“ a nezriedka vytvára kvázimonominerálne akumulácie.

Mladší **tetraedrit II** silne konverguje k reaktivovaným subvertikálnym zlomovým systémom, v rozsahu ktorých sa vylúčil vo vysokom obsahu. S tektonicko-deformačnými udalosťami v intervale týchto zlomov súviseli mladšie mineralizačné udalosti. Počas nich nastala intenzívna precipitácia tetraedritu II a ďalších sulfidov a sulfosolí:

– v iniciálnej fáze sa vylúčil arzenopyrit II, gersdorffit II, ostatné Ni-Co minerály, pyrit II, pyrotín a ullmannit;

– postupne kryštalizovali ďalšie minerály, a to: sfalerit, galenit, chalkopyrit II, Bi minerály, zlato, kobellit, jamesonit, boulangerit, bournonit, Pb-Sb-Cu-Bi sulfosoli, markazit, akcesorický antimonit a rumelka, ako aj rýdzi Bi a Ag.

Variácie chemického zloženia tetraedritu, napr. v rozsahu Striebornej žily, sú menšie a demonštrujú, že ide o Fe tetraedrity. Rozdiely v obsahu jednotlivých prvkov sú nízke a nesystematické, a to tak v rámci jedného horizontu, ako aj ostatných. Tento trend sa uplatňuje vo vertikálnom rozsahu aj v smernom priebehu Striebornej žily (Sasvári a Maťo, 1998).

Kremeň je pomerne hojne rozšírený vo všetkých výplniach žiliek a žíl. V siderite vytvára nepravidelné žilky a hniezda najčastejšie s tetraedritom a chalkopyritom. Je mliečnobielej farby a sprevádzajú ho sulfidy.

Kvantitatívne zastúpenie **chalkopyritu** je značne rozdielne, pričom smerom do hĺbky nahrádza tetraedrit.

S ním vytvára kvapôčkovité alebo emulzné štruktúry v tetraedrite. Tvorí asociácie s **pyritom**, ktorý je častým minerálom s nerovnomerným výskytom a vystupuje v podobe idiomorfných, tektonicky postihnutých kryštálov alebo vytvára hniezda s viacerými zrastenými kryštálmi. Viaže sa výlučne na sideritovú masu (Sasvári a Maťo, 1998).

Prítomnosť **zlata** (Au) v žilách rožňavského rudného poľa (Bernardi, Mária, Rákoš-Volarská) bola známa už v minulosti (Zimányi, 1907; Papp, 1919). Sledovanie obsahu Au od konca 50. rokov minulého storočia v podstate súviselo s rastúcim záujmom o tetraedrit. Varček (1959) opísal drobné inklúzie Au v tetraedrite žily Mária. Začiatkom 60. rokov sa obsah a distribúcia Au už sledovali v komplexnej žilovine z vyšších úrovní žilnej štruktúry Mária a Aurélia, ako aj v separovanom tetraedrite (Novák, 1960; Trdlička, 1963). Od polovice 70. rokov sa začal systematicky skúmať obsah Au v komplexnej žilnej výplni z viacerých úrovní žily Mária, ako aj forma výskytu Au v separovaných monominerálnych sulfidoch (Rozložník, 1981). Výskum Striebornej žily koncom 80. a začiatkom 90. rokov (Mesarčík et al., 1991; Mesarčík, 1994) potvrdil aj prítomnosť zlata v tetraedrite a obsah Au od 1,6 do 7,2 $g \cdot t^{-1}$.

V rokoch 1994 – 1995 v systéme a okolí subvertikálnych zlomov s vysokou koncentráciou polysulfidického zrudnenia (obsah Au ≥ 5 $g \cdot t^{-1}$) sa zistili dva typy Au minerálov:

1. Au s vysokou rýdzosťou,
2. Au-Hg-Ag intermetalická zliatina (Maťo, 1994 a 1996; Maťo a Sasvári, 1997).

Oválne a okrúhle zlatinky sýtožltej farby tvoria inklúzie veľké od 1 do 20 μm len v tetraedrite I, ktorý sa zrastá so staršou a mladšou generáciou sulfidov a sulfosolí, resp. je ňou zatlačený (pyrit, arzenopyrit, chalkopyrit, bizmutín, ullmannit, kobellit, markazit a i.). V agregátoch a masívnych akumuláciách sú zvyčajne 1 – 2 zlatinky, len ojedinele ich je 5 – 6, s veľkosťou do 10 μm. Svetložlté okrúhle zlatinky relatívne väčších rozmerov (10 – 20 μm) sa vyskytujú v takmer monominerálnych agregátoch tetraedritu II (obr. 6) (Sasvári a Maťo, 1998).

Kvantitatívne a kvalitatívne parametre ložiska

Prvým výpočtom zásob na Striebornej žile bol výpočet zásob so stavom k 1. 1. 1986 (Valko in Mesarčík et al., 1986). Odvtedy sa uskutočnilo niekoľko schválených výpočtov zásob. Ostatný a teraz platný výpočet zásob so stavom ku dňu 1. 7. 1996 dokumentuje rozhodnutie Ministerstva životného prostredia SR č. 785/1999-min. zo dňa 1. 6. 1999 o schválení výpočtu zásob, ktorým schvaľuje vypočítané zásoby komplexných železných rúd na výhradnom ložisku Rožňava – Strieborná žila II. Výpočet sa realizoval podľa podmienok využiteľnosti zásob ložiska, určených MŽP SR v Bratislave dňa 6. 8. 1996 pod č. j. 3.3/707-96. Týmto výpočtom sa na ložisku určilo celkovo 4 211 000 ton geologických zásob. Z toho voľné bilančné zásoby predstavujú 3 495 000 ton (tab. 1) a voľné nebilančné zásoby predstavujú 1 282 000 ton (tab. 2).

Ekonomický pohľad na ložisko mal priniesť nový alternatívny (variantný) výpočet zásob, ktorý realizovali Mesarčík et al. v roku 1996. Na výpočet sa stanovil nasledujúci okrajový obsah Ag v jednotlivých alternatívach: Ag 90 $g \cdot t^{-1}$; Ag 120 $g \cdot t^{-1}$; Ag 150 $g \cdot t^{-1}$; Ag 180 $g \cdot t^{-1}$ a Ag 210 $g \cdot t^{-1}$. Výsledky výpočtu s uvedením priemerného obsahu úžitkových zložiek a množstvom zásob sú v tab. 3.

V rámci tohto výpočtu sa odhadli aj prognózne zdroje v kategórii P_1. Odhad bol založený na predpoklade výstupu Striebornej žily na povrch v jej jz. časti a na predpokladanom hĺbkovom vývoji žily pri sklone 60°. Výsledky odhadu prognóznych zdrojov kategórii P_1 (Mesarčík et al., 1996) sú v tab. 4.

Základné predpoklady obnovenia ťažby na Striebornej žile

Z hľadiska parametrov geologických zásob sú na ekonomickú ťažbu v rožňavskom rudnom poli vhodné iba rudy viazané na Striebornú žilu. Z ekonomických predpokladov vyplýva, že ziskové podnikanie by zaručila ťažba zásob vymedzených hraničnou podmienkou minimálneho obsahu 210 $g \cdot t^{-1}$ Ag v geologickom bloku. Takáto podmienka zužuje bázu disponibilných geologických zásob na 1 245 000 ton pri strednom obsahu Cu 1,761 %, Ag 400,6 $g \cdot t^{-1}$ a Fe 33,65 % (tab. 3).

Treba upozorniť na to, že zásoby v telese žily sú distribuované nepravidelne, pričom ich pozícia je daná charakterom a zákonitosťami priestorového rozmiestnenia tetraedritu v podobe rudných stĺpov viazaných na tektonicky oslabené okraje sideritových megašošoviek. Takáto pozícia zásob vhodných na ťažbu priamo podmieňuje voľbu ťažobných postupov. Nepriaznivým faktorom je aj vývoj prirodzenej zonality úžitkových zložiek smerom do hĺbky (ubúdanie najmä Ag, ktorého maximálnu koncentráciu zaznamenávame vo vrchných perifériách pred podpovrchovým vyklinením, a ubúdanie Cu). Uvedené faktory spolu s potrebou ponechať celé bloky zásob ako ochranné piliere na zaistenie stability povrchu pred účinkami ťažby (Hatala et al., 1996) vplývajú na dekoncentráciu ťažobných postupov a znižujú životnosť ložiska. Ťažbu v dlhodobom horizonte je potrebné modelovať citlivo, aby bohatšie, vyššie umiestnené bloky zásob sa ťažili viac rokov a pomáhali vyrovnávať pokles kvality pri ťažbe hlbšie umiestnených zásob (Jančura, 1998).

Napriek uvedeným skutočnostiam je ešte niekoľko limitujúcich faktorov, ktoré budú vplývať na obnovenie ťažby. Sú to:

1. zabezpečenie odbytu tetraedritového koncentrátu s obsahom Ag,
2. vyriešenie technológie úpravy rudy z ložiska Strieborná žila,
3. navrhnutie efektívnej dobývacej metódy a vyriešenie problémov s dopravou rúbaniny na povrch.

Výstavba novej úpravníckej linky je v tomto prípade nevyhnutnosťou. Nová úpravňa by mala mať technológiu, ktorou je možné získať koncentráty s vysokým obsahom Cu, Ag a vzácnych prvkov. Celá technológia však zahŕňa aj mnohé otázky a problémy. Niektoré sa však doriešia asi až po opätovnom otvorení ložiska. Okrem iného treba myslieť aj na odpadové hospodárstvo – problém ukladania odpadu z technologických procesov na odkaliskách,

Tab. 2
Voľné nebilančné zásoby
Potentially economic reserves free

Kategória zásob	Množstvo zásob (tis. ton)	Priemerný obsah úžitkových zložiek Fe (%)	Cu (%)	Ag (g · t^{-1})
Z-2	1 282	27,19	0,092	14,7
Z-2 spolu	1 282	27,19	0,092	14,7

Tab. 3
Alternatívny výpočet zásob
Alternative calculation of reserves

Alternatíva	Podmienka pre Ag	Priemerný obsah úžitkových zložiek Fe (%)	Cu (%)	Ag (g · t^{-1})	Zásoby (t)
1	90 g · t^{-1}	33,72	1,259	278,1	2 141 968
2	120 g · t^{-1}	33,97	1,334	297,1	1 940 104
3	150 g · t^{-1}	33,77	1,389	309,7	1 798 490
4	180 g · t^{-1}	33,70	1,512	338,7	1 502 497
5	210 g · t^{-1}	33,65	1,761	400,6	1 245 683

Tab. 4
Odhad prognóznych zdrojov
Appraisal of prognostic resources

Kategória zdrojov	Množstvo zdrojov (t)	Odhadnutý obsah úžitkových zložiek Fe (%)	Cu (%)	Ag (g · t^{-1})
P-1	1 810 857	20	0,7	120

resp. haldách a jeho chemickú stabilizáciu (Lintnerová a Šefčíková, 2002; Lintnerová, 2002). Samotná výstavba nového úpravníckeho komplexu je okrem iného podmienená aj rozsiahlou finančnou investíciou, dosahujúcou sumu rádovo niekoľko 100 mil. Sk.

Experti z Fakulty BERG, ktorí sa zaoberali racionalizáciou ťažby Striebornej žily, potvrdili, že ťažobné práce na ložisku je možné realizovať aj dobývaním bez zakladania vyrúbaného priestoru, pričom sa neprejavia vplyvy poddolovania na povrch. V ich štúdii sú navrhnuté dobývacie metódy na skládku a dobývacie metódy s otvoreným vyrúbaným priestorom. Ich použitie umožňuje zvýšenie hranice porubového výkonu, čím sa zachováva určitá rentabilita banských prác. Na túto podmienku sa viaže aj ziskovosť celého procesu dobývania (Regálek, 1998).

Hlavný limitujúci faktor ťažby na ložisku je vertikálna doprava. Tá je pomerne komplikovaná. Spojenie povrchu a 6. obzoru zabezpečuje úpadnica a ďalšie prepojenie na 8., 9., 10. a 13. obzor zaisťuje slepá jama. Technická kapacita tohto systému v trojzmennej prevádzke je maximálne 520 t denne. Teoreticky to zodpovedá ťažbe 125 kt ročne.

Kvôli zvýšeniu kapacity vertikálnej dopravy minimálne na dvojnásobok a kvôli ujasneniu ložiskových pomerov pod 13. obzorom sa mala v ložiskovom území hĺbiť šachta Mária II. z povrchu až pod 16. obzor. Jej projektovaná hĺbka bola 680 m. Hĺbenie sa pozastavilo už na začiatku, a teda jama sa nedokončila. Ďalší problém spojený s pomerne veľkými ťažkosťami bola doprava rúbaniny cez obytné časti Rožňavy. Kvôli vylúčeniu dopravy banských substrátov cez mesto sa vyrazil dopravný prekop, ktorý spája severný okraj mesta so šachtou Mária II.

Tab. 5
Rudné suroviny – stav k 31. 12. 2006 (Baláž a Kúšik, 2007)
Metals – state to 31. 12. 2006 (Baláž and Kúšik, 2007)

Surovina *Mineral*	**Počet ložísk spolu** *Number of deposits*	**– z toho ťažených** *– exploited*	**Zásoby spolu** *Reserves total*	**– bilančné (Z-1 + Z-2)** *– economic (Z-1 + Z-2)*	**– bilančné (Z-3)** *– economic (Z-3)*	**– nebilančné** *– potentially economic*	**Ťažba 2006** *Mining output 2006*
Fe rudy / Fe-ores [kt]	9	1	**78 024**	18 995	4 165	54 864	**583**
Meď / Copper [kt]	16	–	**533**	27	7	499	0
Olovo / Lead [kt]	4	–	**228**	–	–	228	0
Zinok / Zinc [kt]	4	–	**396**	–	–	396	0
Antimón / Antimony [kt]	9	–	**55**	–	–	55	–
Ortuť / Mercury [kt]	5	–	**7**	0	0	7	**0**
Volfrám / Tungsten [kt]	1	–	**7**	–	–	7	–
Striebro / Silver [t]	8	–	**1 515**	795	223	497	**0**
Zlato / Gold [kg]	20	1	**67 017**	28 587	9 725	28 705	**84**

Dôležitý krok v rámci projektu otvárky tohto zatopeného ložiska bude jeho zmáhanie a s tým súvisiace vyriešenie problému efektívnej ťažby rúbaniny. Jedno z riešení je napr. výstavba novej jamy. Toto riešenie je predovšetkým finančne náročné.

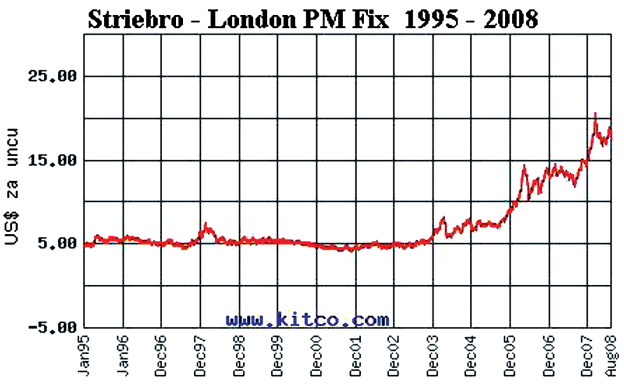
Zhodnotenie potenciálu ložiska vo vzťahu k súčasným trhovým podmienkam

Slovenská republika napriek historickej tradícii v ťažbe a spracovaní rudných surovín už nepatrí medzi štáty s rozvinutým banským priemyslom. Potvrdzuje to aj v súčasnosti používaná metóda OSN pre obchod a rozvoj (UNCTAD). Do kategórie štátov s rozvinutým banským priemyslom zaraďuje štáty, v ktorých podiel ťažby a spracovania nerastných surovín na tvorbe hrubého domáceho produktu (HDP) je vyšší ako 25 %. V porovnaní so svetom sa produkcia vybraných minerálnych komodít v SR v posledných rokoch (s výnimkou magnezitu) podieľala na celosvetovej produkcii len 0,01 – 0,8 %. Z toho vyplýva, že podiel ťažby nerastných surovín, a zvlášť rudných, na tvorbe HDP je síce relatívne stabilný, ale nízky. Dokumentuje to aj tab. 5, z ktorej je zrejmé, že pomer evidovaných a ťažených ložísk je mimoriadne nepriaznivý. V budúcom 10 – 20-ročnom období však vzhľadom na narastajúce ceny surovín na svetových trhoch je možné očakávať oživenie ťažby vybraných rudných surovín.

Vzhľadom na vysokú geologickú preskúmanosť územia Slovenska je objavenie nových ložísk vhodných na využívanie v súčasných trhových podmienkach málo pravdepodobné. Ostáva preto jediné riešenie – opätovné otvorenie utlmených banských závodov. To však bude v mnohých prípadoch finančne veľmi náročné. Podľa súčasných ekonomických podmienok ako bilančné sa hodnotia len časti geologických zásob železných rúd na ložiskách Nižná Slaná, Manó a Kobeliarovo a polymetalických (komplexných) železných rúd na spomínanom ložisku Rožňava – Strieborná žila. S prihliadnutím na vysoké výrobné náklady na ťažbu a spracovanie suroviny z ložiska Strieborná žila je ťažba ekonomická iba za predpokladu udržania súčasných vysokých cien drahých a farebných kovov na svetových burzách (obr. 7).

Optimálne využitie ložiska Strieborná žila už bolo predmetom mnohých diskusií a prezentácií na rozličných fórach. Napriek dlhoročnému výskumu jedným zo základných a pretrvávajúcich problémov je minerálna väzba úžitkových zložiek Cu, Ag, Hg a Sb na tetraedrit. Okrem vyriešenia problémov s úpravou bude potrebné zrekonštruovať väčšinu banských diel, vybudovať novú ťažobnú jamu, úpravňu a kompletnú infraštruktúru na povrchu. Vzhľadom na množstvo zásob a plánovanú kapacitu ťažby je predpokladaná životnosť ložiska 12 – 15 rokov.

Podľa posledných štúdií využiteľnosti ložiska si otvárka vyžiada investičné náklady vo výške najmenej 20 mil. USD. Po úspešnom rozbehnutí banskej prevádzky a úpravníckeho komplexu by mala baňa vo svetovom meradle produkovať relatívne malé množstvo kovovej medi, striebra, zlata a oxidu antimónu, prípadne kovového antimónu. Preto sa nepredpokladajú vážne problémy s ich umiestňovaním na komoditnom trhu. Vzhľadom na stále sa meniaci dopyt po drahých a farebných kovoch vplyvom nastupujúcej svetovej krízy bude zaujímavé sledovať vplyv vývoja situácie na svetových komoditných trhoch na tento investičný projekt. Treba si však uvedomiť aj to, že Európska únia je závislá od dovozu rúd a koncentrátov kovov a dá sa predpokladať, že už v blízkej budúcnosti sa budú mnohé európske ložiská prehodnocovať.



Obr. 7. Vývoj ceny striebra na svetových trhoch v rokoch 1995 – 2008.

Fig. 7. Development of silver prices in 1995 – 2008.

Záver

Hoci existujú riziká neúspešnej realizácie projektu, bola by škoda, keby takéto unikátne ložisko zostalo ďalej nevyužité. Hlavná slabina celého projektu je pohyb cien medi a striebra na svetových trhoch, odbyt koncentrátu a možnosť náhleho zhoršenia banskogeologických podmienok dobývania (Regálek, 1998). Na druhej strane, začatie ťažby Striebornej žily má obrovský význam pre zachovanie baníckej tradície na Gemeri a zníženie miery nezamestnanosti v okrese Rožňava.

Poďakovanie. Tento príspevok vznikol za finančnej podpory grantovej agentúry VEGA v rámci riešenia grantovej úlohy 1/0162/08. Autori článku ďakujú oponentovi Ing. Petrovi Balážovi, PhD., za cenné rady a odporúčania, ktorými prispel k zvýšeniu kvality tohto článku.

Literatúra

Baláž, P. & Kúšik, D., 2007: Nerastné suroviny Slovenskej republiky. Ročenka 2007. *Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky – Št. Geol. Úst. D. Štúra.*

Cehlár, M., Blišťan, P. & Varga, P., 2007: Prehodnotenie možnosti ďalšieho využitia rudných žíl Mária a Strieborná. *Manuskript. Košice, archív PIDECO CGF, s. r. o., 90 s.*

Hatala, J., Vrabec, F., Bauer, V., Sasvári, T. & Sedlatý, V., 1996: Štúdia racionalizácie dobývania Striebornej žily na ložisku Mária baňa závodu Rožňava pre obdobie rokov 1996 – 1999. *Manuskript. Košice, archív FBERG Technickej univerzity, Spišská Nová Ves, Želba.*

Grecula, P., Abonyi, A., Abonyiová, M., Antaš, J., Bartalský, B., Bartalský, J., Dianiška, I., Drnzík, E., Ďuďa, R., Gargulák,

M., Gazdačko, Ľ., Hudáček, J., Kobulský, J., Lörincz, L., Macko, J., Návesňák, D., Németh, Z., Novotný, L., Radvanec, M., Rojkovič, I., Rozložník, L., Rozložník, O., Varček, C. & Zlocha, J., 1995: Ložiská nerastných surovín Slovenského rudohoria, Zv. 1. *Bratislava, Miner. Slov., Monogr., 834 s.*

Jančura, M., 1998: Predpoklady využívania surovinovej bázy v rudnom poli Rožňava. *In: Acta Montanistica Slovaca, Monogr., 1/98, Rožňavské rudné pole, roč. 3, č. 1, s. 134 – 138.*

Koděra, M., Andrusovová-Vlčeková, G., Belešová, O., Briatková, D., Dávidová, Š., Fejdiová, V., Hurai, V., Chovan, M., Nelišerová, E. & Ženiš, P., 1986: Topografická mineralógia Slovenska, Zv. 1. *Bratislava, Veda.*

Lintnerová, O., 2002: Vplyv ťažby nerastných surovín na životné prostredie. *Vysokoškolská učebnica, 1. vyd. Bratislava, Univerzita Komenského, 160 s.*

Lintnerová, O. & Šefčíková, B., 2002: Zachytávanie a uvoľňovanie kovov a síranov oxyhydroxidmi železa v sulfidickom banskom odpade. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 34, č. 3 – 4, s. 219 – 232.*

Maťo, Ľ., 1994: Zhodnotenie mineralizácie Striebornej žily v úrovni 8. obzoru bane Mária, Rožňava. Mineralogická správa z úlohy Rožňava – žila Strieborná II., VP. *Manuskript. Geoenvex, Rožňava, 55 s.*

Maťo, Ľ., 1996: Mineralogy of the Strieborná vein, Mária mine, Rožňava. *Manuskript. London, SAMAX, 1994, 56 p.*

Maťo, Ľ. & Sasvári, T., 1997: Zlatonosný tetraedrit zo Striebornej žily (baňa Mária), Rožňava. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 29, s. 237 – 239.*

Mesarčík, I., 1986: Rožňava-stred, komplexné Cu-Fe rudy, VP. *Manuskript. Spišská Nová Ves, archív Geol. priesk.*

Mesarčík, I., Jeleň, M., Bachňák, M., Švantnerová, E., Zatroch, P., Leška, S., Hajči, T., Palčo, A., Tuček, Ľ., Košuth, M., Ujpál, Z., Marko, F. & Stupák, J., 1991: Záverečná správa s výpočtom zásob Rožňava – Strieborná žila, VP. *Manuskript. Spišská Nová Ves, archív Geol. priesk.*

Mesarčík, I., 1994: Čiastková správa s operatívnym výpočtom zásob. Rožňava – Strieborná žila II. *Manuskript. Rožňava, Geoenvex, 25 s.*

Mesarčík, I., 1996: Záverečná správa s výpočtom zásob. Rožňava – Strieborná žila II. *Manuskript. Rožňava, Geoenvex.*

Novák, F., 1960: Ullmannit ze Sadlovského žily u Rožňavy. *In: Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), roč. 35, č. 1, s. 77 – 78.*

Papp, K., 1919: Die Eisenerz- und Kohlenvorräte des Ungarischen Reiches. *Budapest, Druck des Franklin Vereins, 638 p.*

Regálek, I., 1998: Perspektívy obnovy ťažby komplexných Fe, Cu, Ag rúd na ložisku Rožňava – Strieborná žila. *In: Acta Montanistica Slovaca. Monogr., 1/98, Rožňavské rudné pole, roč. 3, č. 1, s. 134 – 138.*

Rojkovič, I., Lintnerová, O., Uhlík, P. & Kraus, I., 2006: Nerastné suroviny. *Vysokoškolská učebnica. Bratislava, Univerzita Komenského, 179 s.*

Rozložník, O., 1981: Mineralogická správa z ložiska Mária – Rožňava. *Manuskript. Spišská Nová Ves, archív Geol. priesk., 167 s.*

Sasvári, T. & Maťo, Ľ., 1998: Charakteristika rožňavského rudného poľa vo vzťahu k štruktúrno-tektonickej analýze a mineralizácie, na príklade ložiskových pomerov žily Strieborná. *In: Acta Montanistica Slovaca, Monogr., 1/98, Rožňavské rudné pole, roč. 3, č. 1, s. 33 – 117.*

Sasvári, T., Maťo, Ľ. & Zacharov, M., 1995: Štruktúrna, mineralogická a litostratigrafická charakteristika Striebornej žily v rožňavskom rudnom poli. *In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 27, č. 4, s. 412 – 416.*

Trdlička, Z., 1963: Ke geochémii zlata na sideritových žilách Spišsko-gemerského rudohoria. *In: Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), roč. 38, č. 2, s. 129 – 131.*

Varček, C., 1959: Paragenetické pomery žily Mária v Rožňave. *In: Geol. Práce, Zoš., č. 55, s. 181 – 213.*

Zimányi, K., 1907: Baryt orientált továbbnövéssel Sajoházáról. *In: Földt. Közl. (Budapest), roč. 39, č. 1 – 2, s. 12 – 15.*

Rukopis doručený 9. 12. 2008
Revidovaná verzia doručená 1. 4. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 30. 6. 2009

Reinterpretation of the additional exploitation possibility of the Strieborná žila vein (Rožňava, Slovakia)

The deposit Strieborná žila vein belongs among the richest deposits in the central Europe. It has high contents of utility elements. The deposit was discovered by geological-exploration works in February 1981 in the depth 500 metres beneath the surface in the 13th level of Mária mine. Works were focused on verification of the mineralized structures between deposit Mária and the vein Rákoš–Volárska.

The vein Strieborná žila was named owing to increased Ag contents in the separated tetrahedrite from the place of appearance. The vein mineralization consists from siderite and siliceous–sulphide mineral association. The main sulphide mineral is tetrahedrite. All elements (Cu, Ag, Bi and Sb, Hg) are bonded to tetrahedrite. Tetrahedrite maximum accumulations occur in the central part of vein. From the time of deposit discovery until 1992 the deposit was intensively prepared for mining. Because of bad situation in the world stock-market the deposit was in 1993 conserved. One of principal and lurking problems is the mineral bond of Cu, Ag, Hg, Sb to tetrahedrite. It is necessary to retrace most of the mining works, establish new abstraction pit, dressing plant and infrastructure on the surface. The operational life of the deposit is about 12 – 15 years.

The early development requires, according to last studies, the investment charge of ca 20 mil. USD. Despite the high initial investment it is possible to assume the positive profit. The mine should produce relatively small amount of copper, silver, gold, mercury and antimony trioxid, eventually metallic antimony. The problems with their placing on the market are not assumed. There exist also hazards of unsuccessful realization of the project. The general weakness of the project is the copper and silver price movement on world stock-market, consumption of concentrate and possibility of worsening mining conditions. Despite, the exploitation of Strieborná žila vein is meaningful for preservation of mining tradition in Gemer and degradation of unemployment in the Rožňava district.

Mineralia Slovaca, 41 (2009), 331 – 338
ISSN 0369-2086

Nové trendy hodnotenia ložísk nerastných surovín: aplikácia na ložisko magnezitu Jelšava – Miková

PETER ŠPANEK

Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava; spanek@fns.uniba.sk

New trends in mineral deposits evaluation: Case study in Jelšava–Miková magnesite deposit (Slovakia)

The aim of this study is basic characteristic of modern methods, which are nowadays used in economic geology for evaluation of mineral deposits.

Geographic information systems (GIS) represent modern instrument for construction of the a model of mineral deposit. IDS (inverse distance squared) method and geostatistical kriging method are the most important interpolation methods, which are used for construction of the model.

These methods were applicated in the Slovak magnesite deposit Jelšava, the Miková part of the deposit, block B, horizont 350. The model of distribution of MgO content in magnesite deposit was constructed. The influence of tectonics was also included into the model by applying IDS method. An error map of interpolation process was prepared after application of kriging method.

Key words: geographic information systems, interpolation, geostatistics, model of deposit

Úvod

V roku 2004 bola uznesením č. 722/2004 schválená *Aktualizovaná surovinová politika SR pre oblasť nerastných surovín*. Surovinová politika štátu zahŕňa všetky aktivity, ktorými štát ovplyvňuje a definuje ciele spoločnosti pri využívaní domácich zdrojov nerastných surovín. Nadväzuje pri tom na dlhodobé potreby hospodárskeho a sociálneho rozvoja spoločnosti s ohľadom na environmentálne aspekty trvalo udržateľného rozvoja týkajúce sa geologického výskumu a prieskumu a využívania overených zásob nerastných surovín, ako aj získavania surovín v zahraničí na zabezpečenie chodu ekonomiky (Michalková, 2006).

Kvôli splneniu uvedených cieľov sa v súčasnosti vyvíja pomerne veľká snaha o kvalitné ekonomické hodnotenie slovenských ložísk nerastných surovín. Kvalitné ekonomické hodnotenie sa však nezaobíde bez dobre vykonaného výpočtu a zhodnotenia zásob na ložisku. Tomuto výpočtu a zhodnoteniu zásob by malo predchádzať využitie moderných metód hodnotenia ložiska, ktoré by čo najhodnovernejšie znázorňovali situáciu a parametre ložiskového telesa.

Metódy geoštatistiky a modelovania ložiskových telies sa v zahraničí využívajú už desaťročia, no u nás sa s ich aplikáciou začalo len prednedávnom. V súčasnosti sa geoštatistika stáva nevyhnutným nástrojom pri riešení rôznych problémov v modernej ložiskovej geológii. Jej výsledky sa využívajú pri výpočte zásob a ekonomickom hodnotení ložiska.

V procese ťažby na ložisku je potrebné neustále spracúvať a analyzovať geologické informácie získané počas ťažobného prieskumu. Táto skutočnosť si aj u nás vynútila postupné zavádzanie GIS (geografických informačných systémov) pri hodnotení ložísk. Má to veľký význam aj pri výpočte zásob a ekonomickom hodnotení ložiska.

Medzi prínosy geografického informačného systému patrí napríklad zvýšenie úrovne plánovania ťažby, spresnenie vedenia evidencie pohybu zásob, možnosť realizácie variantného výpočtu zásob, a teda skvalitnenie ekonomického rozhodovania (Lipták, 2006).

Cieľom tejto štúdie je poskytnúť stručný prehľad moderných metód hodnotenia ložísk nerastných surovín, akými sú rôzne interpolačné a geoštatistické metódy aplikované prostredníctvom špeciálneho softvéru v prostredí GIS a rôznych nových trendov v ekonomickom hodnotení, ktoré sa v súčasnosti využívajú pri zhodnocovaní ložísk nerastných surovín.

Geografické informačné systémy (GIS) pri hodnotení ložísk nerastných surovín

Geografické informačné systémy sú systémy, ktoré slúžia na efektívne ukladanie, aktualizáciu, analýzu, modelovanie a prezentáciu geograficky orientovaných informácií a na manipuláciu s nimi. GIS je efektívne prepojenie rôznych typov grafických údajov (vektorové, rastrové) s vhodne štruktúrovanou databázou.

Úlohy špecifické pre GIS možno rozdeliť na niekoľko oblastí (Zlocha, 1996):

- reprezentácia geografického priestoru, meranie a zber údajov,
- zhromažďovanie údajov,

• štruktúry údajov a algoritmy,
• priestorové modelovanie a štatistika,
• zobrazovanie,
• organizačné, právne a etické aspekty.

Vyvrcholením predchádzajúcej analýzy a spracovania ložiskovogeologických údajov je vytvorenie geografického informačného systému, ktorý je založený na spracovaní všetkých dostupných textovo-numerických a grafických údajov o ložisku.

GIS, ktorý sa využíva pri hodnotení ložiska a pri plánovaní ťažby, si vyžaduje spracovanie nasledujúcich typov údajov (Blišťan a Grinč, 1998):

• vzorkový materiál a terénne geologické merania (spracovanie máp vzoriek, kníh vzoriek, existujúcich databáz vzoriek),
• mapové podklady – komplexné spracovanie mapovej dokumentácie (meračské body, meračská sieť, klady listov, technické práce, vystrojenie banských diel, ložiskovogeologické informácie, povrchová situácia, technologické objekty),
• tabuľkové údaje – aktuálne a archívne informácie (parametre ložiskových blokov, ekonomické hodnotenia, archívne informácie).

Náročnosť modelovania ložiskového telesa závisí od množstva vstupných údajov a od zvolenej modelovacej metódy. Pri modelovaní geologických telies sa využívajú rôzne interpolačné metódy.

Geografický informačný systém je založený na prepojení subsystémov do dvoch základných modulov – databázového a geografického (Blišťan a Kondela, 2002).

Databázový modul využíva možnosti tabuľkového procesora a textového editora a relačný prístup k údajom a informáciám.

Geografický modul ponúka možnosti analýzy priestorových vzťahov databázových záznamov vo vzťahu k ostatným geoobjektom alebo javom. Je to geografické prezentovanie ložiskových a iných údajov na základe stanovených kritérií (priestorová analýza a 3D modelovanie).

Hlavné výhody použitia geografického informačného systému v ložiskovej geológii (Blišťan a Kondela, 2002): a) komplexná báza ložiskovogeologických údajov, b) digitálny model geologickej situácie a účelové geologické mapy, c) možnosť analýzy a spracovania všetkých geologických údajov.

Geografické informačné systémy poskytujú banskej prevádzke komplexnú bázu banskotechnických údajov, digitálne povrchové, banské a iné účelové mapy a možnosti analýzy a spracovania ostatných údajov (vetranie, únikové cesty, rozmiestnenie strojov a pod.).

Prínos zavedenia geografického informačného systému na ložisku Jelšava-Dúbravský masív spočíva v nasledujúcich faktoch (Lipták, 2006):

• zvýšenie úrovne plánovania ťažby vytvorením modelu distribúcie magnezitu rôznych kvalitatívnych tried, ktorý je súčasne podkladom na optimálne situovanie dobývok a pilierového systému; to v konečnom dôsledku zvyšuje výrubnosť ložiska a využitie magnezitu;
• spresnenie vedenia evidencie pohybu zásob;
• analýza distribúcie chemického zloženia magnezitu a škodlivín, lokalizácia rôznych kvalitatívnych tried magnezitu; je to dôležité pri riadení kvality ťažby;
• rozmery dobývaných blokov sú v súlade s použitou dobývacou metódou;
• možnosť realizácie variantného výpočtu zásob podľa rôznych hraničných (tzv. cut-off) podmienok využiteľnosti; jednoznačne to prispieva ku skvalitneniu ekonomického hodnotenia;
• možnosť kvantifikácie odbytových možností, výrobného sortimentu a optimalizácie ťažby a spracovania magnezitu.

Interpolačné metódy

Interpolačné metódy sú silným nástrojom pri hodnotení kvalitatívnych aj kvantitatívnych charakteristík ložiskového telesa v priestore. Slúžia na interpretáciu vlastností ložiska aj v miestach, odkiaľ nemáme k dispozícii vzorkový materiál. Výber interpolačnej metódy má značný vplyv na tvorbu modelu ložiskového telesa, množstvo vypočítaných zásob a celkové zhodnotenie ložiska. V rámci ložiskového telesa môžeme vyčleniť zóny obohatenia, prípadne ochudobnenia danej suroviny (distribúcia úžitkovej zložky). Má to význam aj pri lepšom plánovaní ťažby na ložisku, modernom viacvariantnom spôsobe výpočtu zásob a celkovom hodnotení ložiska. Nie všetky interpolačné metódy však poskytujú úplne rovnaké výsledky. Voľba najvhodnejšej interpolačnej metódy závisí od viacerých faktorov v súvislosti s konkrétnym ložiskom.

Medzi najčastejšie používané interpolačné metódy v ložiskovej geológii patria:

a) metóda prevrátených štvorcov vzdialeností (*inverse square distance* – IDS); b) metóda krigingu; c) metóda minimálneho zaoblenia; d) modifikovaná Shepardova metóda; e) metóda prirodzeného suseda; f) metóda najbližšieho suseda; g) metódy radiálnych bázových funkcií; h) trojuholníková metóda s lineárnou interpoláciou zistených hodnôt (Staněk et al., 2006).

V nasledujúcom texte stručne uvedieme princípy niektorých interpolačných metód, ktoré sa najčastejšie používajú v ložiskovogeologickom prieskume.

Trojuholníková metóda s lineárnou interpoláciou zistených hodnôt

Princíp tejto metódy spočíva v odhade neznámej hodnoty pomocou lineárnej závislosti (obr. 1).

Lineárnym útvarom v trojrozmernom priestore je rovina z, ktorá je daná rovnicou:

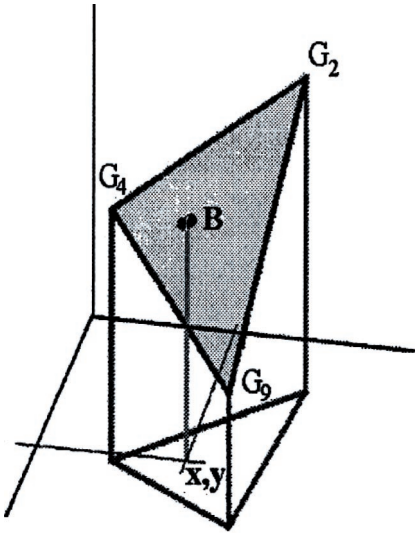
$$z = ax + by + c.$$

Polohu hľadaného bodu B zisťujeme z troch známych bodov so súradnicami G_2 [x_1, y_1, z_1], G_4 [x_2, y_2, z_2] a G_9 [x_3, y_3, z_3], pre ktoré platí:

$$z_1 = ax_1 + by_1 + c,$$
$$z_2 = ax_2 + by_2 + c,$$
$$z_3 = ax_3 + by_3 + c.$$

Keďže poznáme všetky hodnoty x_i, y_i a z_i, riešením uvedenej sústavy rovníc sú koeficienty a, b, c roviny, v ktorej sa nachádzajú body G_2, G_4 a G_9. Polohu hľadaného bodu B [x_B, y_B] potom zistíme zo vzťahu:

$$T_B = ax_B + by_B + c.$$



Obr. 1. Princíp trojuholníkovej metódy s lineárnou interpoláciou, rovina *z* je definovaná bodmi G_2, G_4 a G_9 (Blišťan, 2005).

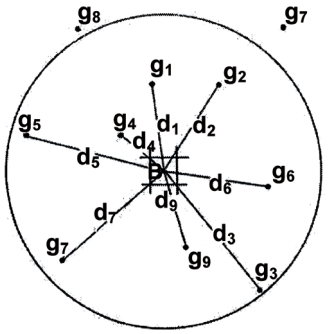
Fig. 1. Principle of triangulation method with linear interpolation, the plain *z* is defined by points G_2, G_4 and G_9 (Blišťan, 2005).

Metóda prevrátených štvorcov vzdialeností (IDS)

Hodnotu sledovanej veličiny T_B v bode B zisťujeme ako súhrn príspevkov zo známych bodov, ktoré sú v určitej vzdialenosti od bodu B (obr. 2). Princíp metódy možno vyjadriť vzťahom:

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{g_i}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{d_i^k}}.$$

d^k_i – vzdialenosť jednotlivých bodov so známymi hodnotami veličiny k bodu B, g_i – hodnoty sledovanej veličiny jednotlivých známych bodov.



Obr. 2. Princíp metódy IDS (Blišťan a Kondela, 2001 in Blišťan, 2005).

Fig. 2. Principle of IDS method (Blišťan and Kondela, 2001 in Blišťan, 2005).

Geoštatistická metóda krigingu

Úlohou tejto metódy je poskytnutie čo najlepšieho odhadu sledovanej veličiny v ľubovoľnom mieste záujmovej plochy alebo telesa na základe skupiny známych hodnôt (Blišťan, 2005).

Pri metóde krigingu platí tento základný vzťah:

$$T^* = \sum_{1}^{n} w_i g_i.$$

T* – odhadovaná hodnota v konkrétnom bode B,

w_i – váha pozorovania v i-tom bode,

g_i – známa hodnota sledovanej veličiny v i-tom bode (vzorka).

Medzi hodnotami veličiny v rôznych bodoch poľa existuje určitý vzájomný vzťah – kontinuita, ktorá sa vyjadruje pomocou štruktúrnych funkcií kovariancie a variogramu. Variogram je základná štruktúrna funkcia, ktorá kvantitatívne opisuje zmeny v priestore regionálnej premennej. Semivariogram je štruktúrna funkcia, ktorá opisuje očakávaný rozdiel v hodnotách medzi pármi vzoriek vzdialených od seba o *h* s danou vzájomnou orientáciou (Blišťan a Pauco, 2005).

Funkciu semivariogramu opisuje vzťah:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} \left(U(v_i + h) - U(v_i)\right)^2.$$

n(h) – počet párov vstupujúcich do výpočtu experimentálneho semivariogramu na vzdialenosti h, h je vektor v n-rozmernom priestore,

$(v_i + h)$ – nesie v sebe priestor,

$U(v_i)$ – konkrétna hodnota.

Priestorová štruktúra študovaného regionalizovaného javu je modelovaná na základe semivariogramu vypočítaného z dvojíc hodnôt oddelených vektorom *h*. Takto transformované pole hodnôt slúži ako vstup na krigovanie.

Uvedené metódy sú súčasťou programového vybavenia viacerých špecializovaných počítačových programov (*Surfer 8*, *Topol*, *ArcGIS* a pod.).

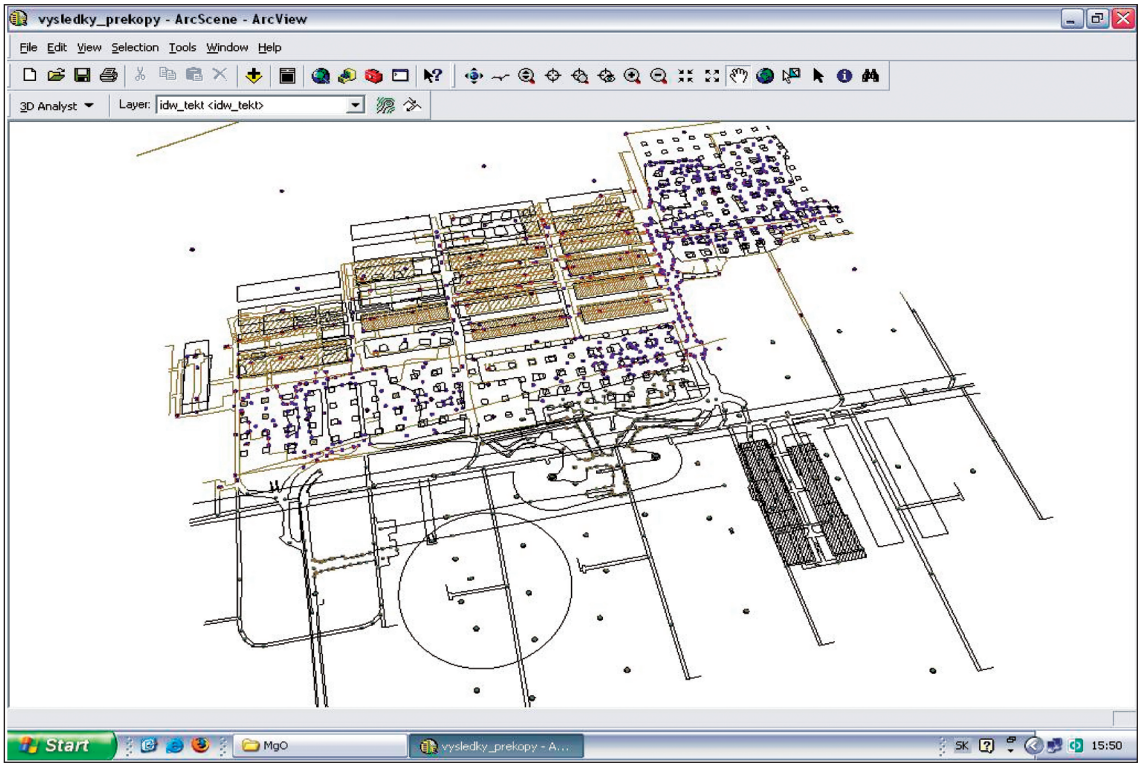
Ekonomické hodnotenie ložísk

Klasifikáciu zásob výhradných ložísk SR upravuje § 14 zákona č. 44/1988 Zb. v znení zákona č. 498/1991 Zb., 558/2001, 203/2004, 587/2004, 479/2005, 219/2007 Zb. a vyhláška SGÚ č. 6/1992 Zb. o klasifikácii a výpočte zásob výhradných ložísk.

Podľa preskúmanosti výhradného ložiska alebo jeho časti, stupňa znalosti jeho úložných pomerov, kvality, technologických vlastností a banskotechnických podmienok sa zásoby výhradného ložiska klasifikujú na: a) Z-1 (overené zásoby), b) Z-2 (pravdepodobné zásoby), c) Z-3 (predpokladané zásoby).

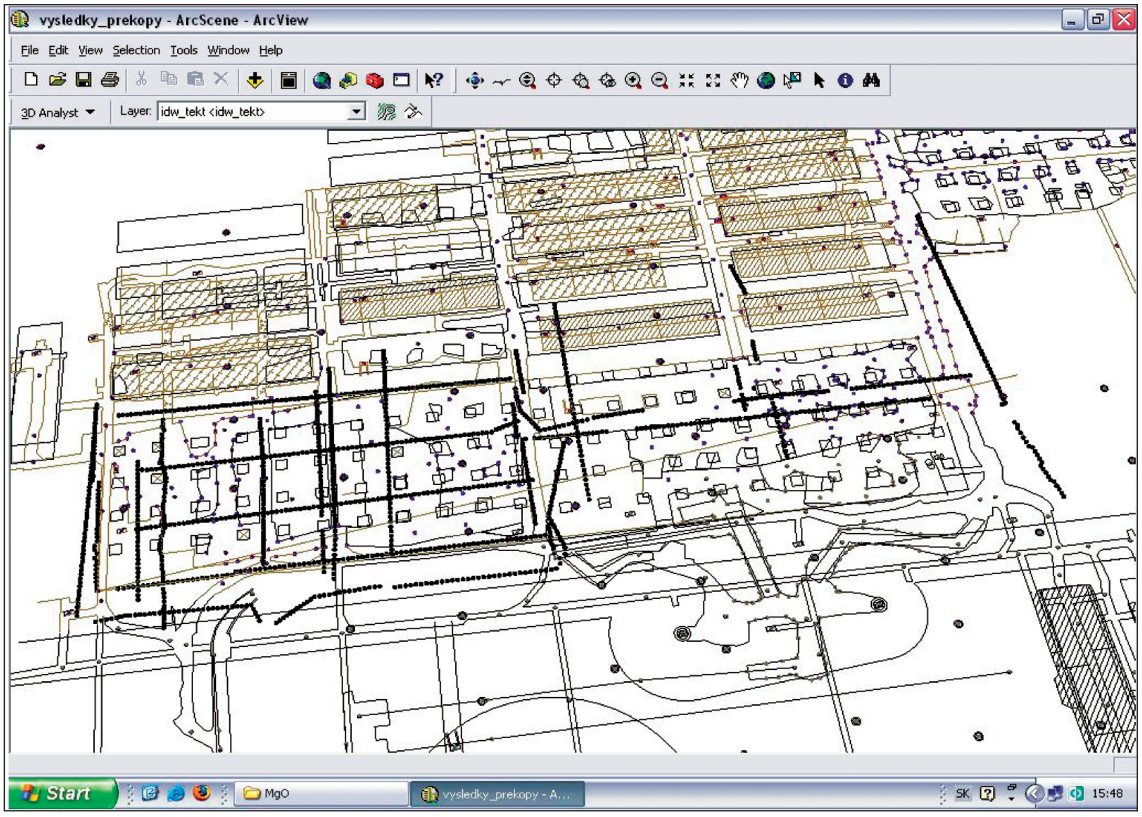
Podľa vhodnosti na hospodárske využitie sa zásoby klasifikujú na: a) bilančné zásoby, b) nebilančné zásoby.

Podľa možnosti dobývania podmienenej technológiou dobývania, bezpečnosťou prevádzky a určenými ochran-



Obr. 3. Banská mapa horizontu 350, sektor B, ložisková časť Miková.

Fig. 3. Mine map of horizont 350, block B, Miková part of deposit.



Obr. 4. Situácia analyzovaných vzoriek (horizont 350).

Fig. 4. Location of analysed samples (horizont 350).

nými piliermi sa zásoby klasifikujú na: a) viazané zásoby, b) voľné zásoby.

K samotnému ekonomickému hodnoteniu ložiska je možné pristúpiť až po dôkladnom prehodnotení množstva zásob, ich kvality a následných variantných výpočtoch zásob, kde sú presne definované jeho ložiskovogeologické parametre, banskotechnické, technologické a hydrogeologické pomery (Tréger a Baláž, 1999).

Do celkového ekonomického hodnotenia ložiska treba zarátať aj náklady na energie pri ťažbe a úprave suroviny, náklady na likvidáciu starých environmentálnych záťaží a pod.

Pri klasifikovaní zásob na bilančné (ekonomické) a nebilančné (potenciálne ekonomické) je potrebné definovať závislosť medzi zásobami ložiska (Z), priemerným obsahom (x) a medzným obsahom (x_0) úžitkovej zložky. Túto závislosť definujeme pri variantných výpočtoch zásob na ložisku pri rôznych, vopred určených hodnotách medzného obsahu úžitkovej zložky.

Definícia závislosti medzi množstvom zásob (Z), priemerným obsahom (x) a medzným obsahom (x_0) úžitkovej zložky je dôležitá aj pri určení optimálnych Z, x a x_0, ktoré zodpovedajú maximálnej cene ložiska pri meniacich sa technických a technicko-technologických parametroch.

V konečnom dôsledku teda cena ložiska (C), jeho ekonomická hodnota, závisí od ceny suroviny (c), výrobných nákladov (n), technicko-technologických parametrov (tp) a od ložiskovogeologických parametrov (Z, x, x_0). Možno ju vyjadriť ako funkciu týchto parametrov:

$$C \rightarrow f(Z, x, x_0, n, c, tp).$$

Ložiskovogeologické parametre (Z, x, x_0) nazývame *statické* a technicko-technologické a technické parametre (n, c, tp) nazývame *dynamické*.

Postup ekonomického hodnotenia ložiska na základe variantného výpočtu zásob je takýto (Tréger a Baláž, 1999):

1. Do ekonomického hodnotenia vstupujú údaje, ktoré pozostávajú z ložiskovogeologických parametrov – zásob, priemerných a medzných hodnôt obsahu úžitkovej zložky.

2. Ekonomické hodnotenie sa začína variantným výpočtom zásob. To umožní okontúrovať zásoby rôznej kvality pri rôznom medznom obsahu úžitkovej zložky, ktoré pokrývajú celý interval kvality overenej na ložisku nad hodnotou medzného obsahu prijatého pre nebilančné zásoby.

3. Každý variant výpočtu zásob sa následne technicko-ekonomicky zhodnotí a na základe úžitkovej hodnoty 1 t, výrobných nákladov na 1 t a množstva vyťažiteľných zásob sa vhodnou metodikou pre každý variant výpočtu zásob vyčísli cena ložiska.

Modelový príklad aplikácie interpolačných metód (IDS, kriging) v prostredí GIS na ložisko magnezitu Jelšava

Ložisko magnezitu Jelšava je situované na severnom okraji karbónskeho pruhu gemerika. Produktívne telesá magnezitu majú namúrsky vek a sú súčasťou ochtinského súvrstvia dobšinskej skupiny. Ložisko pozostáva z tmavosivého dolomitu, ktorý je lokálne hydrotermálne premenený na kryštalický svetlosivý magnezit. Magnezitové telesá tvoria nepravidelné šošovky rôzneho tvaru a kvality. Šošovky dosahujú horizontálnu dĺžku 3 600 m v smere V – Z a hrúbka produktívneho súvrstvia je 600 m. Šošovky sú významne tektonicky porušené (Mathes, 2000).

Evidované bilančné zásoby ložiska Jelšava v množstve 240 miliónov ton s predpokladanou životnosťou minimálne 100 rokov zaraďujú toto ložisko k ložiskám svetového významu (Lipták, 2006). Vyťažený magnezit sa po úprave používa predovšetkým na výrobu žiaruvzdorných hmôt vo forme magnezitových slinkov.

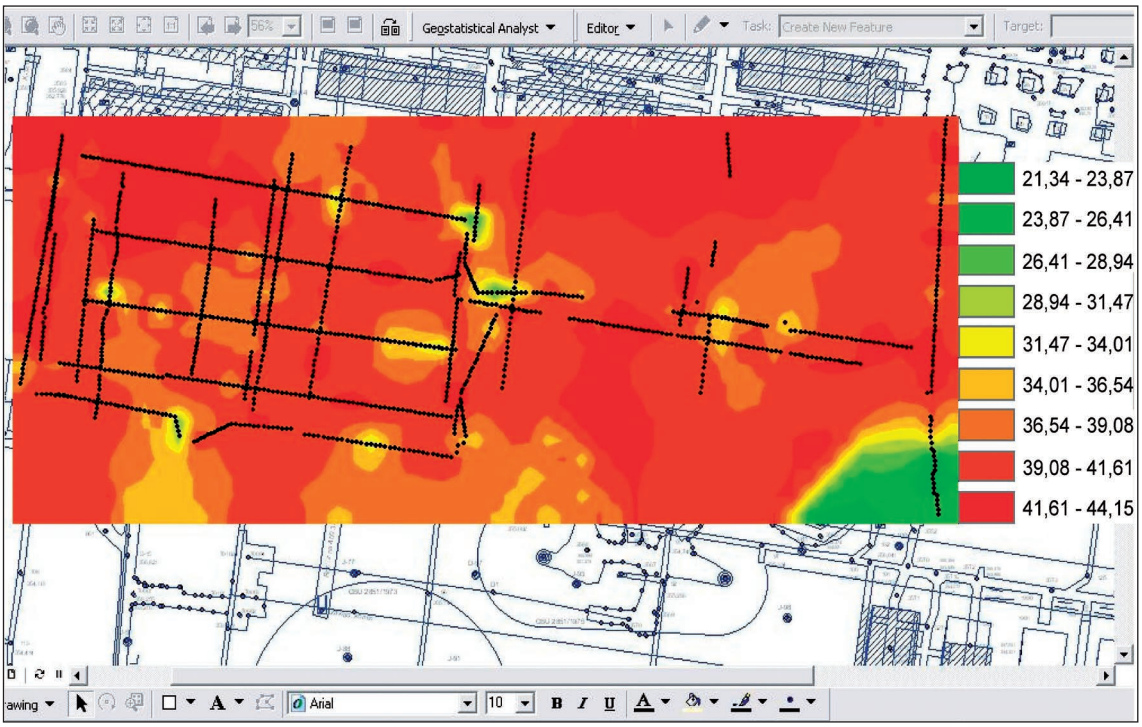
Uvedené interpolačné metódy boli aplikované na ložiskovej časti Miková, sektor B, horizont 350 m n. m. Spoločnosť SMZ Jelšava, a. s., poskytla údaje, ktoré pozostávali z banskej mapy študovaného horizontu v elektronickej podobe vo forme *design* súboru a databázy vzoriek, ktorá bola spracovaná v tabuľkovom procesore *Excel*. V databáze boli ku každej vzorke z prekopov z daného horizontu uvedené tieto údaje: priestorové súradnice (X, Y, Z), hodnoty chemického zloženia (obsah MgO, SiO_2, Fe_2O_3 a CaO). Tieto údaje tvorili vstupné údaje na následnú analýzu distribúcie úžitkovej zložky MgO prostredníctvom použitia jednotlivých uvedených interpolačných metód v prostredí GIS. Pri použití metódy IDS sa do modelovania distribúcie MgO zahrnul aj vplyv tektoniky, pretože na danom ložisku je pomerne významný. Na analýzu sa použil program *ArcGIS 9.1*.

Súčasťou programového vybavenia softvéru *ArcGIS 9.1* sú aj rôzne užitočné nástroje. Prostredníctvom nich dokážeme aplikovať jednotlivé interpolačné techniky na súbor údajov, ktoré môžu byť uložené v databáze v rôznych formátoch (napr. mdb., dbf. a podobne).

Prvým krokom pred samotnou analýzou bolo prenesenie banskej mapy horizontu 350 m n. m. do 3D priestoru kvôli lepšej ilustrácii situácie dobývacieho sektora B, ložiskovej časti Miková (obr. 3). Následne sa v priestore lokalizovali analyzované vzorky z prekopov z horizontu 350 m n. m. (obr. 4).

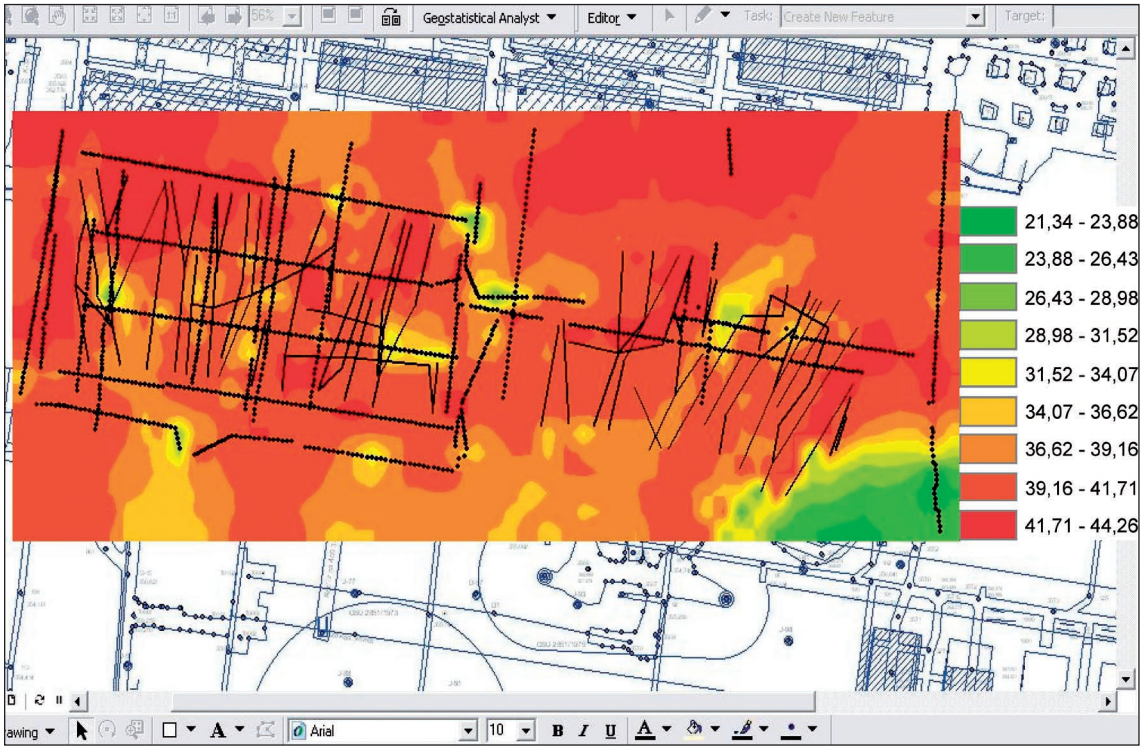
Na analýzu distribúcie úžitkovej zložky MgO v priestore ako prvá sa použila metóda IDS (obr. 5). Pri použití metódy IDS je možné do výpočtu zahrnúť aj vplyv rôznych diskontinuít (v našom prípade ide o zlomy), ktoré výrazne vplývajú na distribúciu sledovaného javu. Ako vidno, v danej ložiskovej časti sa nachádza množstvo diskontinuít, ktoré tiež majú vplyv na distribúciu úžitkovej zložky (obr. 6).

Pomerne dobré výsledky sa dosiahli pri aplikácii geoštatistickej metódy univerzálneho krigingu (obr. 7). Znovu tu výrazne vidieť zvýšený obsah MgO v sz. časti a nízky obsah v jv. časti. Po aplikácii krigingu sa vykonáva procedúra *cross validation* (tzv. „bumerangový“ test), pri ktorej sa testuje presnosť aplikovanej krigovacej metódy. V priebehu tohto testu sa porovnáva známa hodnota sledovaného javu v danom bode (v našom prípade vzorka, hodnota MgO) s vypočítanou hodnotou v tomto bode. Výsledkom tejto procedúry je mapa chýb vypočítaných hodnôt sledovaného javu (obr. 8).



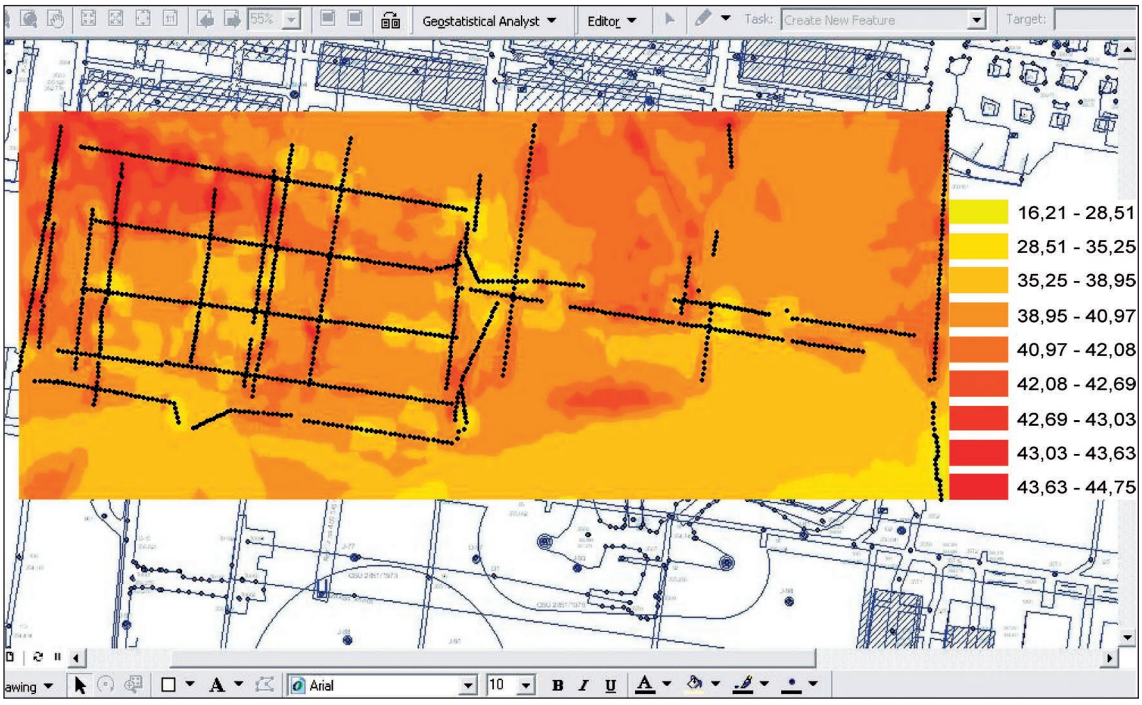
Obr. 5. Proces interpolácie obsahu MgO (%) vo vzorkách (metóda IDS, bez vplyvu tektoniky).

Fig. 5. The interpolation process of MgO (%) content in samples (IDS method, without influence of tectonics).



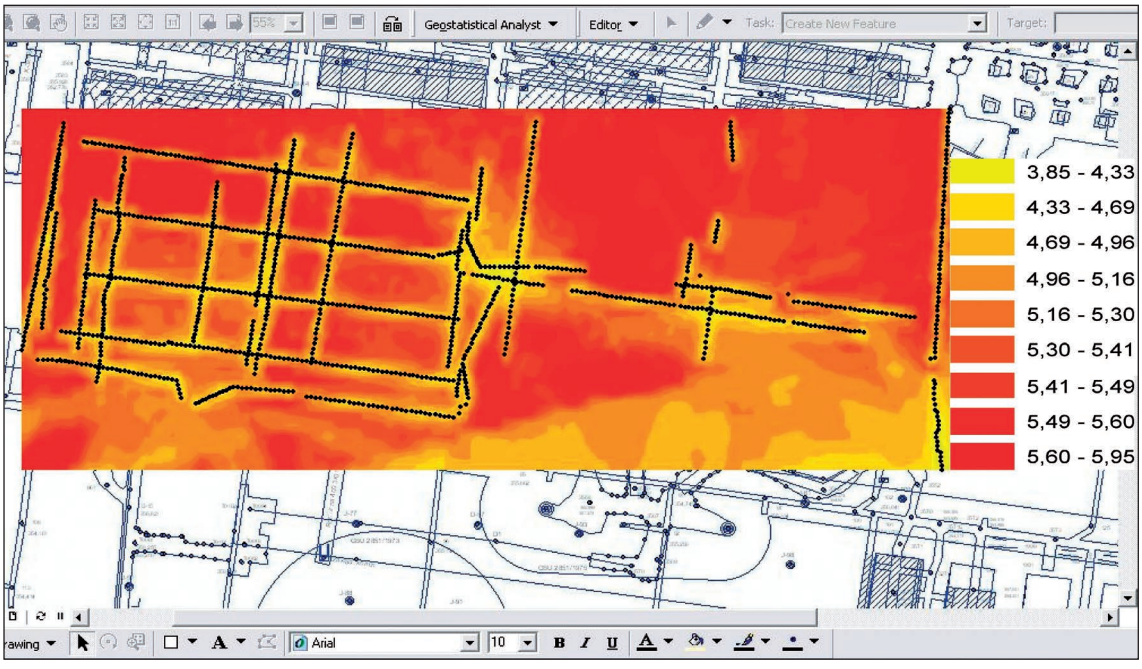
Obr. 6. Proces interpolácie obsahu MgO (%) vo vzorkách (metóda IDS, s vplyvom tektoniky).

Fig. 6. The interpolation process of MgO (%) content in samples (IDS method, with influence of tectonics).



Obr. 7. Proces interpolácie obsahu MgO (%); (metóda krigingu).

Fig. 7. The interpolation process of MgO (%) content (kriging method).



Obr. 8. Mapa chýb interpolácie obsahu MgO (metóda krigingu).

Fig. 8. The error map of interpolation of MgO content (kriging method).

Pri aplikácii obidvoch metód v oblasti analyzovaných vzoriek horizontu 350 m n. m. vidieť zvýšený obsah MgO v sz. časti. V juhovýchodnej časti, naopak, je obsah MgO výrazne nižší (okolo 25 %). V tejto časti zrejme ide o vzorkový materiál pochádzajúci z dolomitu.

Z výsledkov použitia týchto metód dokážeme identifikovať bohatšie a chudobnejšie časti ložiska. Aplikácia uvedených metód v prostredí GIS uľahčuje proces viacvariantného výpočtu zásob v priebehu ložiskovogeologického prieskumu a následné ekonomické hodnotenie ložiska.

Záver

Využívanie uvedených metód sa už postupne aj na Slovensku stáva neoddeliteľnou súčasťou geologického prieskumu. Geoštatistika má pri modelovaní ložiskového telesa nezastupiteľnú úlohu. Na základe jej aplikácie zisťujeme parametre a vlastnosti ložiska v celom jeho priestore, nielen v rámci banských prieskumných diel. Geoštatistické metódy popri ložiskovom prieskume nachádzajú široké uplatnenie s úspešnými výsledkami aj v rôznych vedných disciplínach. Modelovanie a prezentácia ložiskového telesa v prostredí GIS predstavuje mnoho výhod oproti klasickým analógovým mapám v papierovej podobe. Interaktívne prepojenie ložiskovej databázy s jednotlivými aktívnymi témami umožňuje rýchlo a efektívne vyhľadať v rámci ložiskového telesa bloky s určitými špecifickými vlastnosťami. V konečnom dôsledku to má veľký význam pri plánovaní ťažby, vykonávaní výpočtu zásob podľa najnovších metód a kritérií a pri ekonomickom hodnotení ložiska.

Nové metódy ekonomického hodnotenia ložiska, viacvariantného výpočtu zásob a určovania ceny ložiska v podmienkach trhovej ekonomiky sa začali na Slovensku využívať len nedávno a hneď sa prejavil ich veľký význam. V minulosti sa často stávalo, že mnohé zásoby ložiska boli podhodnotené a určené ako nebilančné, no v skutočnosti sa aj v rámci týchto zásob nachádzali ekonomicky významné zásoby. Tento problém sa postupne odstraňuje aplikáciou moderných postupov viacvariantného výpočtu zásob.

Poďakovanie. Práca vznikla s pomocou finančných prostriedkov grantu Univerzity Komenského v Bratislave č. 224 s názvom projektu *Moderné trendy v hodnotení ložísk nerastných surovín*. Ďakujeme zamestnancom spoločnosti SMZ, a. s., Jelšava za poskytnutie údajov nevyhnutných pri práci a za ochotu spolupracovať.

Literatúra

Bliščan, P., 2005: Priestorové modelovanie geologických objektov a javov v prostredí GIS systémov. *In: Acta Montan. Slov., roč. 10, č. 3, s. 296 – 299.*

Bliščan, P. & Grinč, A., 1998: Spracovanie geologickej dokumentácie pomocou CAD systémov a GIS. *In: Acta Montan. Slov., roč. 3, č. 1, s. 157 – 167.*

Bliščan, P. & Kondela, J., 2002: Geografický informačný systém pre ložisko Jelšava. *In: Acta Montan. Slov., roč. 7, č. 4, s. 223 – 226.*

Bliščan, P. & Pauco, M., 2005: Model distribúcie úžitkových zložiek a škodlivín, ako základných kvalitatívnych parametrov magnezitového ložiska Bankov – Košice a jeho prezentácia v prostredí GIS. *In: Acta Montan. Slov., roč. 10, č. 2, s. 89 – 93.*

Lipták, V., 2006: Súčasné trendy ťažby a spracovania magnezitu v Jelšave. *In: Súčasné trendy a problémy vo výskume nerudných nerastných surovín. Bratislava, s. 77 – 82.*

Mathes, J., 2000: An outline of exploration of the Dúbrava Massif magnesite deposit – Jelšava (Gemeric Unit). *In: Miner. Slov. (Bratislava), Vol. 32, pp. 197 – 200.*

Michalková, J., 2006: Ekonomika nerastných surovín. Rigorózna práca. *Manuskript. Bratislava.*

Staněk, F., Honěk, J., Hoňková, K. & Jelínek, J., 2006: Interactive program system for application of modern evaluation of coal deposits and their parts under complicated conditions. *In: Acta Montan. Slov., Vol. 11, No. 1, pp. 50 – 59.*

Tréger, M. & Baláž, P., 1999: Nerastné bohatstvo Slovenska, problémy jeho klasifikácie a oceňovania. *In: Acta Montan. Slov., roč. 4, č. 2, s. 89 – 100.*

Vyhláška SGÚ č. 6/1992 Zb. o klasifikácii a výpočte zásob výhradných ložísk.

Zákon SNR č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) v znení zákona SNR č. 498/1991 Zb. a novely zákona č. 558/2001 Z. z.

Zlocha, M., 1996: Analýza morfometrických vlastností reliéfu a podpovrchových štruktúr v ložiskovej a environmentálnej geológii. [Kandidátska dizertačná práca.] *Manuskript. Bratislava.*

Rukopis doručený 18. 3. 2009
Revidovaná verzia doručená 1. 4. 2009
Rukopis akceptovaný red. radou 12. 11. 2009

New trends in mineral deposits evaluation: Case study in Jelšava–Miková magnesite deposit (Slovakia)

The main aim of this study is to render a short review of modern methods of mineral deposits evaluation (geographic information system, interpolation methods, geostatistics, modern methods of economic evaluation of mineral deposits), which are nowadays used for evaluation of mineral deposits.

The advantages of using GIS in geology of mineral deposits are: a) complex basis of geological and deposit data; b) digital model of geological situation and geological maps; c) possibility of analysis of all geological data (Bliščan and Kondela, 2002).

Triangulation method with linear interpolation, IDS (inverse distance squared) method and geostatistical kriging method are often used in geology of mineral deposits by modelling of deposit body.

Key factors, which have a great influence at the mineral deposit price are: a) reserves; b) utility element amount; c) cost of production; d) price of one metric tonne of raw material; e) technical parameters of exploitation (Tréger and Baláž, 1999).

The model of MgO content in magnesite of the Slovak magnesite deposit Jelšava–Miková, sector B, horizon 350, was used in this study for demonstration of using GIS in geology of mineral deposits. The GIS software ArcGIS 9.1. was used for final analysis. Applying both – IDS and kriging methods, we visualized an increased MgO content in north-western part of horizon 350 m a.s.l. Contrary, in south-eastern part the MgO content is distinctly lower (around 25 %). The results demonstrate that GIS methods allow easily identify richer and poorer parts of deposits.

GeoVestník

Informačný spravodajca pre geológiu, baníctvo, úpravníctvo a životné prostredie

Príloha časopisu Mineralia Slovaca, roč. 41, č. 3

Vyhodnotenie Medzinárodného roku planéty Zem (IYPE):

Lisabonská medzinárodná konferencia

Planet Earth, Present for the Future

Recapitulation of the *International Year of Planet Earth (IYPE):*

Lisbon International Conference Planet Earth, Present for the Future

Parque das Nações 20. – 22. 11. 2009

Jozef Michalík

Geologický ústav SAV Bratislava

Abstract: *The conference Planet Earth Lisbon Event 2009 (PEL2009), held in Lisbon on 20.–22. November 2009, is briefly reported, emphasizing its main results. The conference under the auspices of Portugal president Anibal Cavac Silva and the state government closed the International Year of Planet Earth (2007–2009). The increased responsibility of leading world politicians concerning the Earth and related sciences belongs among the main contributions of IYPE. During conference an important role of eighty national and regional IYPE commities and thousands of educational and Earth-protection activities were summed up. As an example of geological activities there was presented the project OneGeology (reported by EuroGeoSurveys), focussed on forming of digital database for geological map of the world for a new platform of web site Google Earth. The initiative GeoAlpine intends to form educational mountain pathes crossing Alpine ridges. The role of renewable resources should be increased in the future. Important is an invocated interest of young people in Earth sciences. Based on IYPE the Slovak Geological Committee has organized a series of educational presentations, exhibitions and conferences in 2007–2009.*

V Parku národov v Lisabone sa v dňoch 20. až 22. novembra pod záštitou portugalskej vlády a prezidenta Portugalskej republiky Anibala Cavaca Silvu konala záverečná konferencia Medzinárodného roku planéty Zem nazvaná *Planet Earth Lisbon Event 2009* (PEL 2009). Konferenciu na záver triénia IYPE, ktorú z poverenia portugalského národného výboru IYPE organizovala spoločnosť Bombazine, viedli predseda organizačného výboru IYPE Eduardo F. J. de Mulder a predseda portugalskej Komisie pre UNESCO Fernando Andresen Guimaraes.

Eduardo de Mulder, výkonný riaditeľ sekretariátu IYPE, konštatoval, že najdôležitejšiu zložku IYPE tvorilo osemdesiat národných a regionálnych výborov IYPE, ktoré stmelili kľúčových účastníkov z viacerých, občas súperiacich organizácií. PEL 2009 združila vedcov, politikov a priemyselníkov, aby v závere triénia Medzinárodného roku planéty Zem (2007 až 2009) zhodnotili výsledky a perspektívy IYPE. Táto retrospektíva dominovala celému podujatiu a odrážal ju aj podtitul PEL 2009: *Planéta Zem, dar pre budúcnosť*. PEL 2009 vytýčila tri dôležité témy, ktoré boli blízke zameraniu IYPE a príkladom úloh udržateľného rozvoja: Obnoviteľné zdroje energie, Udržateľné obhospodarovanie krajiny a vody a Planéta Oceán. Tieto témy boli osvetlené z hľadiska politiky, vedy a priemyslu.

Predseda Európskej komisie José Manuel Durao Barroso ocenil snahu primäť na politickej úrovni vedúcich politikov, aby v decíznych procesoch venovali viac pozornosti vede a poznávaniu Zeme tak, aby sa spoločnosť stala bezpečnejšou a prosperujúcejšou. O úspechoch v tomto smere referoval bývalý prezident Portugalskej republiky Mario Soares, portugalská ministerka životného prostredia a rozvoja Dulce Passaro a ministerka výchovy a školstva Kapverdských ostrovov Vera Duarte. Angolská ministerka životného prostredia Fatima Jardin a tanzánsky minister školstva a vedy Jumanne A. Maghembe ocenili iniciatívu angolských geológov, ktorá vyústila do vytvorenia Afrického fóra pre rozvoj, tesne spolupracujúceho s IYPE.

Alberto Riccardi, predseda Medzinárodnej únie geologických vied, kladne zhodnotil fakt, že od začiatku triénia IYPE v roku 2007 sa realizovali tisícky aktivít. Významná časť z nich sa vzťahovala na výchovu a vzdelávanie. Práve vzdelanie a informácie sú základnou požiadavkou sociálno-politického a ekonomického rozvoja. Geovedné vzdelanie a osveta majú základný význam pri vytváraní bezpečnejšej, zdravšej a bohatšej globálnej spoločnosti. Nórska ministerka výskumu a vzdelávania Tora Aasland ocenila pokrok v geovednom poznaní, riaditeľ UNESCO pre prírodné vedy Walter Erdelen

zasa vzrast záujmu uchádzačov o štúdium geovied (najmä na nemeckých univerzitách) v ostatných troch rokoch.

OneGeology je iným typom aktivít IYPE. O tejto oblasti referoval Marko Komac z *EuroGeoSurveys*. Ambíciou tejto aktivity je spojiť geologické poznatky získané najmä geologickým mapovaním vo všetkých krajinách sveta. Vytvára sa tak digitálna databáza, ktorá sa potom prekladá do jednotného počítačového jazyka. Plánovaným výstupom je digitálna odkrytá geologická mapa, ktorá môže prípadne vyústiť do ďalšej dimenzie populárnych geografických webových stránok ako Google Earth. Od začiatku sa k tejto iniciatíve pridalo už 113 národných geologických služieb.

Iniciatíva *GeoAlpina* spojila geologické komunity alpských zemí, ktoré vytvorili súbor náučných ciest križujúcich alpské hrebene prístupný verejnosti. Aj Slovensko v spolupráci s poľskými kolegami pripravuje vydanie mapy a publikácie sprístupňujúcej širokej verejnosti geovedné poznatky o stavbe a vývoji Vysokých Tatier, realizuje sa príprava a vyhlásenie geoparkov. Iným úspešným výstupom IYPE bola idea *Earth Learning*, zabezpečujúca elegantný spôsob pomoci učiteľom pri vysvetľovaní neraz zložitých geologických problémov. Bola vydaná séria vedeckých publikácií zaoberajúcich sa prakticky všetkými hlavnými témami IYPE. Prvé zväzky zabezpečilo vydavateľstvo Springer-Verlag.

V referátoch k odborným témam konferencie odznelo viacero zaujímavých príspevkov. Známy britský publicista, profesor zoológie Oxfordskej univerzity Aubrey Manning konštatoval, že rastúca potreba energií nielen ohrozuje ekonomiku a politickú stabilitu zemí na celom svete, ale predovšetkým prináša obrovskú príležitosť pre geovedy a technológie. Generálny sekretár International Society of Sugar Cane Technologists Jean-Claude Audrey vyzval na širšie využívanie obnoviteľných zdrojov energií – solárnych, prílivových, veterných, hydrologických, geotermálnych, a predovšetkým biologických. Ich využívanie má ešte stále obrovské rezervy. S. Paramananthan vyzval na vedecký prístup v kampani o globálnom otepľovaní, kde neraz prevládajú polopravdy a snaha o senzácie nad triezvymi analýzami podstaty problému. Kampaňovitý, neuvážený prístup prináša neraz viac škody než úžitku. Ako príklad uviedol malajzijský megaprojekt sebestačnosti v produkcii ryže: odlesnené a premenené na ryžové polia boli milióny hektárov serpentinitových zvetranín, čo spôsobilo produkciu potravín a vôd znečistených niklom a chrómom.

Slovenský geologický komitét sa na iniciatíve IYPE podieľal usporiadaním série popularizačných prednášok na stredných školách a v osvetových strediskách na Slovensku (Banská Bystrica, Bratislava, Liptovský Mikuláš, Nové Zámky), konferenciami usporiadanými pod záštitou Ministerstva životného prostredia a Ministerstva zahraničných vecí SR, organizovaním výstavy argentínskych dinosaurov v stredisku Aupark v Bratislave, ale predovšetkým výstavou *Planéta, na ktorej žijeme,* v Slovenskom národnom múzeu v Bratislave a v Múzeu Spiša v Spišskej Novej Vsi. Sponzorským príspevkom k akciám IYPE prispeli Hornonitrianske uhoľné bane, Nafta Gbely a Volkswagen. Podpora iniciatívy zo strany decíznej sféry bola, žiaľ, nevýrazná. V médiách (Rádio Slovensko, Rádio Devín, STV1, Markíza atď.) odznelo spolu 16 príspevkov a rozhovorov na tému IYPE, v slovenskej tlači bolo publikovaných 12 krátkych popularizačných článkov.

Hodnotenie národných komitétov na PEL 2009 naznačilo, že spoločný zámer zvýšiť geovedné povedomie medzi decíznou sférou a verejnosťou na národnej úrovni bol prinajmenšom sčasti splnený. S úspechom v mnohých krajinách sa stretla najmä snaha zvýšiť záujem mládeže o geovedy, na ktorú sa zameriavala aj iniciatíva *Young Earth Scientists* (YES). Pozvanie vybraných študentov z krajín zúčastnených v IYPE na PEL 2009 zvýraznilo významnú úlohu nastupujúcich generácií pri dosahovaní úloh udržateľného rozvoja vytýčených Organizáciou spojených národov. Ako najaktívnejšie boli ocenené národné komitéty Francúzska, Portugalska, Talianska, Tanzánie, USA, Veľkej Británie a ďalších jedenástich krajín sveta.

Eduardo F. J. de Mulder navrhol pokračovať v iniciatíve IYPE vytvorením Planet Earth Istitute, ktorý by v nasledujúcich rokoch koordinoval aktivity vychádzajúce z výsledkov triénia IYPE vo všetkých zúčastnených krajinách.

Výstavu *Planéta, na ktorej žijeme,* videlo 49 680 návštevníkov

Exhibition "Planet, where we live on" attended by 49 680 visitors

Igor Broska[1] a Eva Nelišerová[2]

[1]Geologický ústav SAV Bratislava, [2]Slovenské národné múzeum, Prírodovedné múzeum Bratislava

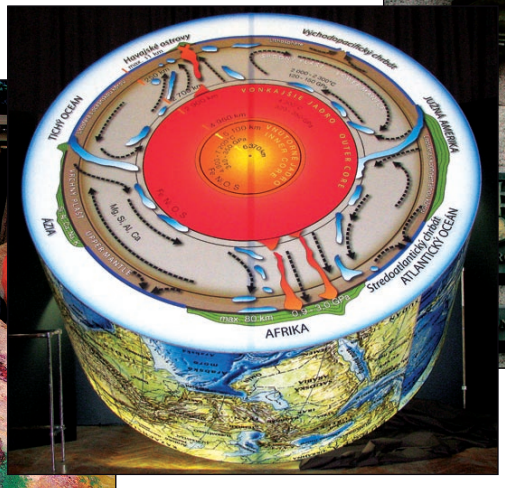
Abstract: *Contribution reviews the exhibition "Planet, where we live on" in Slovak National Museum in Bratislava (25. 11. 2008 – 2. 7. 2009), being visited by 49 680 visitors. The exhibition had four thematic parts (1) Anatomy of Earth, (2) Earth – living planet, (3) Geological evolution of Slovakia and (4) Raw material – richness of humankind. The exhibition was completed by two seminars for pedagogues, ten public lectures (e.g. prospecting of gold and further industrial minerals, geophysical and geodetic monitoring of volcanoes, earthquakes, meteorites and their findings in Slovakia, geochronological dating, etc.) and 49 lecturel explanations. The exhibition was held owing to the initiative of National Geological Committee of Slovak Republic as a contribution to International Year of Planet Earth (IYPE) and managed by the Geological Institute of Slovak Academy of Sciences and Slovak National Museum in Bratislava. The exhibition has been prepared by team of researchers from Geological and Geophysical Institutes of Slovak Academy of Sciences, Faculty of Natural Sciences Comenius University and Dionýz Štúr State Geological Institute.*

Dňa 2. júla 2009 zavrela svoje brány výstava *Planéta, na ktorej žijeme*. Je veľmi potešiteľné, že počas jej trvania od 25. novembra 2008 ju v Slovenskom národnom múzeu v Bratislave videlo 49 680 návštevníkov. Je to významný odkaz verejnosti o práci geovedcov. Nebola to len rozsiahla výstava na ploche viac ako 520 m^2 so štyrmi samostatnými tematickými celkami, ale aj jej cielená propagácia, medializácia a prevádzkovanie. Boli to aj mnohé sprievodné aktivity – dva semináre pre pedagógov a desať prednášok pre širokú verejnosť. Prítomní sa na nich mohli oboznámiť napríklad s geologickým vývojom Slovenska, s prospekciou zlata a typmi mineralizácií na Slovensku či svetovými ložiskami zlata. Táto téma bola rozšírená aj o krátkodobé vystavenie atraktívnych vzoriek zlata, pozoruhodného kovu, ktorý človek pozná a využíva viac ako 6 000 rokov.

Problematika geofyzikálneho a geodetického monitorovania sopiek a príčin vzniku zemetrasení zaujala aj v kontexte s potenciálnym či reálnym ohrozením pre človeka. Mimoriadny záujem zo strany verejnosti bol o prednášku o výskume meteoritov a ich nálezoch na území Slovenska, ako aj o spôsoboch datovania Zeme a význame objavu rádioaktivity pre geológiu.

Počas *Noci múzeí a galérií 2009*, keď boli priestory SNM aj výstava až do polnoci plné návštevníkov, odzneli prednášky zamerané na paleontológiu – na vývoj a geografické rozšírenie organizmov v jednotlivých etapách histórie Zeme. Hovorilo sa aj o aktuálnosti Darwinovej evolučnej teórie a genéze evolučného myslenia v minulosti až po súčasnosť. Návštevníkov na výstave sprevádzali viacerí autori výstavy s doplňujúcim výkladom k jednotlivým tematickým celkom. Návštevníkov zaujala prezentácia spojená s praktickým prezeraním mikroskopických organizmov pod stereolupou a mikroskopom. Ich skamenené schránky zaujmú nielen morfológiou, ale paleontológom poskytujú množstvo informácií aj o prostredí, v ktorom tieto organizmy žili.

Výstavu v čiastočne upravenom rozsahu bude možné vidieť od októbra 2009 v Múzeu Spiša v Spišskej Novej Vsi, potom v Múzeu maďarskej kultúry a Podunajska v Komárne a pravdepodobne aj v SNM v Martine. Ešte však skôr, ako sa súčasť tejto výstavy model sopky štiavnického stratovulkánu spolu s animáciou jeho vývoja nainštaluje na Spiši, doplní výstavu o mineráloch rudných žíl v Slovenskom banskom múzeu v Banskej Štiavnici.



Priečelie SNM a niektoré exponáty.

Front side of the museum and some exhibites.

Foto/Photo D. Pákozdyová and S. Jeleň.

Predpokladáme, že po skončení repríz výstavy mnohé exponáty a prezentácie zostanú v Slovenskom národnom múzeu – Prírodovednom múzeu v Bratislave – a spolu s vytvorenými modelmi vyhynutých živočíchov a animáciami o dávnominulých geologických dejoch obohatia stále expozície SNM.

Projekt výstavy *Planéta, na ktorej žijeme,* vznikol ako iniciatíva Národného geologického komitétu SR k Medzinárodnému roku planéty Zem. Jeho hlavným poslaním bolo pod mottom *Geovedy pre spoločnosť* šíriť geologickú osvetu v spoločnosti. Projekt rýchlo dostal podporu zo strany Slovenskej akadémie vied a Slovenského národného múzea, ktoré na prezentáciu našlo výstavný termín v budove Prírodovedného múzea na Vajanského nábreží v Bratislave.

Celý výstavný projekt manažoval Geologický ústav SAV a Prírodovedné múzeum SNM. Finančne bol zabezpečený prostredníctvom LPP projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja, projektu Environmentálneho fondu Ministerstva životného prostredia SR, ako prioritná výstava SNM z prostriedkov Ministerstva kultúry SR a prostredníctvom dotácie Slovenskej akadémie vied. Veľká vďaka patrí nielen za financovanie, ale aj partnerom výstavy, ktorí prispeli k jej úspechu. Sú to: Nafta, a. s., Hornonitrianske bane Prievidza, a. s., Považská cementáreň Ladce, a. s., a Volkswagen Slovakia, a. s. Do prípravy a realizácie výstavy sa ochotne zapojili aj pracovníci Geofyzikálneho ústavu SAV, Prírodovedeckej fakulty UK a Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra.

Spoločné úsilie rozličných odborníkov geovedcov viedlo k vytvoreniu scenára, ktorý sa stal atraktívnym prierezom poznatkov z oblasti geologických vied aj pre širokú verejnosť. Všetky texty sú aj v anglickom preklade, čo autori považovali za nutné kvôli zrozumiteľnosti a záujmu zahraničných návštevníkov. Odborný obsah, množstvo doplnkového materiálu, fotografií a exponátov bolo potrebné návštevníkovi podať takou formou, ktorá ho zaujme vizuálne a vtiahne na podrobnejšiu prehliadku. Autorom výtvarno-priestorového riešenia a celej realizácie výstavy je Milan Veselý a N & V Design, spol. s r. o.

Veľký počet návštevníkov výstavy naznačuje, že táto práca mala svoj spoločenský význam a môže byť výzvou na vytváranie ďalších edukačných a popularizačných projektov, založených na širokej spolupráci slovenských geologických inštitúcií.

Prehľadná geologická mapa Slovenska v mierke 1 : 200 000 uvedená do každodennej praxe

General geological map of Slovakia at a scale 1 : 200 000 introduced into everyday practice

Ľudovít Kucharič

Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava

Abstract: *A new edition of the general geological maps of Slovak Republic at a scale 1 : 200 000 was solemnly introduced in vernissage in National Council of the Slovak Republic on 19. May 2009. Issued maps have originated owing to ten years lasting synthetic scientific work, summarizing endeavour and outcomes of several generations of geologists and replaced previous edition from 1964. New geological maps covering whole area of Slovakia form a good ground for potential multilateral projects, required by European Union, being focused on environmental, hydrogeological, geothermal and raw material topics, as well as investment strategies. The contribution describes opening ceremony and reproduces several positive responses from visitors` book, which can be considered as the best positive and concrete feedback, appreciating geological work.*

Dlho očakávaná edícia prehľadných geologických máp v mierke 1 : 200 000 bola slávnostne uvedená na vernisáži vo výstavnej sieni Národnej rady Slovenskej republiky na Bratislavskom hrade dňa 19. mája 2009. Syntetické dielo završujúce výsledky desaťročnej práce širokej skupiny nielen súčasnej generácie, ale aj predchádzajúcich generácií geológov nasmeroval do života moderátor významných kultúrnych podujatí Ľuboslav Móza. Najskôr dal slovo oficiálnym rečníkom: predsedovi parlamentného výboru Národnej rady SR pre ŽP Jánovi Slabému, generálnemu riaditeľovi sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP Miroslavovi Zacharovi a nakoniec riaditeľovi ŠGÚDŠ Ľubomírovi Hraškovi. Tí vyzdvihli význam prehľadných geologických máp ako východiskovej bázy pre široké využitie v každodennej praxi. Oficiálnu časť programu, ktorú dotváralo jednotlivými variabilnými hudobnými motívmi umelecké dámske sláčikové kvarteto, zakončil záverečným prejavom koordinátor a zodpovedný riešiteľ projektu Vladimír Bezák.

Na vernisáži sa zúčastnilo nielen množstvo súčasných geológov rôznych špecializácií, ale aj tých, ktorí sú už na dôchodku, výrazným spôsobom ovplyvňovali smerovanie slovenskej geológie a stále sú ochotní radami a pripomienkami prispievať k riešeniu aktuálnych problémov.

Osobitného uznania sa dostalo koordinátorovi a celému riešiteľskému kolektívu od prezidenta Slovenskej republiky. Prezident formou listu poďakoval za venovanie *Prehľadnej*

geologickej mapy Slovenskej republiky, ocenil náročnú prácu pri jej tvorbe a zablahoželal k úspešnému skončeniu.

Dizajn výstavy spracoval Ladislav Martinský. Jednotlivé mapové listy v mierke 1 : 200 000 celej mapy Slovenska v tejto mierke sprevádzali krátke texty o ich tvorbe, ako aj geologické profily doplnené textami o geológii Slovenska s bohatou fotodokumentáciou. Integrálnou súčasťou výstavy bol stručný prehľad poskytnutý prostredníctvom geologických máp jednotlivých regiónov v mierke 1 : 50 000 ako základného materiálu, ktorých syntézou vznikalo výsledné dielo.

Počas celého trvania výstavy (12. 5. – 29. 5. 2009) sa úlohy odborného sprievodcu výborne zhostil Ján Mello. Vyjadrili to *in situ* v pamätnej knihe mnohí návštevníci, z ktorých značná časť bola zo zahraničia.

Základné geologické dielo, ktoré vystriedalo legendárne mapy ČSSR 1 : 200 000 vydané v roku 1964, predsa len už poznačené dobou svojho vzniku (päťdesiate roky minulého storočia), sa teda už oficiálne využíva v každodennej praxi. Len zainteresovaní pracovníci ŠGÚDŠ (odborní aj riadiaci), prizvaní externí špecialisti, oponenti jednotlivých mapových listov, ale aj zástupcovia gestora – sekcie geológie a prírodných zdrojov MŽP – vedia o neľahkej práci na tomto mapovom diele. Tak ako pri každej dlhšie trvajúcej práci, aj tu museli zápasiť s problémami dnešnej turbulentnej doby, ktorá nie je príliš naklonená vedeckej práci. Všetkým zainteresovaným však treba poďakovať a zablahoželať k zavŕšeniu výrazného úsilia a k prehĺbeniu geologických poznatkov o Slovensku.

Vydanie tejto mapy má veľký význam aj vo vzťahu k zahraničiu, najmä ku krajinám Európskej únie. Predstavuje moderný geologický podklad, vhodný pri riešení medzinárodných multilaterálnych projektov.

Na záver vyslovujeme želanie a zároveň presvedčenie, že sa toto želanie naplní, aby nová edícia prehľadných geologických máp Slovenska zaujala pevné miesto vo vedomostnej báze Slovenskej republiky a aby bola vhodným inšpiračným a zhodnocujúcim zdrojom pri riešení environmentálnych, hydrogeologicko-geotermálnych či surovinových problémov, ako aj významných investičných zámerov.

Na úplný záver ponúkame výber impresií z návštevnej knihy, ktoré dotvárajú prostredie výstavy a okamžité vnútorné pocity návštevníkov po jej prehliadke:

Pozn.: Texty písané čínskymi znakmi a podobné sme z pochopiteľných dôvodov vynechali.

La geolegie de la Slovaquie est tré complexe – Beau travail. Nečit. podpis, Bretónsko, France 14. 5. 2009

Very nice and good work. Nečit. podpis 15. 5. 2009

Prvá výstava v týchto priestoroch s príjemným sprievodcom, ďakujeme. Lastomírová, Tibenský 15. 5. 2009

Boli sme tu aj s deťmi, všetci sme mali úžasný zážitok. Krásna a hodnotná výstava. Ďakujeme. Nečit. podpisy 16. 5. 2009

Very interesting and very nice guide. We like it! Katja, Mišo, Slovenija 17. 5. 2009

A beautiful, clean exhibit and explanation...especially the TATRAS. Thank you. Devon, New York and West Virginia USA 17. 5. 2009

18. 5. 2009 Kevin and Anthony from the USA and Jorge from Salvador. Thanks to J. Mello for information about Geology of Slovakia.

19. 5. 2009 Die Austellung ist sehr Informative und hat uns sehr gefallen. Manfred und Sonja Stotz, aus Deutschland, Heilbronn

A very interesting and informative EXPO. Tim and Ben Boonen, Perth, Australia. 19. 5. 2009

Nous avons visité cette exposition avec beaucoup de plaisir avec un guide très intéressant. Félicitation pour ce très beau travail. Lynn et Richard Riopel, Montréal, Canada 19. 5. 2009

Srdečná vďaka a dôkaz, že patríme aspoň v niečom k svetovej elite. Nečit. podpis 19. 5. 2009

Thank you very much for your excellent explanation Mr. Mello. Exhibition is interesting and rich in contents. Wish your exhibition success. Nečit. podpisy 2x Beijing, China. 20. 5. 2009

20. 5. 2009 Thank you very much for your interesting explanation. Jadere und Ard from Holand

Byl jsem tady a užíval jsem si výstavy. Frank, Hartford Connecticut, USA 20. 5. 2009

It is the first time I visited an exhibition about geological maps, and although I do not know almost anything about geology the people in the exhibition helped me to understand the maps. Important work for Slovakia a country that is still trying to find its national identity. Ourania from Greece. 20. 5. 2009

Sice jsem nepochopila co bylo dříve, vejce či slepice, ale se skvělým výkladem pana Mella jsem měla aspoň pocit, že k tomuto poznání směřuji. Díky za bezvadnou společnost. Andrea Kohoutová Praha. 20. 5. 2009

21. 5. 2009 Thank you very much for your hospitality and your Explanation. Best regards.
Laurent, St. Martin, Paris.

22. 5. 2009 So much information, so little time. Thanks for the tour. Henry and Sonny Osleck, Australia

22. 5. 2009 Thank you for information. Very interesting and lighting. Tarja and Hannu from Finnland.

22. 5. 2009 Thank you so much, it was quite surprising to find this exhibition here! Hilde, Nadja and Rosemary from Belgium.

22. 5. 2009 Very detailed informative explanation. Thanks so much. Kiyuko, Japan

23. 5. 2009 Very impresive illustration + text v čínštine. Nečit. podpisy, Hong Kong, China

24. 5. 2009 Very interesting explanation. Really good. Thanks. Nečit. podpis. Argentína

Gratuluji! Mapy jsou velkým úspechěm autorů i celé geologické obce Slovenska. Díky. Miloš Suk. 26. 5.

Ďakujeme pánovi RNDr. Mellovi Jánovi za kvalitný výklad k výstave. Naši štvrtáci získali veľa kvalitných vedomostí z oblasti geológie. Nech sa Vám v práci darí. Uč. Chlupková Darina a 4. B Záhorská Bystrica.

Many thanks for different information upon geological maps of Slovakia. This is the first experience for us. It was really good lecture. Thank you. 4 nečit. podpisy, Turecko, 28. 5.

Ein herzliches Dankeschon fur die interesante fuheung. 2 nečitateľné podpisy Swiss 28. 5. 2009

29. 5. 2009 Vďaka za prácu geológom, ktorí nám sprostredkovali informácie o našej krásnej krajine. Darinka Jalná

Thank you for such interesting insights into Slovakian geology. It was nice to have a different perspective of the history of the country´s formation. I especially like the microscope slides and model rocks. Wonderful exhibits. 29. 5. 2009

Thank you very much for an interesting tour and exhibit of Slovakian geology. I am learning about geology of the Netherlands, bit it appear, the geology of Slovakia is much more complex and interesting. Maaike Broos, Arnheim, Netherland, 29. 5. 2009

Obr. 1. Príslušníci zaslúžilej a aktívnej generácie geológov. Zľava: M. Elečko, D. Vass, M. Slavkay, J. Mello, O. Franko, A. Biely, V. Konečný, M. Polák a M. Kaličiak. Foto L. Martinský.

Fig. 1. Members of merited and active generation of geologists. From the left: M. Elečko, D. Vass, M. Slavkay, J. Mello, O. Franko, A. Biely, V. Konečný, M. Polák and M. Kaličiak. Photo L. Martinský.

Obr. 2. Oficiálne osobnosti pri otvorení výstavy. Sprava: M. Zachar – generálny riaditeľ sekcie GaPZ MŽP, Ľ. Hraško – riaditeľ ŠGÚDŠ a J. Slabý – predseda výboru pre ŽP NR SR. Foto L. Martinský.

Fig. 2. Opening ceremony. From the right: M. Zachar – general director of GaPZ department in Ministry of Environment, Ľ. Hraško – director of ŠGÚDŠ and J. Slabý – chairman of the Committee for Environment of National Council of Slovak Republic. Photo L. Martinský.

Obr. 3. Koordinátor úlohy V. Bezák pri úvodnom prejave. Foto L. Martinský.

Fig. 3. The project coordinator V. Bezák at introductory speech. Photo L. Martinský.

Ak sa vám zdá, že zahraničné zápisy dominujú, tak k tomu len toľko: asi to vyjadruje zloženie návštevníckej vzorky. Ibaže by zahraniční hostia mali viac chuti písomne vyjadriť a okamžite materializovať vzniknuté dojmy a emócie... Komentáre k uvedeným vyjadreniam nechávame na čitateľov. Nikto však nemôže poprieť to, že v tomto prípade išlo o propagáciu slovenskej geológie smerom k širokej verejnosti vo svetovom meradle. V každom prípade je to celkom príjemné a potešujúce čítanie. Pohladí minimálne dušu autorov geologických máp, ako aj autorov výstavy a jej technických realizátorov.

Fórum mladých 2009 – prezentácia odbornej činnosti mladých vedeckých pracovníkov do 35 rokov

Forum of Young Scientists 2009 held in State Geological Institute of Dionýz Štúr, Bratislava

JÁN MADARÁS
Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava

Abstract: *The State Geological Institute of Dionýz Štúr, following earlier tradition, has organized the Forum of Young Scientists 2009, held in Bratislava on 28. April 2009. Altogether 14 presentations brought new results from the fields of geological investigation, engineering geology, hydrogeology, GIS and archival registration in Geofond and the Central Geological Library. Short report about this event with photographs is followed in this contribution by abstracts of presentations.*

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra v minulých rokoch pravidelne organizoval seminár mladých vedeckých pracovníkov do 35 rokov. V zmysle tejto tradície ŠGÚDŠ v spolupráci so Slovenskou geologickou spoločnosťou pripravil 28. apríla 2009 v priestoroch Veľkej sály Dionýza Štúra v ŠGÚDŠ Bratislava celodenný odborný seminár *Fórum mladých 2009*. Bolo prednesených 14 referátov z odbornej činnosti vlastných mladých pracovníkov za rok 2008 z oblasti základného geologického výskumu, inžinierskej geológie, hydrogeológie, geologického informačného systému, registratúrnej činnosti Geofondu a Ústrednej geologickej knižnice. Odborná komisia hodnotila vedecký prínos prednášok, ich grafické spracovanie a celkový ústny prejav prednášajúcich. Tri najlepšie prednášky boli na záver odmenené finančnou prémiou. Tú získali príspevky od M. Ábelovej, F. Bottlika a K. Královičovej.

Úspešná akcia prebiehala v priateľskej, príjemnej atmosfére mladých vedeckých pracovníkov ústavu.

Obr. 1. Časť účastníkov a poslucháčov Fóra mladých 2009 počas prednášania referátov. Foto L. Martinský.

Fig. 1. Part of participants of the Forum of Young Scientists 2009. Photo L. Martinský.

Obr. 2. Riaditeľ ŠGÚDŠ Ľ. Hraško pri otvorení Fóra mladých 2009. ▶ Foto L. Martinský.

Fig. 2. Director of ŠGÚDŠ Ľ. Hraško opening the Forum of Young Scientists 2009. Photo L. Martinský.

M. PETRÁŠ: **Kinematika a dynamika muránskeho zlomového systému v oblasti Slovenského raja**

Príspevok sa zaoberá problematikou smerne posuvných zón v muránskom zlomovom systéme a nadväznosťou ich výskytu a vývoja v oblasti Slovenského raja. Je zameraný na kinematickú a dynamickú klasifikáciu zlomov a smerne posuvných zón, ich geologické a tektonické prejavy a typy podružných štruktúr vznikajúcich počas vývoja smerne posuvných zón.

Zlomové štruktúry rozčleňujú oblasť Slovenského raja, ktorý tvoria príkrovové paleoalpínske jednotky (veporikum, gemerikum, meliatikum, hronikum a silicikum) a pokryvné, tzv. potektonické jednotky vrchnokriedového a paleogénneho veku (gosauská skupina a podtatranská skupina). Oblasť je nápadne rozčlenená smerne posuvnou tektonikou na výrazné vejárovité štruktúry na muránskom zlome. Tektonickým štúdiom sa vyčlenilo osem deformačných fáz v terciérnom období s vypočítanými paleonapäťovými tenzormi, ktoré boli chronologicky zaradené do jednotlivých období (paleocén – pliocén).

M. KUČERA: **Analýza diskontinuít v Belianskej jaskyni**

Posudzované údaje sa získali počas terénneho štruktúrneho mapovania v Belianskej jaskyni a z povrchových odkryvov v jej blízkom okolí. Z nameraných hodnôt tektonických štruktúr polygenetickej skupiny diskontinuít bolo potrebné štruktúrnou analýzou separovať jednotlivé monogenetické skupiny. Na základe orientácie smeru sklonu a úklonu porúch sa vyčlenili jednotlivé monogenetické skupiny diskontinuít, pričom bolo potrebné odfiltrovať vrstvovitosť. Bolo identifikovaných päť monogenetických skupín diskontinuít. Najpočetnejšia skupina diskontinuít poukazuje na poklesový charakter sv.-jz. orientácie s úklonom na JV. Na základe orientácie smeru sklonu a úklonu s touto skupinou veľmi dobre korešponduje priebeh podtatransko-ružbašského zlomového systému. K spomenutému zlomu sa viaže aj druhá skupina diskontinuít s rovnakou orientáciou, ale s plytkejším úklonom plôch poukazujúcim na prešmykový tektonický režim. Tretia skupina porúch sa vyznačuje väčšou variabilitou smerov sklonu a úklonu. Je interpretovaná ako porucha vznikajúca v extenznom tektonickom režime s.-j. smeru a vykazuje poklesový charakter. Štvrtá monogenetická skupina vznikala pri extenznom tektonickom režime vjv.-zsz. smeru. Piatu monogenetickú skupinu sv.-jz. smeru možno pokladať za smerne posuvný systém. V celom priebehu jaskynných priestorov je dobre viditeľná vrstvovitosť so smerom úklonu na V. Plochy vrstvovitosti sú do značnej miery skorodované.

M. ÁBELOVÁ: **Rekonštrukcia paleoteploty a prírodného prostredia na hranici pleistocén/holocén na základe stabilných izotopov**

V našom výskume podávame výsledky rekonštrukcie paleoekologických a paleoenvironmentálnych podmienok na konci posledného glaciálu a na začiatku holocénu. Hlavným cieľom výskumu bolo rekonštruovať klimatický a paleovegetačný záznam uchovaný v kyslíkovom izotopovom zložení klov mamutov druhu *Mammuthus primigenius*, zubov koní *Equus* sp. a jaskynných medveďov *Ursus spelaeus* pochádzajúcich z jedenástich slovenských a moravských lokalít. Izotopy uhlíka ($^{13}C/^{12}C$) slúžili na určenie paleopotravy mamutov, koní a medveďa jaskynného a tým aj na nepriamu identifikáciu vegetačného krytu. Izotopy kyslíka ($^{18}O/^{16}O$) sa využili na rekonštrukciu paleoteploty. Naše výsledky zodpovedajú palynologickým a malakologickým výskumom a vypočítané priemerné ročné paleoteploty súhlasia s paleoklimatickými výkyvmi zaznamenanými v grónskom ľadovcovom jadre GISP2.

Z. BAČOVÁ: **Premeny vulkanického skla pri Byšte**

Študovaná oblasť patrí k 2. typu vulkanizmu (Lexa a Kaličiak, 2000). Ide o bimodálny andezitovo-ryolitový typ vulkanizmu. Tento typ sa vyvíjal v zóne hrasti (Tokaj) – Milič – Zemplín – (Beregovo – Baia Mare), ktorá oddeľuje čiastkovú Transkarpatskú a Panónsku panvu panónskeho bazénu. Tento typ vulkanizmu na východnom Slovensku sa vyvíjal od vrchného bádenu do spodného panónu. Reprezentujú ho malé andezitové vulkány a efuzívne komplexy s hyaloklastitmi, extruzívne dómy andezitov a dacitov a intruzívne komplexy dioritových porfýrov. Miestami prevládajú kyslé vulkanity. Ide o orogénne vulkanity so vzťahom k zaoblúkovej extenzii (Kaličiak, Elečko a Konečný, 2008).

Výskyt minerálu mordenit sa viaže na dajkové teleso vystupujúce v priestore Pod záhradami. Na povrch vystupuje v bezmennej rokline na ploche 10 x 15 m. Jeho centrálnu časť tvorí felzitícko-sférolitický fluidálny ryolit s geodami a kavernami, ktorých steny sú pokryté tenkou kôrou chalcedónu. Odkrytá je okrajová sklovitá časť dajky s hrúbkou do 1 m. Sklo je perlitizované, s typickou perlitickou odlučnosťou.

V skle sú prítomné drobné elipsoidálno-geodovité útvary s veľkosťou do 2 mm až 5 mm, ojedinele do 1 cm. Zastúpenie geod v perlitizovanom skle je do 60 %, v priemere zhruba 35 %. Mordenit vypĺňajúci geody vystupuje v dvoch formách: jemnoihličkovito-plstnatá forma dominuje, hruboihličkovitá vejárovitá forma je zriedkavá. Obal geod z vnútornej strany tvorí mordenit a z periférnej strany zmes chalcedónu, ktorý miestami prevláda a vytvára vlastný obal. Draselný živec (adulár?) a bližšie neurčená silikátová hmota je v najtesnejšej vonkajšej vrstve na styku s perlitizovaným sklom.

Na základe konkrétnej geologickej situácie na lokalite predpokladáme, že mordenit vznikal za účasti hydrotermálnych procesov súvisiacich s intrúziou ryolitových telies v alkalickom až neutrálnom prostredí pri teplote v rozmedzí 80 – 120 °C.

A. OSLÍK: **Regionálne hodnotenie inžinierskogeologických pomerov v mapách**

Príspevok je zameraný na regionálne hodnotenie inžinierskogeologických pomerov v mapách. Sú zhodnotené a porovnané jednotlivé spôsoby zobrazovania inžinierskogeologických pomerov na mapách rôznych mierok, od najstarších spôsobov až po platnú smernicu MŽP SR 1/1996-3.2. na zostavovanie inžinierskogeologických máp.

V rámci mapovacích prác bola zostavená mapa inžinierskogeologických pomerov, mapa inžinierskogeologického rajónovania a mapa distribúcie zosuvov a dokumentačných bodov širšieho okolia Bardejova pomocou softvéru ArcViewGIS 3.2 (ako mapový podklad poslúžili mapové listy 28-13-15 a 28-13-20, M 1 : 10 000).

V závere je rozpracovaný ideový návrh na doplnenie platnej smernice č. 2/2000 o zásadách spracovania a odovzdávania úloh a projektov v Geografickom informačnom systéme pre potreby inžinierskej geológie, najmä vzhľadom na nové trendy používané pri vizualizácii inžinierskogeologických máp.

P. ONDREJKA: **Monitoring svahových deformácií a budovanie systému včasného varovania**

Monitoring svahových deformácií, vykonávaný v rámci riešenia úlohy *Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia SR* v podsystéme *01 – Zosuvy a iné svahové deformácie*, zabezpečuje relevantné informácie z území, ktoré sú postihnuté zosúvaním a plazením a ohrozené rútivými pohybmi. Celkovo sa takto na Slovensku monitoruje 30 lokalít. Najväčším počtom je zastúpená skupina zosúvania, ktorej sa vďaka viacerým celospoločensky významným lokalitám venuje zvýšená pozornosť.

Základné informácie o stave a vývoji stability hodnoteného územia možno získať z meraní hĺbky hladiny podzemnej vody. Okrem zaužívaného terénneho merania, najčastejšie v intervale jedného týždňa, pribudlo v poslednom období viacero automatických hladinomerov s hodinovou frekvenciou záznamu. V územiach s najvyšším celospoločenským významom sa vykonáva pozorovanie hladiny podzemnej vody v režime on-line.

Priame určenie veľkosti deformácie sa uskutočňuje meraním zmeny polohy geodetických bodov alebo veľkosti deformácie inklinometrickej pažnice pod povrchom terénu. Dosiaľ sa obe merania vykonávali raz ročne. Tento stav však nepostačoval požiadavkám kvalitného monitoringu pohybovej aktivity. Preto sa v roku 2007 zakúpila aparatúra GPS umožňujúca vysoko presné merania pozície sledovaného bodu, čo umožnilo zvýšiť počet meraní počas roka. Pri sledovaní pohybu na úrovni šmykovej plochy sa vďaka spolupráci s firmou Geoexperts, spol. s r. o., v súčasnosti overuje spôsob kontinuálneho zaznamenávania pohybovej aktivity.

Na základe získaných informácií sa vykonali viaceré analýzy, ktoré pomohli odhaliť závislosti medzi jednotlivými sledovanými faktormi. Veľká pozornosť sa venovala najmä analýze režimových ukazovateľov, najmä ich vplyvu na pohybovú aktivitu. V tejto súvislosti boli rozpracované viaceré metodické postupy na odvodenie kritickej (limitnej) hladiny podzemnej vody. Odvodené údaje sa zaslali terénnym pozorovateľom a tvoria bázu systému včasného varovania pred aktivizáciou zosuvného pohybu.

Na základe dlhodobého pozorovania režimových ukazovateľov sa zhodnotil vývoj stability vo viacerých zosuvných územiach.

S. MIKITA: **Skládky odpadu – potenciálny zdroj znečistenia podzemnej vody**

Kvalitatívna ochrana podzemnej vody musí riešiť široký okruh problémov spojených s jej negatívnym ovplyvňovaním. Jedným z týchto problémov v súčasnosti sú aj problematické skládky odpadu (tzv. environmentálne záťaže). Skládky odpadu ako špecifické zdroje znečistenia si vzhľadom na charakter a prejavy znečistenia vyžadujú osobitný prístup. Ako sa ukazuje zo skúseností s riešením konkrétnych vplyvov skládok odpadu na životné prostredie, je potrebné zaužívané prístupy neustále zlepšovať a v niektorých prípadoch dokonca navrhnúť aj ich zmeny.

Prejavy znečistenia zo skládok sú pomerne rozmanité, čo súvisí s množstvom a povahou faktorov, ktoré ich ovplyvňujú (napr. charakter kontaminantov, typ horninového prostredia, hydrogeologické pomery, geomorfológia, vonkajšie vplyvy). Medzi kontaminantmi zo skládky a prírodným prostredím vzniká množstvo interakcií závislých od priestorových a časových charakteristík. Od konkrétnych interakcií bude závisieť aj miera a dosah kontaminácie vodnej zložky prírodného prostredia, s ktorou sa spája vysoká požiadavka na jej dostatočnú ochranu.

Predpokladom úspešného riešenia konkrétnych situácií je mať optimálne informácie, ktoré je pritom potrebné získať čo najracionálnejšie.

Cieľom práce je podať také informácie a postupy, ktoré komplexne zohľadnia špecifiká vplyvov skládok odpadu na hydrosféru v prostredí Západných Karpát.

F. BOTTLIK: **Aplikácia algoritmu neurónových sietí pri riešení hydrogeologických problémov**

V dnešnej informačnej dobe je potrebné spracovať veľké množstvo informácií v čoraz kratšom čase. Z toho vyplýva nutnosť realizácie takého výpočtového modelu, ktorý z paralelne prichádzajúcich informácií dokáže vybrať užitočné a na základe týchto informácií predkladať optimálne riešenie vzniknutej situácie, prípadne predpovedať možnú nasledujúcu situáciu. Ľudský mozog, ktorý je zatiaľ najdokonalejším „nástrojom“ na spracovanie informácií, môže byť odpoveďou na tento zložitý problém. Vytvorenie umelého ľudského mozgu je veľmi ťažko riešiteľné. Tieto modely sa o to pokúšajú, a preto dostali názov neurónové siete.

Neurónová sieť je výpočtový model zostavený na základe abstrakcie vlastností biologických nervových systémov, ktorý má sklon k uchovávaniu experimentálnych znalostí a ich ďalšiemu využívaniu. V tých prípadoch, keď nepoznáme pravidlá, podľa ktorých by sme modelovali riešenie danej situácie, alebo tieto pravidlá sú veľmi zložité či neúplné, jednou z možností je použitie umelých neurónových sietí.

M. GREGOR: **Vývoj hydrogeologického balíka programov HydroOffice 1.6**

V súčasnosti môžeme sledovať rýchly vývoj v oblasti výpočtovej techniky. Tieto zmeny ovplyvňujú nielen spoločnosť, ale aj charakter a systém práce vo vedeckovýskumnej oblasti. Všetky dáta namerané v prírodných podmienkach zaznamenávame do rôznych databáz, pričom množstvo dát rastie exponenciálnym trendom. Preto do popredia vystupuje problematika rýchlej interpretácie veľkého množstva rozličných druhov dát. Na túto interpretáciu vzniká denne množstvo nových programov. V príspevku predstavujeme niekoľko programov, ktoré sme vytvorili pri riešení dizertačnej práce. Programy tvoria ucelený balík pod názvom HydroOffice 1.6. V programoch je možné spracúvať časové rady prietoku vodných tokov a výdatnosti prameňov. Programy sú určené na analýzu a hodnotenie hydrologického sucha. HydroOffice 1.6 je určený pre operačný systém MS Windows XP, Vista alebo Windows 7 a pracuje pod platformou MS.NET 2.0 Framework. Vďaka použitiu opísanej platformy je možné programy rýchlo importovať aj do 64-bitového prostredia, čo má veľký význam pre dlhodobé využívanie programov a výpočtovú rýchlosť zložitejších algoritmov. Napriek tomu, že sa programový balík skladá z viac než 60-tisíc riadkov kódu, na inštaláciu vyžaduje iba 10 MB. Programy obsahujú veľké množstvo funkcií a výsledky je možné jednoducho exportovať z programov do súborov najpoužívanejších formátov.

E. KOVÁČOVÁ and P. A. WHITE: **Groundwater catchment of individual springs in Ngongotaha and Waiowhiro surface catchments west of Lake Rotorua, North Island, New Zealand (Povodia podzemných vôd prameňov v okolí jazera Rotorua na Novom Zélande)**

Groundwater is important to the hydrology of the Lake Rotorua catchment located in the centre of North Island in New Zealand. Many springs are located in Nhongotaha and Waiowhiro surface catchment on the west side of Lake Rotorua. These springs discharge to streams that discharge to the lake, groundwater discharges direct to the lake. Groundwater recharges and discharges in the volcanic environment, primarily in Mamaku Ignimbrite and Rhyoloite dome of Mt. Ngongotaha.

This project aims to assess catchment areas of the many springs in the Ngongotaha and Waiowhiro catchments as a trial for a detailed assessment of all Rotorua spring catchments. The groundwater catchments of the large springs (Q = 300 L/s), and some small springs (Q = 1 L/s), have been identified by water balance modelling and groundwater quality modelling. Major data used to determine catchment areas are GIS rainfall model, average flow of springs (L/s), average rainfall recharge into groundwater (50 % of rainfall). Groundwater catchment was estimated for 50 springs. Flow in many of these springs can be supported by land immediately around the springs. Groups of large springs (Q = 238 L/s) require a relatively large catchment to support their flow – these springs may require a catchment outside the Ngongotaha and Waiowhiro surface catchment (from adjacent surface catchments). The land of Ngongotaha surface catchment is mostly sufficient to support baseflow but may also recharge groundwater from surrounding Waiteti surface catchment. The land area of the Waiowhiro catchment is not sufficient to support flow from Fairy, Rainbow and McRae springs. Therefore land in the surrounding Ngongotaha and Utuhina surface catchment may be required to support baseflow in these springs.

The project confirmed the hypothesis that Ngongotaha and Utuhina catchment is recharging most yielded springs (Fairy, Rainbow and McRae Spring with ΣQ = 370 L/s) in Waiowhiro catchment.

K. KRÁLOVIČOVÁ: **Príprava mapových podkladov pre mapový server ŠGÚDŠ**

Jedným z výstupov projektu GeoIS je prezentácia a poskytovanie geologických, predovšetkým mapových údajov prostredníctvom mapového servera ŠGÚDŠ. Tento mapový server je založený na technológii ArcGis Server 9.3 a príslušné dáta sa ukladajú do prostredia relačnej databázy Oracle. Tieto technológie definuje technologický postup. Mapové podklady pripravujeme v prostredí ArcInfo a ukladáme do personálnych geodatabáz.

Geodatabáza je vektorový formát implementujúci geodatabázový dátový model. Uchováva bodové, líniové a plošné prvky v relačnom databázovom systéme. Každá trieda prvkov geodatabázy môže uchovávať iba prvky jedného geometrického typu, pokiaľ však jednotlivé triedy prvkov majú rovnaký súradnicový systém, je možné ich zoskupovať do datasetov. Niektoré triedy prvkov vytvárajú geometrickú sieť, pomocou ktorej je možné modelovať spojitosť medzi prvkami.

Jedným z okruhov geologických údajov definovaných v projekte sú hydrogeologické a hydrogeochemické mapy v M 1 : 50 000. Dňa 15. 4. 2009 boli na mapovom serveri sprístupnené mapy 9 regiónov Slovenska. Dodané mapové podklady boli spracované prevažne

v programe MapInfo. Predmetom doterajšieho spracovania boli polygónové dáta. Pri spracovaní máp sme použili dostupné prevodníky. Hranice polygónov sme zosúladili s digitálnou geologickou mapou v M 1 : 50 000, ktorá je prístupná na mapovom serveri. Z dostupných vrstiev daných regiónov sme vytvárali personálnu geodatabázu, v ktorej sme dáta upravovali. K jednotlivým vrstvám sme priraďovali štýly a údaje sme vizualizovali v súlade s dodaným grafickým podkladom.

Mapy sa spracúvali v rôznych časových obdobiach a našou snahou je urobiť ich jednotnú vizualizáciu pri zachovaní jednotnej štruktúry.

Postup týchto prác po odbornej stránke koordinujú príslušní garanti za dané údajové oblasti. Plne zodpovedá cieľom a výstupom tak, ako sú definované v projekte GeoIS.

M. KIRIPOLSKÁ: **Register ložísk Geofondu – činnosť spojená s budovaním registra**

Evidencia spojená s budovaním registra ložísk vyplýva zo zákona č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) v znení neskorších predpisov a zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení zákona 515/2008 Z. z., ktorým sa menia a dopĺňajú niektoré zákony v oblasti starostlivosti o životné prostredie v súvislosti so zavedením meny euro v Slovenskej republike, a vyhlášky č. 51/2008, ktorou sa vykonáva geologický zákon.

Register tvoria 3 subregistre: subregister výhradných ložísk, subregister ložísk nevyhradených nerastov a subregister prognóznych zdrojov. Legislatívne sú ložiská vyhradených nerastov začlenené pod § 3 zákona č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva (banský zákon) v znení neskorších predpisov. Ložiská nevyhradených nerastov sú podľa § 7 súčasťou pozemku.

V registri ložísk Geofondu sa okrem evidencie organizácií s príslušným banským oprávnením eviduje a zabezpečuje ochrana 146 nevyužívaných výhradných ložísk a 137 nevyužívaných ložísk nevyhradených nerastov, ktoré spravuje ŠGÚDŠ. Evidencia sa vedie v elektronickej forme (databáza MS Access, MS Excel, ArcGIS, ver. 9.2) a v písomnej forme (pasporty, analógové mapy 1 : 25 000). Popri evidencii využívaných výhradných a nevýhradných ložísk sa zostavuje bilancia zásob výhradných ložísk Slovenskej republiky a evidencia ložísk nevyhradených nerastov Slovenskej republiky, vždy za predchádzajúci kalendárny rok. Každoročnému zostavovaniu bilancií predchádza komunikácia a koordinácia s obvodnými banskými úradmi a Ministerstvom životného prostredia a samotné vyplnenie výkazov o stave a zmenách zásob výhradných ložísk a ložísk nevyhradených nerastov organizáciami, ktoré majú podľa § 24 zákona č. 44/1988 Zb. o ochrane a využití nerastného bohatstva oprávnenie na dobývanie výhradného ložiska, alebo majú výhradné ložisko v evidencii a ochrane. Dôležitá je aj evidencia (tvorba a aktualizácia) v ArcGIS, ktorá je veľmi prehľadná a podáva obraz o stave a rozmiestnení legislatívnych ložísk. S činnosťou spojenou s budovaním registra súvisí aj podávanie informácií o výskyte a stave ložísk SR a tvorba návrhov na odpis zásob výhradných ložísk podľa § 14a zákona č. 44/1988 Zb. návrhov na určenie zmeny a zrušenie chráneného ložiskového územia (CHLÚ) ložísk, ktoré sú v evidencii ŠGÚDŠ.

S. ŠOLTÉS: **Register starých banských diel – história, súčasnosť a možnosti jeho rozvoja**

Od roku 1981 sa budoval v Geofonde register vydobytých priestorov, ktorý bol predchodcom registra starých banských diel (SBD). V roku 1989 sa tento register rozšíril o SBD, ktoré boli zo začiatku excerpované iba z archívnych údajov. V rokoch 1992 – 1996 sa riešila úloha *Slovensko – návrh sanácie starých banských diel – inventarizácia*. Jej hlavným riešiteľom bol Geologický prieskum, š. p., Spišská Nová Ves a spoluriešiteľom Geofond Bratislava. Údaje získané počas tejto úlohy sú dodnes nosným prvkom registra SBD.

Register SBD v súčasnosti pozostáva z údajov o štôlňach, šachtách, haldách, odkaliskách a iných SBD v záznamových listoch prevedených do databázy Access z údajov v ArcGIS a v analógových mapách 1 : 10 000.

Ďalšie SBD pridávané do registra pochádzajú najmä z archívnych správ a máp archivovaných v Geofonde a Štátnom ústrednom banskom archíve Banská Štiavnica. Do apríla 2009 bolo v registri 16 763 objektov (z toho 1 252 líniových a ostatné bodové). Za obdobie od skončenia úlohy (1997 – 2008) pribudlo do registra okolo 150 SBD. Do apríla roku 2009 pribudlo približne 180 SBD.

Za hlavné nedostatky súčasného registra SBD považujeme vierohodnosť umiestnenia SBD (zakresľovanie diel do máp 1 : 10 000 v teréne, prípadne z archívnych máp) a nevhodne zvolenú metodiku pri zadávaní úlohy Inventarizácia..., kde neboli zahrnuté územia s určenými dobývacími priestormi (DP). Nedostatkom je aj prevažujúce bodové vyjadrenie SBD na povrchu a minimum líniových prvkov (chýba priestorový priebeh banského diela pod povrchom s overeným žilným systémom), nesledovanie chemického zloženia vôd v SBD a celkovo aj spracovanie registra, ktoré nezodpovedá súčasným informačným možnostiam.

V súčasnosti prebieha analýza stavu registra SBD po odbornej, ako aj po technickej stránke a pripravuje sa návrh zlepšení a modernizácie registra – geodatabáza. Prebieha analýza stavu SBD v určených DP priestoroch s ohľadom na obdobie riešenia (rok 1996) a čiastočné doplnenie SBD v DP Banská Štiavnica a DP Pezinok, sčasti aj DP Kremnica z výsledkov skončených úloh. V prípade ostatných DP sa pripravuje návrh riešenia a jeho následné prenesenie do praxe. Pripravuje sa návrh novej štruktúry dátového, a najmä priestorového modelu a jej zavedenie do praxe spracovaním vybraného regiónu (Banská Štiavnica) novou metodikou a v prípade úspešného zavedenia pokus o získanie dlhodobého projektu na modernizáciu registra SBD.

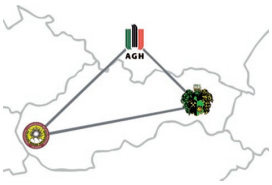
K. KOBLIŠKOVÁ: **Knižnica ako brána k informáciám**

Povinnosť vykonávať funkciu Ústrednej geologickej knižnice má ŠGÚDŠ zakotvenú vo svojom štatúte a táto povinnosť mu vyplýva aj zo zákona č. 569 o geologických prácach (geologický zákon), ktorý nadobudol účinnosť 1. 1. 2008 (§ 36, písm. v, odst. 11).

Poslanie a úlohy Ústrednej geologickej knižnice sú podrobnejšie špecifikované v *Koncepcii geologického výskumu a prieskumu územia SR na roky 2007 – 2011 (s výhľadom do roku 2015)*, ktorá bola schválená vládou SR ako uznesenie vlády SR č. 1 001 z 28. novembra 2007. Samozrejme, neodmysliteľným základom existencie a fungovania ktorejkoľvek knižnice je v súčasnosti platný zákon č. 183/2000 Z. z. o knižniciach a naň nadväzujúce ďalšie právne predpisy. V zmysle týchto dokumentov je Ústredná geologická knižnica informačným strediskom a špecializovanou knižnicou s celoštátnou pôsobnosťou so zameraním na oblasť geológie a ďalších geovedných disciplín. V súčasnosti je najlepšie vybavenou geologickou knižnicou na Slovensku, ktorej služby výrazne presahujú rámec ŠGÚDŠ. Slúži celej geologickej komunite na Slovensku.

Hlavné úlohy Ústrednej geologickej knižnice SR sú systematické budovanie knižničného fondu a sprístupňovanie tohto fondu odbornej verejnosti. Pod systematickým budovaním knižničného fondu rozumieme ***získavanie, spracúvanie a uchovávanie knižničného fondu a poskytovanie výstupov z tohto fondu vo forme služieb***. Všetky spomenuté činnosti tvoria zároveň jednotlivé subsystémy systému knižnice. Každý z týchto subsystémov vyžaduje na svoju realizáciu špecifické prostriedky, a to personálne a kvalifikačné predpoklady a technické prostriedky. V súčasnosti, keď vývoj technických, technologických a komunikačných prostriedkov napreduje veľkou rýchlosťou, najviac sa venujeme práve otázkam automatizácie jednotlivých subsystémov a vôbec všetkých procesov v knižnici. Nie však samoúčelne, ale preto, aby automatizované rutinné činnosti vytvorili priestor na tvorivejšiu prácu s dokumentmi – na ich analýzu, popisovanie a zaraďovanie, teda vecné spracovanie. Cieľom je takto korektne spracované dokumenty ponúknuť odbornej verejnosti, a to buď prostredníctvom nášho webového katalógu, alebo vo forme komplexne spracovanej geologickej bibliografie SR.

Herlandia 2009



10th International conference of young geologists

Medzinárodná konferencia mladých geológov, 10. ročník

Herľany 2. – 4. 4. 2009

M. Kováčová, J. Kondela, B. Chalupová, Ľ. Štrba, L. Vizi, L. Zahradník, M. Gregáňová and J. Bazarnik

Abstract: *The 10th International conference of young geologists was held in the former spa resort Herľany (Eastern Slovakia) on 2. – 4. April 2009. During two days of lecturing 71 contributions were presented in several thematic blocks. Participants were informed also about the recently solved EUROCORES project VAMP (Vertical Anatolian Movement Project) researched in Central Anatolia, as well as about expedition Nepal – Tibet 2007. Excursion, accompanying the conference, led through the opal-bearing locality Dubník in Neogene volcanic sequences and so-called Zemplín Island with anthracite mine Malá Tŕňa, neighbouring the Slovak part of Tokaj area. The article reports the event and principal presentations.*

On 2. – 4. April 2009, the 10th anniversary International conference of young geologists was held in the former spa resort Herľany, now in the place of the Training Center of the Technical University of Košice. It was organized under the auspices of the Faculty BERG of Technical University in Košice, Faculty of Natural Sciences of Comenius University in Bratislava and the AGH University of Sciences and Technology in Cracow, as well as the scientific guarantee by Prof. Ing. Tibor Sasvári, CSc., Prof. RNDr. Dušan Plašienka, DrSc. and Dr. hab. Anna Świerczewska. Logistics for the conference was traditionally provided by the members of Geological Club. The attractiveness of the event was magnified by 10 – 15 meter high geyser eruption (water temperature 14 – 18 °C), which some participants saw 3 times during the 10th anniversary year of the conference.

The imaginary Slavic Triangle, deliberately non-respecting national boundaries, is an expression of the principal philosophy of this event and achieving of the main objective as well as the

V termíne 2. – 4. apríla 2009 sa v bývalom kúpeľnom areáli v Herľanoch, v súčasnosti priestoroch školiaceho strediska Technickej Univerzity Košice, uskutočnil jubilejný 10. ročník *Medzinárodnej konferencie mladých geológov*. Uskutočnila sa pod inštitucionálnou záštitou Fakulty BERG TU v Košiciach, Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave a Akademie Gorničo--Hutničej v Krakove, ako aj pod odbornou garanciou prof. Ing. Tibora Sasváriho, CSc., prof. RNDr. Dušana Plašienku, DrSc., a Dr. hab. Anne Świerczewskej. Výkonnú organizačnú zložku podujatia už tradične zabezpečovali členovia Geologického klubu. Atraktivitu tohto podujatia podčiarkoval 10 – 15--metrovou erupciou studený Herliansky gejzír (teplota vody 14 – 18 °C), ktorú niektorí šťastlivci mali možnosť vidieť až 3-krát počas trvania 10. jubilejného ročníka konferencie.

Imaginárny slovanský trojuholník, zámerne nerešpektujúci štátne hranice, je výstižným vyjadrením základnej filozofie podujatia a zároveň dosiahnutím hlavného cieľa a realizácie

implementation of ideas of the founders of the conference. Mutual communication, especially in the native language, repeatedly allowed to form the space for the language stress-free diploma theses presentation, or even the first particular results of scientific work of young adepts of geo-sciences disciplines.

Initiation ceremony was taken on behalf of scientific guarantee by Prof. Ing. Tibor Sasvári, CSc. Following his introductory words, the conference gradually started to fulfil its program. During first two days 71 contributions were presented in several thematic blocks. During the first "evening dinner discussion" and presentation of photographs, the participants were informed about the recently solved EUROCORES project VAMP (Vertical Anatolian Movement Project) with a research territory in Central Anatolia, being held by the PriF UK Bratislava. During the next evening the members of the Geological Club (Kováčová, Chalupová, Zahradník and Gregáňová) presented tourist experiences and rich photographic documentation of the Expedition Nepal – Tibet 2007.

The last day of the conference was traditionally devoted to excursion. The excursion route led through locality Dubník, where we unfortunately did not have the opportunity to visit the opal mine, but the nearby nature trail, passing the old mine works was an interesting alternative. Next route to "Zemplín island" had two reasons. This first was visiting the old mining dump of anthracite mine at the village Malá Tŕňa, and introducing the geological unit Zemplinicum. The second reason was traditionally focused on the wine region Tokaj, and especially the wine producers "u Macíkovcov". The wine grower Mrs. Macíková presented during degustation the Tokaj wines from their production and participants became familiar with the atmosphere of the Tokaj wine micro-region.

The popularity of the series of international conferences of young geologists in Herľany increases each year owing also to the pleasant and friendly atmosphere. Even now the organizers are looking forward to the 11th continuation in Modra-Harmónia.

See you in Herlandia 2010!

myšlienky zakladateľov konferencie. Vzájomnou komunikáciou najmä v rodnej reči sa nám darí opakovane vytvárať jazykovo bezstresový priestor na prezentáciu diplomových prác, ba dokonca prvotín výsledkov samostatnej vedeckej práce mladých adeptov geovedných disciplín.

Slávnostného otvorenia sa ujal v mene garantov prof. Ing. Tibor Sasvári, CSc. Po jeho úvodných slovách sa začal postupne napĺňať harmonogram konferencie. Počas prvých dvoch dní odznelo 71 príspevkov rozčlenených na tematické bloky. V rámci prvého diskusného večera a prezentácie fotografií sa účastníci oboznámili s aktuálne riešeným EUROCORES projektom VAMP (Vertical Anatolian Movement Project) s výskumným územím v Centrálnej Anatólii, do ktorého je zapojená PriF UK v Bratislave. Počas nasledujúceho večera sa prezentovali členovia Geologického klubu (Kováčová, Chalupová, Zahradník a Gregáňová) cestovateľskými zážitkami a bohatou fotografickou dokumentáciou z Expedície Nepál – Tibet 2007.

Posledný deň konferencie bol tradične venovaný exkurzii. Exkurzná trasa viedla cez Dubník, kde sme, bohužiaľ, nemali možnosť navštíviť opálovú baňu. Zaujímavou alternatívou bol však prechod po blízkom náučnom chodníku míňajúcom staré banské diela. Presun na „Zemplínsky ostrov" mal hneď dva dôvody. Prvým dôvodom bola návšteva haldy pri starej antracitovej bani v katastri obce Malá Tŕňa, ako aj samotné zemplinikum, ktorého geologický fenomén sme sa snažili priblížiť účastníkom konferencie. Druhým dôvodom bola už tradične enologicky zameraná tokajská *„logalita"* u Macíkovcov. Riadenou degustáciou nám pani Macíková predstavila tokajské vína z ich produkcie a priblížila atmosféru tokajského vinárskeho mikroregiónu.

Obľúbenosť medzinárodnej konferencie mladých geológov v Herľanoch z roka na rok rastie aj vďaka príjemnej a priateľskej atmosfére. Už teraz sa organizátori tešia na jej 11. ročník v Modre-Harmónii.

Dovidenia v Herlandii 2010!

R. ARDON: **Miocene sharks from the surround of Veľký Krtíš**

Geological Institute, SAS, Bratislava, Slovakia

In localities surrounding Veľký Krtíš, Horné Strháre, Horné Príbelce and Stredné Plachtince twenty one taxa of selachian teeth have been recovered and described altogether: *Hexanchus* sp., *Notorhynchus primigenius*, *Carcharias* sp., *Carcharias cuspidatus*, *Odontaspis acutissimus*, *Mitsukurina lineate*, *Lamna* sp., *Isurus* sp., *Isurus hastalis*, *Isurus retroflexus*, *Carcharocles megalodon*, *Triaenodon* sp., *Triaenodon* cf. *obesus*, *Otodus* sp., *Otodus* cf. *minor*, *Scyliorhinus* sp., *Carcharhinus* sp., *Carcharhinus similis*, *Galeocerdo* sp., *Galeocerdo aduncus*, *Physogaleus singularis*, some rests of *Aetobatus* sp. and some rests of angular fish (Osteichthyes) – *Sparidae*. The sharks assemblage includes pelagic and also benthic species.

The article is based on the contemplation and interpretation of sedimentological storage attitude, and together with the described taxons provides the summary about the environmental, paleoecological, paleoclimatological and paleogeographical conditions.

Locality Horné Strháre represents the most famous Slovak locality, and perhaps one of localities of the world paleontological importance with the appearance of the taxa *Carcharocles megalodon*.

Right selachian represent the majority of found fossil rests.

A. BÁGELOVÁ: **A GIS based model of geothermal structure in the Poprad Basin**

Department of Hydrogeology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The Poprad basin is one of the perspective areas in terms of the resources of geothermal energy. Effective exploitation and use of geothermal resources is dependent on their quantitative assessment. One of the possibilities of geothermal structure quantitative evaluation is the establishing of the groundwater flow model. The first step in the modeling protocol is to formulate a conceptual model of the system. The purpose of building a conceptual model is to simplify the field parameters and to organize the associated field data so that the system can by analysed more easily.

This contribution presents data preparation for groundwater flow model (conceptual model) based on GIS project. Required data for the modeling are the geological data such as the geological formations and tectonics, the hydrogeological data including aquifer parameters, overlying and underlying layers and boundary conditions. Complementary data, as existing wells location will be included in the model, too.

The result of the work is a conceptual model converted to shape files using the GIS software (digitizing feature) which is the basis for groundwater modeling in studied area.

Acknowledgement. The research was supported by the VEGA grant No. 1/0333/09.

M. BAZARNIK[1, 2], R. DULA[3], K. BAHRANOWSKI[2] and J. BAZARNIK[4]: **Copper centres supported on Al-containing mesoporous silica: FSM-16 – preliminary results**

[1]Faculty of Civil Engineering, Cracow University, Cracow, Poland
[2]Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland
[3]Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland
[4]Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland

Mesoporous silicas (FSM-16) derived from a layered polysilicate kanemite possess a regular, mesoporous structure with high specific surface areas. They are potentially available for many applications as adsorbents, catalysts and catalyst supports. However, purely siliceous materials have neutral framework, which limits their applications. As in the case of zeolites, it is possible to modify the nature of the framework by introducing heteroatoms to provide molecular sieves with potential of catalytic applications.

The properties of Al-substituted mesoporous FSM-16 silica modified with Cu ions have been investigated. Al was introduced into FSM-16 by means of direct and postsynthesis method at Si/Al ratio values 20. Cu ($^{2+}$) cations were inserted in a one step cation exchange process using 0.5 M $Cu(NO_3)_2x3H_2O$ aqueous solution. The products were centrifuged, washed free of nitrate ions, dried and calcined at 500 °C. The EPR spectra of calcined copper doped FSM-16 materials, recorded at 77K, exhibit an axial signal with resolved hyperfine structure. The spin Hamiltonian parameters are similar for both types of supports: g(parallel) = 2.232, A(parallel) = 132 G, g(perpendicular) = 2.085 (for directly aluminated support), g(parallel) = 2.330, A(parallel) = 134 G, g(perpendicular) = 2.085 (for postsynthesis aluminated support). The character of the EPR signals shows that on both supports copper exists in the form of similar, well dispersed, isolated Cu ($^{2+}$) species.

P. BOŽĘCKI: **Chosen heavy metals in natural environment in Wielka Wieś commune (Southern Poland)**

Department of Mineralogy, Petrography and Geochemistry, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

The main aim of this work was an evaluation of natural environment in commune Wielka Wieś by determination concentration levels of chosen heavy metals. This commune is bordering with Cracow from the south. A total area of this commune is equal about 48.1 km^2 and it is protected (in a many different ways) because of its great natural value. This work is a part of an extended project encompassing an evaluation of natural environment in all bordering Cracow communes.

The area of this commune was divided into 32 squares. Each square had an area equal to 2.12 km^2. During field work the samples of soils and vegetables (cabbage, carrot) ware collected in each square. In all samples after drying and extraction in nitric acid the concentration level of chosen heavy metals was quantified by Atomic Absorption Spectroscopy. Heavy metals were chosen with regard to specific pollution emitted from nearby Industrial Districts (Olkuski Industrial District, Górnośląski Industrial District, Cracovian agglomeration) as well as their toxicity.

Calculated statistical data are presented in the table. Analyses show a considerable variation of the concentration of harmful elements, but extremely high values are of incidental character and can be related to the point contamination of soils. The distribution of the elements reveals a distinct influence of emissions spreading from the areas of Olkusz, Cracow, and also along the main transport routes.

Fig. 1. Sketch-map of studied area.

Tab. 1
Statistical description of concentration level in S – soil, Car – carrot and Cad – cabbage

Parameter	Concentration level (ppm)								
	Zn			Pb			Cd		
	S	Car	Cab	S	Car	Cab	S	Car	Cab
max	180.39	79.34	209.80	50.91	5.45	7.27	4.55	9.09	2.84
min	95.53	18.36	15.20	18.18	0.00	0.00	1.70	0.57	0.00
average	136.72	39.57	46.26	35.81	1.93	2.27	2.96	3.64	0.80
median	140.72	36.81	35.53	36.36	1.82	1.82	2.84	3.13	0.57

Parameter	Concentration level (ppm)								
	Cu			Cr			Ni		
	S	Car	Cab	S	Car	Cab	S	Car	Cab
max	21.67	9.44	3.89	12.50	0.00	0.00	20.83	6.25	4.17
min	3.89	2.22	0.00	0.00	0.00	0.00	4.17	0.00	0.00
average	10.79	4.43	1.84	4.92	0.00	0.00	12.63	2.34	2.54
median	10.56	4.44	1.67	5.00	0.00	0.00	12.50	2.08	2.08

M. BRČEK: **Monitoring of the temperature–moisture regime in Spiš Castle rock massif**

Department of Engineering Geology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Various modelling methods are widely used in engineering geology, predominantly based on analysing of the interaction of mass environment with different kinds of retaining walls, slope stability assessment, forecasting behaviour of mass environment due to the degradation processes, etc. The main goal of the presented contribution is to deal with research in the field of radius of temperature for moisture gradient in the mass environment. Both factors are most interesting in a process of degradation and progressive loosening of rock massif.

Temperature records from Perun´s rock at Spiš Castle, recorded by temperature sensors, build in various depth of travertine body; have been used for the study of temperature field behaviour in the rock massif. For the investigation of the temperature variation in surface zones of the Earth crust there is necessary to provide their modelling of penetration in various time periods (daily, monthly, yearly, etc.). Important is the fact that temperature variations are periodical, and then temperature ***t*** and depth ***z*** defined by heat conductivity equation shows the spatial trend of temperature wave, in our case in rock mass. Based on obtained values there is possible accurately construct the temperature wave trend in time and space and consequently to read periodically the shift phases based on the temperature variation.

Four hot balls probes had been installed in various depths (10 cm, 40 cm, 80 cm and 150 cm) in travertine body to assess rock moisture. For moisture regime analysing the comparison of data between individual depths is necessary. Increased variability $\boldsymbol{q/T_m}$ ($W \cdot K^{-1}$) values pointed to direct relation of the temperature variation as well as atmospheric rainfall, which depend on climatic conditions (Fig. 1). With increased depth, the consistent retardation and consolidation of mentioned parameters effect.

Acquired observations revealed underestimated influence of temperature and moisture as factors inexpressively and vaguely destructing the appearance of the rock mass.

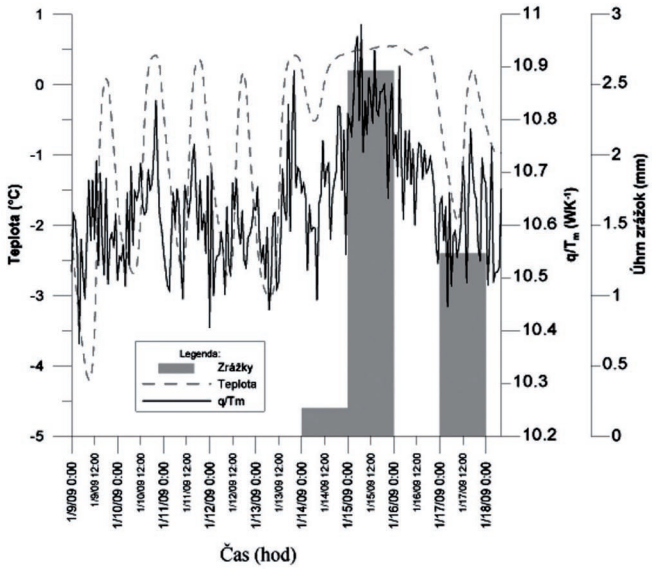


Fig. 1. Relation of the temperature process and parameter q/T_m in dependency of daily precipitation for depth 10 cm.

J. BUČOVÁ, M. MATEJOVÁ and P. GAŽI: **Reconstruction of paleostress fields of selected localities in the western part of the Pieniny Klippen Belt**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The results of paleostress analysis of two localities in the western part of the Pieniny Klippen Belt (PKB): Žilina – Strážov and Červený Kameň are presented. First measured locality was represented by temporary artificial outcrops along the newly-constructed motorway D3 between the villages Strážov and Horný Hričov. Exposed sediments belong to two PKB units: the Kysuca and Klape Units. They are of Middle-Late Cretaceous age and were strongly folded with the NE – SW trending fold axis. The second locality – Červený Kameň (the Červený Kameň Klippen area, Ilava District) was mainly formed by carbonates of two PKB units: the Kysuca and Czorsztyn Units and of the flysch sediments of the Javorina Member of Campanian – Maastrichtian age (Flysch Belt). We focused primarily on the brittle structures – faults. We have employed the program Win_Tensor for the computation of stresses and the separation of the faults to homogenous groups. The interactions of the faults observed in the field were used for determination of the time succession of these groups.

The first studied area experienced a complex deformational history, where the strike-slip faults dominated (predominantly dextral faults, in some of them the offset of several meters was observed). These faults resulted from transtension as the oldest tectonic event (compression rotated from E – W to the NW – SE direction) and are represented by strike-slips and normal faults. After transtension, the considerable change of the tectonic regime occurred – the commencement of transpression by NNW – SSE compression (prevalence of strike--slips a reverse faults). The last record of transpression relates with NE – SW compression. The subsequent faulting (the youngest event) was a result of NW – SE oriented extension, during which the listric normal faults were formed.

The Červený Kameň area was overprinted by several deformational phases. The oldest one was transpression, well preserved also in the rocks of the Flysch Belt. This event was accompanied with the formation of strike-slip faults (mainly right-lateral faults) and rarely by reverse faults. The σ_1 axis was oriented in the E – W direction. Transpression continued also during WNW – ESE compression; except the strike-slips and rare normal faults, the reverse faults were mainly formed. This adumbrated the change of the tectonic regime: from transpression (E – W to the WNW – ESE oriented σ_1 axis) to the compression regime with NW – SE compression. Mainly NE – SW oriented reverse faults were formed; strike-slip faults were preserved occasionally. The next change of the tectonic regime occurred during younger NNE – SSW compression and perpendicularly oriented extension. Predominantly left-lateral and normal faults were formed as the result of transtension. On the contrary, mostly right-lateral and normal faults were created as the last record of transtension (the ENE – WSW oriented σ_1 axis). The last deformational phase is characterized by a number of conjugate normal faults and the NW – SE oriented σ_3 as a result of extensional tectonic regime.

The different tectonic history during the activity of similarly oriented compression axis of paleostress field in both localities confirms: 1) the complicated and dynamic tectonic evolution of the western part of the PKB, 2) the gradual migration of the compressive-transpression regime from SW to NE in the western part of the PBP.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-LPP-0225-06 and APVV-0465-06, and by Comenius University under the contracts No. UK/267/2007 and No. UK/297/2008.

B. BUKOWSKA-BELNIAK: **Surface of earth thermal imaging**

Department of Geoinformatics and Applied Computer Science, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

All objects emit infrared radiation (IR) based on their temperatures. Thermography allows seeing temperatures of environment and variations in temperature of the objects with or without visible illumination. Thermal images are recorded by thermographical cameras which detect infrared radiation. Thermography and thermal imaging have many uses, for example in: medicine, condition monitoring, and buildings isolation control.

Thermographical measurements can be used when variations in temperature occur and heat flow by object´s surfaces is observed. Thermal images can be recorded by portable thermographic cameras, which are localized in neighborhood of the object or in some distance (even a plane). Thermography is non-invasive method of measurements; it has no influence for measured object. There are a lot of externals, which could affect for ground measurements: atmospheric conditions, insolation, humidity, wind strength. Accurate temperature measurements are hindered by differing emissivities and reflections from other surfaces. Thermal images on the ground should be registered at night or in cloudy day without wind, rain and snow.

Thermographic cameras detect radiation in the infrared range of the electromagnetic spectrum (roughly 0.9 – 14 mm) and produce images of that radiation. Mostly, thermal imaging cameras use specialized focal plane arrays (FPAs) of sensors to record thermal images. Their resolution is considerably lower than of optical cameras – mostly about 320 x 240 pixels. Range of temperature which can be registered depends on particular model of thermal camera. Thermal image is a matrix of temperatures. It can be displayed as coloured image if a colour for each temperature is defined. The same thermal image looks different for different palettes of colours, so interpretation of colour thermal image is possible only when palette and range of temperatures are added. The image processing methods can be used for thermal images. Accuracy of measurements and resolution of thermal images decreases with the distance from observed surface.

Thermal images of the earth´s surface distinguish natural environment and the areas with human activity. Thermal images facilitate to show differences in soil and natural geological structure of a top layer of the ground. They can also present thermal changes under the ground, caused by thermal leaks, for example from heat distribution network. Contrast of these thermal images is very low, because of small differences in temperatures of registered surface. Thermography can also be used in vulcanology and thermal water localizations.

Acknowledgement. This work has been financially supported by Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, grant No. 11.11.140.561

I. CUPEROVÁ: **Sedimentological analysis of the Zlín Formation in the Svidník area, Rača unit, Outer Western Carpathians**

Department of Geosciences, Technical University, Košice, Slovakia

In the studied area the Zlín Formation (Middle–Upper Eocene) was localized in the quarries south of the town Svidník and also along the creek south of the village Nová Polianka and Olšava creek. In this formation 7 sandstone and 2 mudstone lithofacies were divided. Lithofacies A is the most frequently occurring lithofacies consisting of medium- and fine-grained massive amalgamated sandstones, locally containing dispersed clasts. The lithofacies B is composed of parallely laminated fine- and medium-grained sandstone. The lithofacies C comprises convoluted sandstones. The ripple-cross laminated sandstone represents the facies D. The lithofacies E is formed by trough cross-bedded sandstones and the lithofacies H consists of parallely laminated mudstones overlying the sandstones. The dykes are formed by fine- and medium-grained sandstones and usually they penetrate into mudstones perpendiculary to the bedding. They represent the lithofacies I. The sediments in the area were studied by sedimentological logging. According to the development of sediments the depositional environment of deep-marine turbidite system lobes was interpreted by our research as well as depositional environment of submarine slope. In these environments the association I consisting of Makovice sandstone was recognized. The association II starts at the base with claystone passing into several m thick layer of sandstone. The association III occurs in the uppermost part of the studied succession and again it is built by sandstones. The facial associations with the interpretation of the depositional environments give a good picture about the architecture of deep-marine sedimentary system. The lower part represents sediments of depositional lobes overlain by sediments of submarine slope that are again covered by sediments of proximal lobes. This succession shows oscillation of the system – progradation and retrogradation.

D. ČUNDERLÍKOVÁ: **Upper Liassic condensed facies of Manín unit in locality of Butkov, Western Carpathians**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Numerous Mesozoic pelagic sequences in Alpine-Mediterranean area are determined as condensed; they are characterized with small thickness of layers and high amount of fauna (Jenkyns, 1971).

Most common condensed horizon in Western Carpathians is Toarcian–Bajocian, which is extended in domain of Central and Internal Western Carpathians, mostly in Manin, Vysoká, Choč and Silica nappes.

In stratigraphy the youngest condensed horizons are located mostly in Manín nappe (Manín, Butkov and Kostelec); in Vysoká nappe (Valaská Belá, Čierna Lehota), but also in Czorsztyn succession of rocks (Vršatec).

Collected ammonite fauna of Toarcian in Butkov locality, Manín unit, is situated in condensed sediments. On the base of fossiliferous horizon a typical hardground is developed, being represented with rough surface and limonitic crusts. Shells are concentrated and covered by green film of glauconite and chlorite. It is evident from cuts, that glauconite is more common. Chlorite is only accessory or it is missing.

On Butkov locality this horizon is rich with well-preserved fossils and their fragments. Mixed fauna of fossils from different paleontological zones can be found here. Thickness of horizon is very low. I assume from this information, that there is stratigraphic condensation in this locality.

Presence of mixed fossil fauna of different age, as a criteria of stratigraphic condensation, is major in this horizon. Low speed of sedimentation and accumulation is assumed.

Characteristic signs of hardgrounds by Fürsich (1979) are (1) cementation, (2) corrosion with grain of sediments and (3) production of lithoclasts.

Rough and waved Fe-Mn crust covers the surface of hardgrounds. In cuts the alternation of light and dark irregular lamina of oncoidal–stromatoidal shape is well visible. By Rakús and Határ (1987) this can be referred to progressive growing and increasing of crust volume, as well as to partnership of organisms (maybe algae Cyanophyceae).

There was separated high amount of oncoids from washed samples, out of this horizon. They are more or less concentrical limonitic inlaid laminas, which could originate with cooperation of algae Cyanophyceae.

This Toarcian condensed hardground on Butkov is well engaged to the image of condensed facies of Western Carpathians. This hardground consists of all typical signs of similar horizons. This signs were elaborately described by Rakús and Határ in 1987.

Acknowledgement. Funding by the Grant UK G-08-178-00 and by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0465-06, is gratefully acknowledged.

D. DIMITROV[1], Y. SHNUKOV[2] and P. DIMITROV[1]: **Non-traditional resources from Black sea bottom and their possibilities to use as a complex raw material**

[1]Institute of Oceanology – BAS, Varna, Bulgaria
[2]Department of Marine Geology and Sedimentary Ore Formation, National Academy of Science of the Ukraine, Ukraine

The deep sea organogenic-mineral (sapropelic, diatomic and coccolithophoridic) sediments (DSOMS) of the Black Sea are built mainly of nanosized materials, which can find application in the modern nanotechnologies and new materials.

The first experiments, conducted independently by Ukrainian and Bulgarian researchers, on the raw material applied as a natural organic fertilizer show sharp improvement of the soil structure, alkalinity, the increase of moisture content, absorb the process of maturing and increases yields. The series of DSOMS experiments performed by experts from the Institute of Agriculture under the Ukrainian Agricultural Academy of Sciences on soils from the Polesie and on black earth wooded steppe of lands contaminated with radionuclides (up to 15 Ku/km^2), show that the amount of the imported fertilizers may be reduced 17 times and their efficiency increases by 20 – 30 %.

The practically unlimited stocks, the low cost estimates for this raw material in its application in the sphere of new materials and the use in nanotechnologies as well as the opportunities for application in agricultural technologies, ceramics, pharmacy, a food additives and other applications makes it a complex raw material for multiple purposes. Contacts will be established both with private companies and with the Organization for Black Sea Economic Cooperation (BSEC) to acquaint them with obtained know-how and to create partnerships supporting the introduction of the new materials and technologies. The project implementation will contribute to the development of the Institute of Oceanology under the Bulgarian Academy of Sciences and the State Science Institution "Department of Marine Geology and Sedimentary Ore Formation" of the National Academy of Science of Ukraine which will become a natural scientific centre in the sphere of new materials and marine resources.

The implementation of the project will allow the joint work on the evaluation of DSOMS deposits and the assessment of the opportunities to satisfy the needs of the industry of both countries with a multipurpose raw material still continue. This will lead to the renewal of the scientific and technical cooperation between these two countries in the sphere of research and utilization of Black Sea resources.

It can be expected that the development and introduction of DSOMS into the agricultural sector will lead to enhancement of the competitiveness of the scientific and technical potential of these two countries and creation of new science-intensive technologies leading to the release of new materials and products on the world market which will contribute for the significant improvement of the quality of life.

The Black Sea DSOMS are currently in a peat stage of their development. Because of the anoxic environment in which the sediments deposit, they do not pass the stage of complete decay and in semi-decayed state they are conserved in the hydrogen sulphide zone. Considering the fact that the sapropelic, diatomic and coccolithophoridic layers penetrate within each other and represent a comparatively homogeneous mixture, they will be discussed as a organogenic mineral raw material, in which the sapropels occupy about 80 % of the total volume. DSOMS are valuable not only for their organic matter but also for their carbonate component and the amorphous silicates. The mineral and organic parts contain micro-components: calcium, magnesium, iron, aluminum, manganese and some others; more than 20 micro-elements are contained in concentrations exceeding many times those in soils, thus being an important stimulant for the plants growth.

DSOMS are used as a complex fertilizer or as a component together with other mineral stimulants – perlite, zeolite. The sediments excel them in agro-technical properties. Sediments can be used directly in the soil in natural state without additional processing of the raw material. Other important advantages are:

– Unlimited supplies of raw material in the water area, which is located at depths of 200 to 2 200 m. The content of the organic matter increases with the increase of depth.

– The possible exploitation of the raw material will not have negative consequences on the marine environment. The industrial supplies are located at great depth within the hydrogen sulphide zone, in which life does not exist. The exploitation will have an ecologically positive effect that will influence, though slowly, the level of the hydrogen sulphide zone.

– The dying flora and fauna of the Black Sea serve as an initial substance for DSOMS. As a result of the activities of the anoxic bacteria, the dying flora and fauna pass the transformation process of animal and plant plankton and benthos and form biolithic-mineral substance with peculiar physic-mechanical and biogeochemical properties.

Acknowledgement. The research was covered by the Project No. 02 – 35 of the National Science Fund Ministry of Education and Science. Bulgaria – Ukraine. "Non-traditional resources from Black sea bottom and their possibilities to use as complex raw material".

D. DIMITROV, K. SLAVOVA and P. DIMITROV: **Ancient coastlines of the Black Sea and conditions for human presence**

Institute of Oceanology – BAS, Varna, Bulgaria

1. State of scientific research in Bulgaria in the relevant subject.

The subject of ancient coastlines of the Black Sea and the conditions for their habitation, also known as the theory of geo-catastrophic events in the newest history of the basin, is very topical and has triggered lots of discussions.

Convincing evidence was obtained at the beginning of the 1980s of the presence of an ancient coastline in the Black Sea, located at depths of 90 – 120 m and aged about 8 thousand years BP. It was also established that more than 8 000 years ago the Black Sea was a freshwater lake. The undisputable geological evidence for this, resulting from scientific research of the Institute of Oceanology, manifests catastrophic events that took place about 8 000 years ago. It is also complemented by archeological evidence.

– An old coastline of the basin, located at modern depths of 90 – 120 m and aged more than 8 000 years, was discovered.

– A direct consequence of the catastrophe was the formation of deep water organogenic – mineral sediments – sapropels on the Black Sea bed as a single and continuous horizon over a large area of the basin space about 7 500 years ago BP.

– The hydrogen sulphide contamination of the basin occurred about 7500 years ago BP.

– The presence of Neolithic and Eneolithic necropolises along the coast as well as the oldest crafted gold in the world (necropolis of Varna) is evidence of the human habitation of that region.

– Discovery of ruins of an ancient settlement and artifacts pointing to human presence along the old coasts in the valley of Paleo-Provadijska River.

– The genetic investigations show that an ancient human population originated in our lands and migrated about 7 800 years ago to Europe and Asia. The time of the settlement of these people in different places coincides with the time of the occurrence of the geo-catastrophic events in the Black Sea.

– The analyses of the spore and pollen spectra of the studied region show the presence of cereals during the mentioned period evidencing the beginning of agriculture in the region.

The above arguments allow us to presume that the areas of the ancient coasts were inhabited by people who laid the foundations of an ancient civilization.

2. Topicality of scientific problems in Bulgaria and Europe.

The Bulgarian and the European scientific communities were surprised by the theory of geo-catastrophic events in the Black Sea area. Their initial reaction was a complete rejection of the hypothesis,

however after the publishing of the book of the American geologists William Ryan and Walter Pitman "Noah´s flood" and later the book of the Bulgarian researchers P. Dimitrov and D. Dimitrov "The Black Sea, the Flood and the ancient myths" the turmoil calmed down. The arguments in favour of the theory were very convincing to be categorically rejected. Numerous expeditions were targetted to the Black Sea and the Mediterranean Sea areas to revise the theory. An international project IGCP-521 (UNESCO), uniting the efforts of European scientists, performed a critical analysis of the existing arguments in the theory of the geo-catastrophic events in the Black Sea. Unfortunately, apart from the Bulgarian-American expeditions performed in 2001 and 2002 to search for remains of ancient settlements and necropolises in the region of the old coasts under the NOAH Project, most expeditions intended to refute the existing geologic and oceanographic evidence of the geo-catastrophe in the Black Sea.

It should be taken into account that the new scientific discoveries are pioneering and their purpose is to change history and disprove the centuries-old ideas of the place of the most ancient human civilization.

The sites to be examined fall within the region of the paleo-valley of Provadijska River and Bay of Burgas. There are numerous rock banks which might be possible sites of ancient metallurgy and salt production. They are poorly studied at the present stage. Especially interesting is the Cocketrice sand bank which was probably formed over the centre of an ancient Neolithic settlement; Chimovo bank, from the surface of which was extracted copper slag – evidence of metallurgic activity. The implementation of this project will lead to a re-assessment of the role of Proto-Bulgarian and ancient European civilization in the world culture and heritage.

The foundations of a theory able to change the existing concepts of the most ancient human history and civilization, which originated along the banks of the ancient Pontic Lake will be laid using a complex of interdisciplinary research works in the sphere of oceanography, geology, geoarcheology, archeomythology and genetics.

Acknowledgement. The research was covered by the Project No. 02 – 337 of National Science Fund Ministry of Education and Science. "Ancient coastlines of the Black Sea and conditions for human presence".

A. DUŚ-PICHETA: **Is it possible to identify an external source of hot fluids in the Magura nappe (Outer Carpathians)?**

Department of Fossil Fuels, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

Intensity of calcite mineralization filling fractures in the sandstones of the Magura nappe (Outer Carpathians, Poland) shows considerable variation. It suggests that an extent of local remobilization and/or external supply of fluids into studied sandstone were different. Based on published data it seems that the local/external sources of fluids can be identified using illite-smectite indicator.

The mixed-layer illite-smectite (I/S) is useful as a paleo-temperature indicator due to its abundance in sedimentary rocks. However, only studies of I/S separated from claystones give good results concerning estimation of maximum paleotemperatures which affected rocks. In sandstones, degree of smectite to illite transformation is usually different than in adjoining claystones. In sandstones, it depends on composition of rocks as well as on fluid flow. Therefore, it seems that combination of petrographic and I/S diagenetic studies in claystones and sandstones may supply good data about fluid flow as well as about fluid temperature.

In the presented studies, petrographic study of sandstones in three exposures (Gruszowiec, Ropica Górna 1, Ropica Górna 2) was supplemented by chemical and X-ray diffraction analyses. The degree of the smectite to illite transformation was studied in claystones and sandstones based on clay fraction (< 0.2 μm).

The results of previous studies on I/S diagenesis in sampled exposures show that the rocks were subjected to diagenesis in the temperature range between 95 and 155 °C. Only at Gruszowiec, the illitization of the I/S is more advanced in claystones than in sandstones. The I/S from sandstones contains about 35 % S, whereas the smectite percentages in the I/S derived from claystones vary from 17 to 26 %.

The variation between smectite contents in I/S from claystones and sandstones collected in other exposures is insignificant. At Ropica Górna 1, the I/S from sandstones contains below 30 % S whereas I/S from claystones contains 33 % S. In the I/S from sandstones at Ropica Górna 2, smectite occurs above 40 % whereas the I/S from claystones contains 50 % S.

The above results do not clearly confirm an influence of hot fluids on I/S diagenesis in the studied sandstones.

Acknowledgement. The studies were supported by AGH University of Sciences and Technology, individual research grant 10.10.140.668.

M. DWORNIK and A. PIĘTA: **Ray tracing in inhomogeneous anisotropic 2D elastic medium**

Department of Geoinformatics and Applied Computer Science, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

Knowledge about seismic attributes is very important in coal mine exploitation. One of the methods to estimate these parameters is travel time tomography. Fundamental thing, necessary for inversion, is knowledge about rays paths of first breaks of P-wave.

In this paper method based on the sparse graph theory has been shown. Grid velocity model was used in 2D ray tracing algorithm. Constant velocity parameters inside each cell were assumed. Eclipse model of anisotropy was given by three parameters: v_x, v_y (velocities in orthogonal direction) and angle of rotation eclipse: φ (angle between v_x and axis OX).

Algorithm bases on the Fermat´s principle of the least time. In this case the shortest arrival time and source point coordinates were recorded. In order to increase precision of ray tracing, very dense computational grid was used. Arrival time of the P-wave was calculated among external walls of each cell. Nodes in vertex cell are called primary nodes, nodes on wall between primary nodes are called secondary. Increase number of secondary nodes caused decrease of relative error and increase in computational time and memory requirements of the ray tracing algorithm. One of the ways to overcome problem of time-consuming computationally intensive numerical algorithm is the application of the parallel computing environment. Parallelism was introduced into ray tracing for 2D time tomography problem by decomposition of the computation domain.

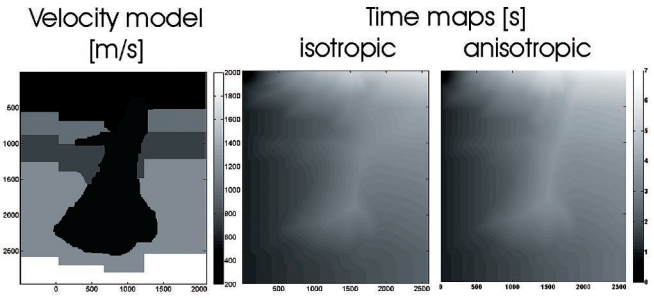


Fig. 1. The ray tracing: Estimated times of propagation for inhomogeneous isotropic (middle) and anisotropic (right) medium for velocity model (left). In anisotropic case it can be formulated: Vy = 0.75*Vx

Acknowledgement. This work has been financially supported by Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, grant No. 11.11.140.561.

A. FIGUŁA, T. BAJDA, M. MANECKI and A. KLESZCZEWSKA: **Application of modern glass fertilizers in Phosphate Induced Metal Stabilization (PIMS)**

Department of Mineralogy, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

PIMS (Phosphate Induced Metal Stabilization) is a method of immobilization of heavy metals in contaminated soils through formation of insoluble crystalline phases induced by phosphate amendments. To date, various sources of phosphate are used including apatite rock, phosphate fertilizers and bone meal. Recently, a new generation of phosphate fertilizer was introduced: a synthetic glass which slowly releases Ca, Mg, K and PO_4^{3-} into soils without the risk of eutrophization. In this study, the potential application of this fertilizer for PIMS was experimentally tested and quantified.

One gram of fertilizer was reacted with solutions containing Pb (initial concentration of 50 or 500 mg/L, pH range from 2 to 5) or Zn (initial concentration of 140 mg/L, pH range from 3 to 6). The concentration of both metals was lowered significantly. The drop of concentration is faster and more pronounced at lower pH. After one month [Pb] was lowered below the detection limit of AAS (0.05 mg/L) for initial [Pb] = 50 mg/L. Higher initial [Pb] was reduced to 352 mg/L at pH = 5. Contamination of Zn was reduced by 60 % for pH = 3 and by 10 % at pH = 6.

The removal of Pb and Zn ions from the solutions was associated with the formation of pyromorphite $Pb_5(PO_4)_3Cl$ and hopeite $Zn_3(PO_4)_2{\cdot}4H_2O$ which were identified with the use of XRD and SEM/EDS. The results suggest that this fertilizer can be efficiently used for PIMS.

Acknowledgement. This work was supported by research project founded by MNiSW: N N525 461236.

E. GREGOROVIČOVÁ and M. BANASOVÁ: **Associations of calcareous dinoflagellates from the Sarmatian sequences in the Jakubov area, Vienna Basin**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Low diverse associations of calcareous dinoflagellate cysts consisting mainly of taxa with an oblique ultrastructure are reported from Sarmatian (late Middle Miocene) coastal marine sediments. Samples were derived from the Skalica Formation of the Jakubov locality. Three boreholes J 64 A2, J 29 and JZ 46 were sampled. 12 samples were studied in details in order to bring information about their content of calcareous dinoflagellates.

The Skalica Formation is rich in fossil remnants: nannoplankton, planktonic and benthic foraminifers, molluscs, ostracods, fish skeletons and otholits, and also flora fragments and pollens. The age of sequence was determined by foraminiferal assemblages belonging to Porosonion granosum Zone and nannofossil local Zones (Kováč et al., 2006).

The study showed the dominance of morphotypes with an oblique ultrastructure of two types of needle-like crystallites and very thick layers of the cyst wall belonging to Pirumella genus. The following taxa are newly introduced: *Pirumella gigantea* n. sp., *Pirumella gigantea granulata* n. sp., dominating over *Pirumella edgari* and not so frequent forms of *Cylindratus*, *Posoniella*, *Calcicarpinum* genus.

Lithology, microfaunal and microfloral spectra determine the sedimentation in instable warm-water shallow marine (lagunal) environment (with maximum depth 15 m), with fluctuation of salinity and oxygen content. Obtained results and paleoecological interpretation based on calcareous dinoflagellate cysts distribution coincide very well not only with those shown by planktonic and benthic foraminifera, by also by nannoplankton.

A. HAVLÍN, D. HAVLÍN NOVÁKOVÁ and F. KONEČNÝ: **The impact of not detonated blasts of TNT in the geophysical prospecting boreholes in Halenkovice village**

Czech Geological Survey, Brno, Czech Republic

Within the frame of geophysical prospecting field work 31 boreholes located in two lines were drilled in the flysch sediments in Halenkovice village in October 2000. The maximal depth for the borehole was 26 m; using one 2 kg cartridge of trinitrotoluene (TNT) as a source of seismic signal. But the wells were not drilled in projected position and hence were not approved for further geophysical prospecting and the blasts were not allowed to detonate. Neither exact positions of the wells or petrographic profiles of wells were not recorded.

A possibility of ground water contamination by TNT from not detonated blasts exists in part of Halenkovice village, which is not connected to drinking supply line. Inhabitants are mainly using the ground water from their own wells.

The situation in Halenkovice village was discussed in risk analysis (Vacek et al., 2003, 2006). Monitoring of water solubility of TNT cartridge for the purpose of assessment of potential ground water contamination was realized by Mudruňková, Skládal and Kouba (2007). Hydrogeological investigation was not done and the basic hydrogeological features of the locality are unknown.

A monitoring of potential TNT contamination in ground water in Halenkovice village was realized by the Czech geological survey since 2007. 23 private wells were selected for quarterly analysis of ground water quality and 2 new exploration boreholes were drilled. These wells are periodically sampled for ground water and soil.

Content of TNT was under detection limit in all of the samples of ground water or soil hitherto. But some real risk assessment of ground water contamination will be possible to consider using the detailed rock medium study, such as saturated zone and possibility of TNT migration.

L. HLAVÁČOVÁ: **3D modelling of geothermal reservoirs: Case study from Subtatric Basin in Western Carpathians, Slovakia**

Department of Geosciences, Technical University, Košice, Slovakia

Renewable energy sources are domestic energy sources which help to increase safety of energy supply and diversification. Plus utilization of the renewable energy sources usually fulfils the conditions of environmental acceptability. The Slovak economy is 90 % dependent on imported energy sources; therefore utilization of this non-traditional renewable energy source is very significant. Geothermal energy is one of the options. Geothermal energy is a potential renewable energy source that should be taken into account by the Slovak government. To aid geothermal exploration 3D modelling is a very useful tool. The objective of research on the project was to model Poprad Basin and northern part of Hornád Basin in the Inner Carpathian system in Slovakia to assess future prospective geothermal areas. The model allowed the visualization of the different layers and surfaces of the studied area. 3D Model of the geothermal reservoir was made in modeling program Petrel Version 2008.1. It is program for subsurface interpretation and modelling. Program allows performing the workflows from seismic interpretation to reservoir simulation. Studied basin is considered as active geothermal area. The main aquifers are built by Triassic carbonates – dolomites and limestones of the Choč and Krížna nappes. On the base of seismic interpretation, the Choč nappe thicknesses from 200 to 1 100 m were found in the central part of Poprad Basin. Thicker nappe from 1 200 to 1 500 m was found in the eastern and southeastern parts of studied area. The average value of the temperature gradient reaches 32.6 – 34.5 °C/km and the average value of the heat flow density was estimated to 67 mW/m^2. Temperatures on the top of the Pre-Paleogene basement reach 50 – 85 °C. In this work we have also interpreted geological setting

of Gerlachov area, situated in the northwestern part of Poprad Basin. From geothermal point of view the Mesozoic units represented by Choč and Krížna nappes underlying Paleogene rocks are the most potential. Based on geologic composition of Choč nappe we can expect very good conditions for geothermal water reservoir. Krížna nappe has less positive conditions for geothermal waters exploitation. General discharge of groundwater in Choč nappe should be more than 22 $l \cdot s^{-1}$. Temperature in Choč nappe is between 35 and 45 °C.

M. HOFFMAN: **New information and methods of tectonics investigation in Malé Karpaty Mts.**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

In the Malé Karpaty Mts. we investigated faults and fault related rocks using methods of geomorphology, structural geology and petrotectonics. Analysing tectonic mirrors of faults of several directions by WinTensor software (Damien Delvaux, 2008) we have discovered directions of general paleostress axes. In the Kramáre locality located in the crystalline basement of Bratislava nappe we have calculated direction of σ_1 axis of ENE – WSW trend, specifically 70/7° and σ_3 was oriented to 169/46°. This is subhorizontal compression. The calculated extension using additional data was oriented NNW – SSE with σ_3 axes in 150/3° and σ_1 axis in 40/75°, representing subhorizontal extension. These compression and extension parameters were also observed at Čachtice locality (northern part of the Malé Karpaty Mts. – Čachtické Karpaty Mts.): stress axis σ_1 oriented to 4/80° and σ_3 axis oriented to 127/6° for extension to NNW – SSE. Axes for compression: axis σ_1 oriented to 249/1° and axis σ_3 to 340/43°. These localities were compared with data from localities Bystrička and Dubná skala in northern part of Lúčanská Malá Fatra Mts. and central part of Krivánska Malá Fatra Mts. where the direction of stress axes lightly differed. Shear zone with mylonites was revealed and its mylonites were investigated for understanding kinematics within the shear zones. The surface of shear mirrors we used for their descriptive characterization.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0158-06 and the Comenius University grant No. APVV-06-K 1198,111,01444,106,320, APVV-0279-07.

R. HOVORIČ, T. KLIMKO and B. LALINSKÁ: **Mineralogical study of mine tailings material from abandoned Sb deposit Medzibrod (Nízke Tatry Mts., Slovakia)**

Department of Mineralogy and Petrology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

In the second half of the 20th century, Sb deposits situated in the Nízke Tatry Mts. belonged among the main producers of antimony ores in the central Europe. Hydrothermal Sb mineralization was mined at the Medzibrod deposit mainly between 1941 – 1945 and finished in 1950. The ore was milled and Sb minerals were collected by flotation. The waste was then deposited in one tailing impoundment.

This study describes oxidation processes of sulphide minerals and mobility of Sb and As within the impoundment. The fine-grained material containing sulphides pyrite, arsenopyrite and stibnite is slowly weathering and releasing toxic elements into surface waters and watersheds and can have potential negative influence on aquatic environment and human health.

The ore minerals and their weathering products were studied in reflected polarized light microscope and consequently analysed by electron microprobe. Ore minerals demonstrate rims in oxidation zone, content of As in the rims of arsenopyrite varies from 16.73 wt.% to 20.56 wt.%, Sb up to 4.51 wt.%, exceeding Sb content in primary arsenopyrite (highest content – 0.65 wt.%). Secondary Sb oxides are the most abundant. We suppose that they are a product of stibnite oxidation. These oxides consist mainly of Sb_2O_5 (from 81.76 wt.% to 85.73 wt.%) with low As content (up to 1.01 wt.%). Fe oxides occur also frequently and can be divided into two types; content of Fe_2O_3 in the first one varies from 78.19 wt.% to 86.99 wt.%, contents of As & Sb are close to zero. There were observed also Fe-Sb-As secondary phases where the content of Fe dominates and varies from 24.36 wt.% to 47.56 wt.%. This phase contains Sb up to 26.00 wt.% and As up to 32.28 wt.%.

A large amount of carbonates represented by magnesite and dolomite is present in the tailing material, playing an important role in neutralizing of acid generated by sulphides oxidation.

Acknowledgement. This study was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0268-06.

M. HYŽNÝ: **The preliminary results of the systematic research of the fossil decapods in Slovakia**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The systematic research of fossil decapod crustaceans has virtually no history in Slovakia. Although there are sporadically mentioned decapod fossils occurrences in the literature (e.g. Volfová, 1960, 1963; Houša in Špinar et al., 1965; Papšová, 1970, 1973, 1975, 1977, 1978), there were no long-term attempts to study this group systematically. Recently there are big efforts to understand this group from the phylogenetic point of view using both methods neontological and paleontological (Assembling the Tree of Life – Decapoda research group). Decapods were also successfully used in paleobiogeography and paleoecological reconstructions (Schweitzer, 2001; Feldmann, 2003; Feldmann and Schweitzer, 2006).

This work presents the first results of the systematic study of the fossil decapod crustaceans in Slovakia. Up to date there were identified over 20 genera in 13 families comprising 5 new species, mostly from the Cenozoic strata (Upper Eocene, Middle Miocene). The results embrace among others the first record of Upper Jurassic crabs in Slovakia (*Tanidromites insignis* from Štepnická skala Klippe), the first fossil record of the Thomassiniidae in the world (*Crosniera* sp. nov. from the Karpatian of Vienna Basin), the third fossil record of *Munidopsis* in the world (*M.* sp. nov. from the Karpatian of Vienna Basin), the first unquestionable fossil record of the solely Pacific callianassoid genus *Callianopsis* in Europe (*C.* sp. nov. from the Karpatian of Vienna Basin) and one of the oldest records of the genus *Ranina* in the world (*R.* sp. nov. from the Upper Eocene of Subtatric Group). The fossil material from the Karpatian of Vienna Basin will also help to emend the description of until now enigmatic brachyuran genus *Styrioplax* and elucidate its systematic position as well. The material assigned to *Jaxea kuemeli* from the Badenian of Novohrad-Nógrad Basin will help to definitely distinguish it from the extant Mediterranean species *Jaxea nocturna*. The systematic reexamination of fossil decapods deposited in the Natural History Museum of SNM in Bratislava is also given. The collection comprises mainly Badenian decapods from the Bratislava district with strong similarities to coeval faunas from Hungary.

Paleobiogeographic conclusions confirm the affinities of the Miocene decapods of Central Paratethyan realm to Indo-Pacific decapod faunas (Müller, 1984).

Acknowledgement. The research was funded by APVV-02-80-07.

B. CHALUPOVÁ: **Conodont microfauna from Reifling limestones of the Choč nappe (Middle Triassic) from Jasenové and Zbyňov localities (Súľovské vrchy uplands, Slovakia)**

Geological Institute, SAS, Bratislava, Slovakia

Dr. Papšová in 1983 has found in samples of the microfossils in brown-grey crinoidal limestones, in bright cherty limestones of Reifling or Schreyeralm type (Jasenové locality) and in the

red nodular limestones (Zbyňov locality). Bulk samples of about 4 – 6 kg were dissolved in dilute acetic acid of technical quality (1 : 10) and separated using by the bromoform. All samples contained more or less biostratigraphical values of microfossils – conodonts, holothurian sclerites, foraminifers and amount of unidentifiable microproblematics.

From **Jasenové/515/A/83/576** locality background contains the rich association of microfossils, represented by fragments of crinoid ossicles, fish teeth, gastropods, foraminifers, holothurian sclerites, conodonts – *Enanthiognathus ziegleri* (Diebel), *Hindeodella suevica* (Tatge), *Neohindeodella* div. sp., *Gladigondolella tethydis* (Huckriede), *Gondodella constricta* Mosher et Clark, *G.* cf. *longa* (Budurov et Stefanov). The finding of a greater number of *G. cornuta* (Budurov et Stefanov) is noteworthy. From **Jasenové/606/83/574** locality background contains a lot of foraminifers, fish teeth and less juvenile gastropod shells. Conodont fauna comprises – *Chirodella dinodoides* Tatge, *Prioniodina venusta* (Huckriede), *Lonchodina hungarica* (Kovács), *Enanthiognathus petraeviridis* (Huckriede), *Diplododella magnidentata* (Tatge), *Hindeodella spengleri* (Huckriede), *Gondolella excelsa* (Mosher) and juvenile forms *Gladigondolella tethydis* (Huckriede). The lack of holothurian sclerites in the association is conspicuous. From **Jasenové/606/B/83/575** locality after washing association of foraminifers, fish teeth, and holothurian sclerites have been found. Conodonts are very common, representing types – *Hindeodella suevica* (Tatge), *Prioniodina venusta* (Huckriede), *P. spengleri* (Huckriede), *Enanthiognathus petraeviridis* (Huckriede), *Diplodella magnidentata* (Tatge), *Neohindeodella dropla* (Spasov et Ganev), *Ozarkodina tortilis* Tatge, *Gladigondolella tethydis* (Huckriede), sole *Gondolella excelsa* (Mosher), *G.* cf. *constricta* Mosher et Clark and a few individuals like *G.* cf. *pseudolonga* Mietto, Kovács et Kozur. Association of microorganisms from **Jasenové/515/83/579** locality is not too rich. It consisted only of the fish teeth, conodonts – *Prioniodina venusta* (Tatge), *Enanthiognathus petrae-viridis* (Huckriede), *Gondolella* cf. *constricta* Mosher, *G.* cf. *constricta* Mosher et Clark. Fish teeth and singular conodonts – *Prioniodina venusta* (Huckriede) and *Gondolella trammeri* Kozur were obtained from **Zbyňov/522/83/573** locality in the bromoform background. Only fragment of *Gondolella* sp. were found from **Zbyňov/522/A/83/583** locality.

Above mentioned community of conodonts from limestones from Jasenové and Zbyňov localities is represented by the common type of Middle Triassic associations. It can be stated that the community of Jasenové 515/A/83 locality indicates Late Illyrian age. Jasenové 606/B/83 locality association is most likely of Early Fasanian age (A-Z pseudolonga in terms Kovács & Kozur, 1980). Association of Jasenové (606/83) locality indicates Illyrian-Fasanian boundary. Jasenové 515/83, 522/83 and Zbyňov 522/A/83 localities were not evaluated in detail. Found species are known from the Middle Triassic, having a broader age span. The presence of calcareous foraminifers and macrofauna indicates a shallow marine environment.

Acknowledgement. The research was supported by the VEGA grant No. 0916.

M. CHUCHRO: **The time series structure of flow into Municipal Wastewater Treatment Plant**

Department of Geoinformatics and Applied Computer Science, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

Municipal Wastewater Treatment Plant (MWWTP) collects household waste liquid from toilets, baths, showers, kitchens, sinks, and so forth that is disposed of via sewers. In many areas, also includes liquid waste from industry, commerce and storm water runoff. Knowledge about wastewater flow intensity is important for high effectiveness purify of wastewater.

The overall goals of investigation were analysis of time series inflow to a municipal wastewater treatment plant. We have daily data of eight years time period from three MWWTPs: Kraków-Kujawy, Sandomierz and Warszawa-Czajka. Time series high resolution and length helps in searching weakly visible relationships. We investigated time structure.

The wavelet methods helped to made weekly and monthly model of inflow changeability for data from MWWTPs. A weekly model showed two high values on Wednesday and Saturday and one low value on Sunday for all analysis MWWTPs. Monthly model looks similar, but we can observe fluctuations between similar days in first, middle and the last week of month. The biggest inflow value fluctuations, between Sunday and Wednesday are observed in the middle weeks. The smallest are in the first week of the month, as it is seen in the Fig. 1. Model of monthly averages shows the lowest volume of inflow in November and December, and maximum volume in spring and autumn. It is connected with Polish temperate moderate climate, with both maritime and continental elements.

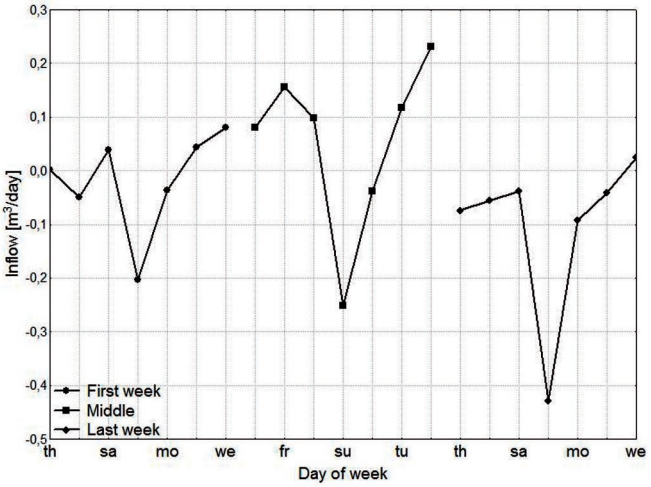


Fig. 1. Monthly inflow model in the MWWTP in Warsaw.

Data from MWWTPs were analysis in frequency domain. High values of periodogram are on the 0.0180, 0.0324, 0.074, 0.1482, 0.284 frequencies. The spectrum analysis confirms wavelet models. Five recurring cycles (3.5 day, 7 days, 1 month, 2 months, and half year) were drawn. The comparison between raw data and the graphs of cycles showed good fit for dry days data.

Wavelet method and spectral analysis showed that MWWTPs inflow data have complicated time structure. Knowledge about structure is the first step of making good predicting model of inflow.

Acknowledgement. The study has been financially supported by Department of Geoinformatics and Applied Computer Science, within framework of the Statutory Research, University of Science and Technology, Cracow.

M. JAMRICH and E. HALÁSOVÁ: **Calcareous nannofossils from the Devínska Nová Ves – clay pit; biostratigraphical and paleoecological interpretation**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The thesis presents new and more precise data of distribution and quantitative representation of calcareous nannofossils in Studienka formation in the Vienna Basin. A statistical methods for interpretation of calcareous nannofossil assemblages were used for the first time in Devínska Nová Ves – clay pit. New information validated and filled in already known facts about occurrence of this group in sediments of Upper Badenian in the Vienna Basin. The results can be used for

biostratigraphical and paleoceanographical interpretation. They were correlated with the results of foraminiferal and calcareous dinocysts assemblages in the same profile.

According to high resolution study of calcareous nannofossils from Devínska Nová Ves – clay pit in Studienka Formation in the Vienna Basin taxonomical biostratigraphical and statistical studies we can conclude: 69 samples were studied in DNV-1 profile. Rich association of calcareous nannofossils was well preserved, diversity 145, 47 Neogene species, 98 redeposited nannofossil species of Cretaceous and Paleogene. Biostratigraphical age of sediments according to calcareous nannofossils was set to Upper Badenian, NN6 – *Discoaster exilis* (Martini, 1971) Zone on the base of LAD *Sphenolithus heteromorphus* and FAD *Triquetrorhabdulus rugosus* and *T. rioi*, correlated with Seravalian in Mediterranean area, corresponding with foraminiferal Bulimina–Bolivina Zone and calcareous dinocyst assemblages. Other important taxa according to NN6 Zone *Calcidiscus premacintyrei*, *Helicosphaera walbersdorfensis*, *Helicosphaera wallichii*, *Coronocyclus nitescens*, *Orthorhabdulus serratus*, *Sphenolithus abies* were determined too. *Reticulofenestra haqii* has majority in all 69 studied samples.

Paleoecology according to diversity perform proper conditions for evolution of calcareous nannofossil assemblage (depth/max diversity 2.3 m D = 2.12, 1.8 – 2.1 D = 2.063 – 2.097, 8.9 m D = 1.989).

Dominance graph suppose 7 groups according to water conditions and its (depth/max): warmwater conditions (1.3, 8.9 m), coldwater conditions (1.9, 6.6 and 7.0 m), neritic conditions (6.1 m), pelagic conditions (1.0, 6.4 m), eutrophic conditions (1.6, 5.7, 7.8 m), oligotrophic conditions (1.3, 8.9 m) and salinity changes (6.0 m).

Cluster analysis graph divided into 4 groups as: A – coldwater conditions, B – neritic, salinity changes, offshore species, C – continental shelf (opensea), (coldwater), D – continental shelf (opensea), (warmwater).

Acknowledgement. This research was financially supported by APVV-0465-06.

M. JAMRICHOVÁ: **Upper Jurassic-Lower Cretaceous calpionellids and calcareous dinoflagellates from the selected sections of the Czorsztyn Unit of the Klippen Belt (Western Carpathians)**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Studied sections Hrebeň and Štepnická skala II. are situated in central Považie and Erdúdsky kostol section is situated in Orava region. Malmica Zone was identified on the Hrebeň section. This Zone was found in grey and pink micritic crinoidal limestone of Lower to Middle Tithonian age. Crassicollarian assemblages with the most *Crassicollaria parvula* and *Crassicollaria masutiniana* are abundant in the overlying Korówa Member of Tithonian to Lower Berriasian age and they indicated Crassicollaria Zone. Calpionella Zone was distinguished from the upper part of the Korówa Member with Alpina and Ferasini Subzone. Crassicollaria Zone with Intermedia and Brevis Subzone were identified from the Erdúdsky kostol section. Mentioned crassicollarian subzones were distinguished from the Upper Tithonian Korówa Member and lower part of the Sobótka Member of Upper Tithonian to Lower Berriasian age. *Calpionella alpina* is dominated in upper part of the Sobótka Member and *Calpionella eliptica* in grey and red limestones of Aptian to Albian age. This calpionellid assemblages indicate Calpionella Zone with Alpina and Eliptica Subzone. Malmica Zone was distinguished from the Streženice Formation of Oxfordian to Tithonian age and from lower part of the red nodular limestone of Tithonian age of the Štepnická skala II. section. *Cadosina semiradiata semiradiata* is dominated in lower part of the Rogoža Coquina Member of Middle Tithonian age and it indicates Semiradiata Zone. Calpionellid assemblages are dominated in upper part of the Rogoža Coquina Member and Crassicollaria Zone with Intermedia Subzone was distinguished from this limestone. Calpionella alpina is common in the Sobótka Member of Upper Tithonian to Lower Berriasian age and it indicates Calpionella Zone with Alpina Subzone. On the basis of this zonation the Jurassic/Cretaceous boundary (Tithonian/Berriasian boundary) in the Erdúdsky kostol and Štepnická skala II. sections is situated betwen the Crassicollaria and Calpionella Zone. This base is defined by morphometrical change of Calpionella alpina tests. In studied locality, Lower Tithonian dinoflagellate cysts show distinct change in abundance and composition. Orthopithonellid forms dominated in the Malmica Zone, but they were replacement by obliquipithonellid species dominated by *Cadosina semiradiata semiradiata*. Vertical calpionellid distribution of the studied sections can be characterized by several events – the onset, diversification and extinction of crassicollarians (Late Tithonian) and the onset of the monospecific Calpionella alpine association on the Jurassic/Cretaceous boundary.

Acknowledgement. Thanks belongs to grant APVV-0280-07 for the financial support.

E. KALIŃSKA[1] and M. WYSZOMIERSKI[2]: **Synthetic profile of aeolian deposits in the southern and eastern Mazovia Lowland (Central Poland) and its interpretation**

[1]Department of Quaternary Geology, University of Warsaw, Warsaw, Poland
[2]Polish Geological Institute, Warsaw, Poland

The zone build of fine- and medium-grained sands runs along southern and eastern edge of Błonie and Radzymin ice-dammed lake levels. On the basis of 13 profiles the synthetic profile was created. Textural features of sandy deposits and underlying tills were examined. On the basis of grain size distribution, rounding and frosting of quartz grains, light and heavy minerals and scanning electron microscopy (SEM) microfeatures eight series were distinguished. Underlying tills were divided into two series: F, which represents solifluction processes and G, which records active layer during periglacial condition. Sandy-gravely, well-sorted series E are characterized by more than 90 % content of aeolian grains and represents probably aeolian pavement. Both series D and B are straitened in frosted grains (67 –87 %) and garnets (22 %), which record warmer climate conditions (interstadials) during last glaciation. Series C are manifested by the presence of frosted quartz grains strictly, as well as garnets, which indicate strong aeolian activity. Series B, C and D occur alternatively, which reveal changeable climate condition in periglacial zone. Upper part of synthetic profile was characterized both by poor-sorted sands with admixture of gravels (A_1) and well-sorted sands (A_2). Hence, the sediments of series A_1 were transformed by rainfalls and thawing during warmer periods, while series A_2 represent typical aeolian condition, when occasionally small dunes might be developed.

Acknowledgement. The research was funded by the Polish Ministry of Science and Higher Education, grant No. N N307 2731 33.

E. KALIŃSKA[1] and M. WYSZOMIERSKI[2]: **Textural features of selected deposits of Błonie level (Central Poland): Preliminary results**

[1]Department of Quaternary Geology, University of Warsaw, Warsaw, Poland
[2]Polish Geological Institute, Warsaw, Poland

The Błonie level in Central Poland is a flat and monotonous plain, eroded by Bzura River and its tributary – Utrata River and built of ice--damned lake deposits. Investigated area was located in Błonie, about 25 km west of Warsaw. Sandy part of profiles, underlying ice-damned lake clays, was examined.

The grain-size distribution analysis reveals domination of fraction between 0.125 and 0.25 mm (3-2 phi). Cumulative curves are homogeneous. Two types of transportation can be distinguished: traction and saltation, while part of suspension is almost indistinct. Inclination of saltation section contains approximately 60°. The frequency curves reveals unimodality of sediments. The course of curves is relatively high and narrow, which proves good sorting of investigated deposits. Sands are characterized by moderately standard deviation as a rule, while skewness is negative. Mineral composition observed in sandy fraction (0.5 – 1.0 mm) are represented by quartz (84 – 88 %), feldspars (9.5 – 9.7 %) and crystalline rocks (1.65 – 5.9 %). All samples are enriched in transitional rounding and frosting quartz grains (EM/RM) (81 – 88 %), which indicates relatively long-term aeolian transportation. Participation of rounding and frosting grains (RM) achieves 6 – 12 %. Simultaneously the presence of only 0.7 – 6 % polished grains (EM/EL and EL) is observed. Both fractured (C) and angular (NU) quartz grains are very rare. A corollary of mentioned results is probably fluvioperiglacial origin of sandy deposits, connected with first stage of ice-damned lake existence before standard varved-clay acculumation.

K. KAMENSKÁ: **Geophysical 3D model of a geothermal reservoir rocks in the central part of Košice Basin in the Eastern Slovakia**

Department of Geosciences, Technical University, Košice, Slovakia

Question of energy needed for enhancing of human being comfort is recently very popular and geothermal energy, as one of renewable energy sources; started to be utilized not only for recreational purposes but also for heating and probably for electricity generation in Slovakia. Slovakia is a country, which has proper geological conditions for occurrence of geothermal sources. Košice Basin seems to be the most perspective geothermal area – the reservoir rocks are Middle Triassic dolomites with fissure karstic permeability and basal Karpathian rocks at the depth of 2 100 – 2 600 m with average temperature around 135 °C. Seismic data from central part of Košice Basin enabled demonstration of position, spatial distribution, morphology and simplified tectonic structure of reservoir rocks and their Neogene overlier as an insulator. Based on 3D tectonic model, created in Schlumberger's Petrel software, reservoir rocks are segmented into individual blocks, which probably do not communicate with surrounding blocks in terms of geothermal water flow. Tectonic and geologic aspects affect thickness of sedimentary sequences, what is demonstrated by variable thickness in the whole space of modeled area. Model showed at least one potential geothermal area but for further evaluation detailed geophysical measurements are needed.

Geothermal sources in central Košice Basin as a home source can reduce dependence on gas and other fossil fuels. Utilization of geothermal sources can secure energy supply for town Košice and prevent future shortages in energy as it was in January 2009 when Russia cut gas supply to part of Europe including Slovakia. Geothermal energy produces much less greenhouse gasses in comparison with conventional fossil fuel plants and in the case of reinjection there is no emission to the atmosphere. Probably the biggest disadvantage of geothermal utilization in area of interest is a high capital cost.

J. KIERCZAK: **Solid speciation of Ni and Cr in lithogenic and anthropogenic materials in the area of the Szklary Massif (SW Poland)**

Institute of Geological Sciences, University of Wrocław, Wrocław, Poland

The geological unit called Szklary Massif comprises two environments containing Ni and Cr from diverse origins: lithogenic (ultrabasic rocks and serpentine soils) and anthropogenic (waste dump composed of slags and covered by antroposol). The study was dedicated to investigate the distribution and mobility of Ni and Cr during weathering of ultrabasic rocks and pyrometallurgical wastes (slags and related antroposols) occurring within the area. The Ni and Cr bearing minerals in the materials were identified and characterized using analytical instrumental methods (XRD, SEM--EDS, EPMA, micro Raman, TEM, ICP-MS). Complementary chemical extractions provided information on solid speciation of Cr and Ni and other potentially toxic elements (PTE), their potential mobility and interactions with environment, especially in cultivated soils in the vicinity of the slag dump.

The mineralogical study shows that Cr-carriers from both studied materials do not undergo weathering. Chromium mostly occurs in spinel group phases, those from ultrabasite and serpentine soil are Cr-magnetites, whereas those occurring in the pyrometallurgical slags have various compositions between chromite and Mg-chromite. Cr is also present in subordinate amounts in clinochlore in the rocks and serpentinite soils. Nickel initially occurs in silicates and crystallized oxides in ultrabasic rocks and soil. The phases transform in numerous secondary minerals during weathering. The secondary phases have potential to immobilize part of the Ni which has been released during transformation of primary Ni carriers. In anthropogenic materials (slags and anthroposol), nickel is frequently incorporated in sulphides and intermetallic compounds of Ni and Fe and in lesser amounts in silicates (forsterite), where the first are generally considered as potentially reactive. Small inclusions of sulphides and metallic phases from slags are trapped within the stable silicates or silicate glass and their reactivity seems to be limited.

Chemical extractions show that mobility of Ni and Cr, as well as of other analysed PTE (Cu, Pb, Zn, Co), is different between natural and anthropogenic materials, with the exception of Cr, which is usually found in residual fractions. Cu and Pb are more mobile than Cr, Co and Ni in both studied types of materials. Zn is more stable in the serpentine soil than in the anthroposol. PTE of lithogenic origin are generally less mobile, than those of anthropogenic origin, except for Ni, which is more mobile in the serpentine soil compared to anthroposol.

Summarizing, the study shows great potential of using combined mineralogical and chemical analytical methods. The results imply larger relative stability of Cr compared to Ni. The environmental risk in the studied site is not only related to Ni and Cr, which are present in significant amounts in rocks and slags, but also to other PTE such as Zn, Pb and Cu, which were found in substantial proportions within fractions defined by chemical extraction as potentially biodisponible.

T. KLIMKO, M. CHOVAN and B. LALINSKÁ: **Mineralogy of sulphides oxidation of tailings material at abandoned Sb deposits Dúbrava (Nízke Tatry Mts.) and Poproč (Spišsko--gemerské rudohorie Mts.)**

Department of Mineralogy and Petrology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

In the second half of 20th century Dúbrava Sb deposit (N. T. Mts.) and Poproč Sb deposit (SGR Mts.) were two of the main antimony producers not only in former Czechoslovakia, but also in Central Europe (especially Dúbrava Sb-deposit). The effect of mining on the surrounding environments was very intensive thus contamination of these regions is very high. One of the contamination sources are tailings impoundments (four at the Dúbrava deposit and three at the Poproč deposit). The major type of contamination is toxification (Sb, As) at both localities. Acidification is significant at the Poproč deposit (pH around 3) but not at the Dúbrava deposit (pH 7 – 8).

The main effect of oxidation can be easily seen in the samples of tailing material taken near the tailing´s surface. Different levels of oxidation and various products of sulphides oxidation were observed. Pyrite is the most abundant sulphide mineral at both localities. Additionally, the tailings frequently contain arsenopyrite and less

frequently stibnite. At the tailings of the Poproč deposit the occurrence of ore minerals is lower than in tailings at the Dúbrava deposit. This is probably due to massive oxidation of ore mineral grains that causes the entire degradation of grains and consequential dissolution into different ions (e.g. $Fe^{2+, 3+}$, H^+ and SO_4^{2-}).

Pyrite as well as arsenopyrite grains are altered by oxidation and secondary minerals are formed around these grains in the form of oxidation rims. The rims on pyrite are mostly composed of Fe-oxides (oxihydroxides) containing up to 62.72 wt.% of Fe, up to 2.66 wt.% of As and up to 4.84 wt.% of Sb at the Dúbrava deposit and it is very similar at the Poproč deposit too. The rims developed on arsenopyrite grains contain up to 49.77 wt.% of Fe, up to 25.69 wt.% of As and up to 7.01 wt.% of Sb. Secondary rims around arsenopyrite grains were not seen in the samples from Poproč yet. Secondary rims are mostly destructed and are subsequently extracted from the sulphide core. At the locality Poproč the mineral scorodite was successfully identified, further in a sample this mineral occurs in an association with arsenopyrite. The average chemical compound of scorodite is: 25.47 wt.% Fe, 32.15 wt.% As and 0.15 wt.% Sb.

We have not observed the presence of secondary oxides connected with stibnite grains at both localities. Based on the presence of fractures in stibnite and significant evidence for Sb presence in pore waters we suggest that Sb is leached from stibnite into the solutions; later, aqueous Sb is sorbed by secondary Fe-oxihydroxides present in the system.

Various Fe and Sb, Fe-oxides and oxihydroxides are also common in tailings at both localities and they are the most frequent products of sulphides oxidation of tailings material at the Poproč deposit. Some of them are directly connected with sulphide minerals, such as goethite pseudomorphs after pyrite (especially at the Dúbrava deposit). In other cases the origin is uncertain, but we expect that these forms originate as single grains precipitated from solution directly in tailings environment. Fe-oxides containing up to 54.60 wt.% of Fe bind a large amount of Sb (up to 5.07 wt.%) and only a smaller amount of As (up to 3.37 wt.%) at the Dúbrava deposit and it is very similar at the Poproč deposit too. The chemical compound of Sb, Fe-oxides is very similar at both localities and they contain up to 42.94 wt.% of Fe, up to 64.29 wt.% of Sb, up to 1.50 wt.% of As, and up to 6.39 wt.% of Ca.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0268-06.

Z. KOMPANÍKOVÁ: **Temperature influence on volume changes of travertine**

Department of Engineering Geology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The volume changes of rocks are related on temperature changes, being one of the factors affecting the quality of rocks.

Travertine with detected volume changes has monomineral composition. It is distinctly structurally heterogeneous and typical with high and chaotic distribution of porosity. Studied travertine samples were taken from travertine heap in Spiš castle. The samples represented rock blocks with marked spatial orientation, related to their position in rock mass (foliation). The laboratory tests were done on cylindrical samples with 50 mm length and 34 mm diameter, oriented vertically to direction of foliation.

For measurement of temperature expansion we used thermodilatometer, in which the temperature range was experienced under conditions of natural exposure (summer and spring/autumn period). Summer cycle represents the temperature range in summer period and sample is heated up. Temperature range during heating is from +20 °C to +60 °C. Spring/autumn cycle represents the temperature range in spring and autumn period and is acheved by cooling from indoor temperature +20 °C into –5 °C. The tests carried out on travertine from Spišské Podhradie and their results encompass 6 short-term temperature cycles simulating the summer and spring/autumn periods.

The length changes of samples, observed by thermodilatometer and related on temperature changes, are characterized by coefficient of thermal expansion – α, relative dilation – ε and residual strain – ΔL. The biggest changes of residual strain were determined in spring/summer cycle following after summer cycle. The tests also proved the idea that permanent temperature deformation may acts as initial factor of slope movements.

A. KOWAL, A. PIORKOWSKI, A. PIETA and T. DANEK: **Efficiency of selected component technologies for parallel and distributed heat transfer modelling**

Department of Geoinformatics and Applied Computer Science, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

Geothermal field modelling is very useful in Earth sciences. Numerous physical problems involve heat transfer phenomena including volcanoes, intrusions, earthquakes, mountain building, metamorphism, mantle and crustal heat flow variability. Unfortunately the modelling process for large geological models or for long term temperature field changes is extensively time consuming. One of the best methods to overcome this disadvantage is parallelization of computations. Luckily numerical solution of the heat transfer phenomena using finite difference method (FDM) solutions are very good examples of computational problems which are easy to parallelize by domain decomposition.

Scientific codes written in the conventional way often suffer from low portability, limited code reuse and short life cycle. Component--based software engineering is a new way of software production that gives portability, security and independence of hardware. The most advanced and popular solutions of such software are Sun Java and MS.NET and open source solution, called Mono.

In this paper efficiency of using component-based software for heat transfer modelling is presented. The test computations were performed in a cluster of 30 PC computers, which have following parameters: processor with hyper-threading technology (Intel Pentium 42.8 GHz), 1 GB RAM, Gigabit Ethernet network adapter. Efficiency component heat computing were tested in following operating systems: Linux (Fedora Core 3, kernel: 2.6.12-1.1381 [smp]), MS Windows 2000 (SP4).

Obtained results: computational time for different platform and components (Fig. 1a, b), speedup of computation (Fig. 1a) and efficiency of using parallel environment of such configuration (Fig. 1b) clearly indicate that the component approach is able to

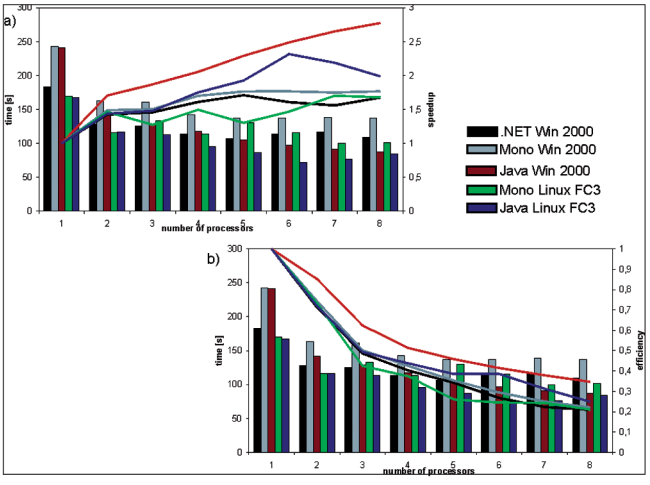


Fig. 1. Relation between computational time (bar charts) and speedup (line on Fig. 1a) and efficiency (line on Fig. 1b) and number of processors.

give satisfactory results in this kind of applications. Global solution efficiency can strongly depend on operating system and hardware. Various free and commercial component technologies can be effectively used to eliminate problems of low portability, limited code reuse and short life cycle.

Acknowledgement. This work has been financially supported by Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, grant No. 11.11.140.561.

K. KRONOME, N. HUDÁČKOVÁ and M. SÝKORA: **Application of statistical methods in the study of Upper Triassic Hallstatt limestones near Silická Brezová village, Inner Western Carpathians**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The Carnian-Norian pelagic Hallstatt limestones are located in the vicinity of Silická Brezová village, in the Slovak Karst area.

These limestones were studied by classic methods of microfacial analysis and by statistical methods too. The quantitative and semiquantitative data acquired from thin sections were then processed by the PAST program for statistical analysis. We applied cluster analysis of data matrices created from the quantitative data of thin sections acquired by classical microscopic study. We decided for using of Ward´s data grouping method since this method fit best with the type of our data and is the best for explaining the resemblance of samples. The data were investigated quantitatively as well as qualitatively. Samples and also clasts occurred were grouped for the explanation of defined groups.

The cluster diagram of the analysed thin sections on the level of similarity about 150 was arranged in two main groups – group A and group B. Group A on the similarity level 80 was then divided into two compact subgroups (A1, A2) and group B on the similarity level 90 was divided into four subgroups (B1, B2, B3, B4), where subgroup B4 was inhomogeneous, so we additionally selected similarity level 60 and thus subdivided it into two more compact groups. According to the individual groups defined by the distribution of bioclast types, we can assume, that samples belonging to groups A1, A2 represent deep water sedimentation environment characteristic by high content of filaments, bivalves and occurrence of *Globachaete alpina* Lombard, where the A1 group differs from A2 by higher content of radiolarians, thus A1 represents deeper water environment. The samples of groups B2 and B3 represent shallower water conditions, group B2 is a compact group differing by high content of *Globachaete alpina* Lombard, radiolarians and agglutinated foraminifers while group B3 shows smaller amounts of filaments, bivalves and globochaetes, but higher amounts of echinodermate detritus. Samples of the B4 subgroup represent probably the most shallow water environment with characteristically low content of globochaetes. Based on Gastropoda content, B4 subgroup can be subdivided into minor groups B4a and B4b, where B4a shows higher content of radiolarians and thick-shelled ostracods and B4b shows discriminating content of sponges. The subgroup B1 is represented by two samples with high content of agglutinated foraminifera only and is separated from the other B groups on the level of similarity 130.

The statistical methods were used only as an additional tool for amending the results of classical microscopic study. Results of the statistical evaluation need to be interpreted with caution on the character of input data: data were acquired by microscopic study of thin sections, thus just a fragment of the rock was investigated, so the bioclasts, which are also fragmented, can cause over- or under estimating of their real content. Influence of bioturbations and water currents would not necessarily been observed in the thin sections and not even be represented by amount and character of bioclasts. In spite of this, the statistical methods provide us new information and can be used for deciphering paleoecological changes based on the content and type of bioclasts in thin sections.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contact No. APVV-0280-07.

J. KUČEROVÁ: **Interpretation of the Miocene macroflora from the Locality Veľká Čausa (Slovakia)**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The locality Veľká Čausa is situated in the Upper Nitra depression of the Handlová-Nováky brown-coal basin. Studied paleobotanical material, stored in the Hornonitrianske múzeum in Prievidza, is fossilized in light-gray clays of Eggenburgian age. Individual morphological data, for each taxon, are used for paleoclimatic reconstruction and ecological interpretation. Different predictive models demonstrate definite relationships both of the climatic variables and leaf characters, but the precision of these relationships varies depending upon the statistical model applied to the data. Application of the CLAMP (Climate Leaf Analysis Multivariate Program) method to the fossil flora assumes that if climatic parameters can explain physiognomic variation, then that variation can be used to predict climatic parameters. The analysis involves relating the fossil flora to group of climate parameters. The climate parameters predicted by this analysis are: Mean Annual Temperature (MAT), Warm Month Mean Temperature (WMMT), Cold Month Mean temperature (CMMT), Length of the Growing Season (GRS), Growing Season Precipitation (GSP), Mean Monthly Growing Season Precipitation (MMGSP), Precipitation during the 3 Consecutive Wettest Months (3WET), Precipitation during the 3 Consecutive Driest Months (3DRY), Relative Humidity (RH), Specific Humidity (SH), Enthalpy (ENTHAL). From all fossil leaves from the collection were chosen dicots only. They were sorted into morpho--species and were examined for the presence or absence of each of the 31 morphological characters used after CLAMP categorization. A total of 246 fossil samples were studied. Vegetation used in the dataset for this study indicates subtropical climate. The study of fossil flora from the geological collection of Hornonitrianske múzeum in Prievidza was made under the permit issued by the relevant authorities of this museum.

Acknowledgement. Funding for this study was provided by financial support of grants VEGA 2/0060/09 and APVV-0280-07.

M. LAHO[1], M. BEDNÁRIK[1], R. HOLZER[1] and P. WAGNER[2]: **Database of the dimension and crushed stone: Engineering Geological Inventory of Rocks of Slovakia**

[1]Department of Engineering Geology, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[2]State Geological Institute of Dionýz Štúr, Bratislava, Slovakia

The contribution deals with the behaviour, properties and utilization of the rocks in Slovakia. The variety of geological structures, their high tectonic deterioration and inhomogeneity caused, that only a few rock formations offer rocks usable as a dimension stone (travertine, marble, sandstone, rhyolite, andesite, limestone). Due to the enormous deterioration of rock masses caused by the Alpine orogenesis and younger fault tectonics in Slovakian Carpathians, the majority of excavated rocks are used mostly as crushed stone (aggregate). The tectonically weakened rock masses are subjected of progressive decay, mainly due to the weathering, which is accelerated by the technical excavation in mines, road cuts, by the atmospheric influences, etc. All those aspects are decisive for the optimal application of rocks as dimension or decor dams, river levees, etc., as well as for the deposition of unsuitable rock material.

The investigated engineering geological characteristics and properties of rocks are the subject of the comprehensive *"Engineering Geological Inventory of Rocks of Slovakia"*. Unified documentation records present results from 146 investigated excavation sites (abandoned or under operation).

General excavation site description, main rock mass structural characteristics (characteristics of discontinuity sets, blockiness, loosening, etc.), mineralogical rock composition, properties of the investigated rock material and its utilization were recorded into registration forms.

Main part of the registration form provides the assessment of physical and mechanical rock properties on regular and irregular rock samples reflecting the stone durability. Following characteristics were estimated: density, porosity, water absorption, uniaxial compressive strength (dry σ_{cd}, saturated σ_{cw} and after freeze/thaw cycles samples σ_{cf}), tension and shear strength, calculated softening ($C_s = \sigma_{cw}/\sigma_{cd}$), freezing coefficients ($C_f = \sigma_{cf}/\sigma_{cd}$) and deformation properties. Porosity, water sorption, strength characteristics, together with tests in Na_2SO_4 solution, further micro-Deval test for the determination of the crushed rock resistance to wear, slake durability test (SDT) and laboratory freeze/thaw long – term weathering tests were regarded as most suitable indicators of the stone quality.

The available data concerning the properties (determined according EU standards) and the durability of rocks representing main geological formations of Slovak Carpathians are decisive for their individual use in all branches of the civil engineering.

All the data obtained from the field and laboratory investigation are stored in a relational database. The database is formed by main table, which contains basic information about the investigated site. The main table is joined with the secondary relational tables storing an information about the rock mass structure, rock material, geomechanical tests, rock use, etc. The main advantage of such system is the dynamical data actualization and the statistical assessment of the selected characteristics of the rock environment.

P. LEDVÁK: *Traumatocrinus* from the Ladinian–Carnian basinal deposits of the Western Carpathians (Slovakia)

Geological Institute, SAS, Bratislava, Slovakia

In the last few years several works dealt with spectacular findings of entirely whole colonies of *Traumatocrinus* still attached to fossilized driftwood from the Lower Carnian black shales of Xiaowa Formation, Southwest China (Seilacher & Hauff, 2004; Hagdorn et al., 2006; Xiaofeng et al., 2006). Such favourable preservation allowed authors to study articulated *Traumatocrinus* specimens and reconstruct their pseudoplanktonic lifestyle. Unfortunately many localities in the Western Europe including Salzkammergut in the Southern Alps from which this crinoid was described for the first time by Dittmar in 1866, contain in the Hallstadtt limestone only isolated ossicles and stem fragments. This is also the case of Ladinian–Carnian facies in the Western Carpathians, which yielded several fragments with different state of preservation.

The material from the Slovak part of Western Carpathians originates from the Upper Ladinian Reifling Limestone, locality Zámostie – Štefánka and from Lower Carnian black shales of Svarín Formation (formerly introduced as Aonian or Trachyceras Beds), locality Svarín. The former is represented by several larger stem fragments of probably younger specimens with partly visible mesh like structure in the lateral profile. The later contains two smaller fragments probably from distal stem portion of fully grown specimens. One columnal of these fragments has visible articular facet composed of V shaped ribs which extend radialy from the centre to the rim. It is a typical feature of the *Traumatocrinus* stem morphology which is not present by any other known crinoid group.

As pointed out by recent studies *Traumatocrinus* was a pseudoplanktonic crinoid which attached to the floating logs with its root. It is known from deep sea facies of Paleo-Tethys realm, mostly from Upper Ladinian to Lower Carnian but sporadically also from Lower Ladinian (Głuchowski, 2002). According to the fossil data we can place *Traumatocrinus* origin and origin of its unique lifestyle into Middle Triassic (probably Lower Ladinian). This is very interesting because it is widely known that the Ladinian was a global dry period. It is therefore questionable how could possibly rise this type of lifestyle in such conditions. Answer on this question could be probably provided by detail study of Ladinian fossil flora.

B. MAGULOVÁ and M. BEDNÁRIK: Landslide hazard assessment for urbanized areas: Levoča region case study

Department of Engineering Geology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Geohazards present a significant barrier for further utilization of environment. Study area is mostly affected by landsliding, soil erosion and floods. Due to this, landslide hazard assessment, using statistical methods in GIS environment, is able to show proper ways in environment utilization.

The landslide hazard assessment became very common in Slovakia mainly by works of Pauditš (2005), Bednarik (2001, 2007, 2008) and Jurko (2003). The landslide hazard assessment methodology solutions in a GIS environment are based upon suitable selection of those factors, which play a dominant role in slope stability state. The selected factors are processed using the parametric maps and in this form they enter in the statistical processing, underpinned by map algebra in a GIS environment.

In presented case study following factors influencing the slope stability are evaluated: lithology, morphometric parameters, rainfall, actual landuse and registered landslides. These factors have been prepared in a vector form (parametric maps) and consequentially processed to the raster form. Bivariate statistical analyses were used for the construction of final landslide susceptibility and hazard maps.

A. MACHLICA: Modelling of groundwater runoff in different climatological and hydrogeological conditions

Department of Hydrogeology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Groundwater runoff is a compound of total runoff from the catchment. Course of groundwater runoff is depending on more variables. The focus of this study is the influence of various meteorological and hydrogeological conditions to groundwater runoff. There are several methods to solve this problem. Each selected method gives different results by the use of more variables. The issue is how to choose the best method and which method is applicable for specifically hydrogeological conditions.

For the modelling we selected the Upper Nitra river catchment with more sub-catchments, Topla and Torysa river catchments. Groundwater runoff was simulated at selected profiles in the catchments. The time series since 1981 to 2007 was taken for the modelling. The kriging method, lapse rate method, arithmetic mean and nearest neighbours method were chosen for modelling climatological conditions. After finding the best method there was necessary to evaluate the right choice with using BILAN model. The BILAN model has been developed for assessing the water balance components of catchment using a daily step. The structure of the model is formed by a system of relationships describing basic principles of the water balance on the land surface, in the zone of aeration, including the effect of vegetation cover, and in aquifers bearing the groundwater.

The knowledge about using the best method for specifically hydrogeological conditions is very useful for understanding and calculating water balance in the whole catchment.

Acknowledgement. This work was supported by FP6 Project 036946 WATCH and Slovak RTD grant agency APVV project No. APVV-0355-06.

J. MAJKA: **The Caledonian orogeny in the northern Barents Sea region**

Department of Earth Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden

The recent progress in geochronological and geophysical works in the northern Barents Sea region brought a lot of new data concerning the pre-Caledonian history of the Svalbard´s Caledonian basement terranes, timing of the Caledonian orogeny and development of the main Caledonian tectonic structures. The evidence of the purely exotic origin of some metamorphic crustal domains (e.g. in age corresponding to the Timanides) within the Svalbard´s Caledonian basement and their juxtaposition with the typical Neoproterozoic rifted continental margin sedimentary successions rises a lot of questions about the timing and style of the deformation during the Caledonian orogeny. Moreover, the lack of the outcrops of the collision-related rock units let to the speculation concerning the location of Scandian suture in the northern Barents Sea region. The unequivocal evidence of dominant Laurentian crustal domains within the pre-Caledonian basement of Svalbard and their offshore southwards prolongation provide unambiguous assumption that the Scandian suture must be located east from Svalbard, but probably does not reach Franz Josef Land. Taking into account a good onshore evidence of the importance of the long-distance strike-slip faulting and thrusting during Caledonian orogeny, the existence of exotic terranes within Svalbard´s crystalline basement seems to be not surprising and their origin is rather related to Laurentia, then to Baltica.

V. V. MAKHNACH: **Shells of Kosmoceras (Kosmoceratidae): An object of studying by students at the laboratory classes on "Paleontology"**

Belarusian State University, Minsk, Belorussia

Modern paleontological researches have led to the essentially different representation about systematization and phylogenies of ammonites in comparison with the preceding stages of their study. Simultaneously with the description of extensive materials, the new taxonomical categories, number of which has greatly increased have been singled out. Many former genera have been a ranked into families and even superfamilies. In recent years, in connection with making up solid reports and reference--books, the problem of creating of scientifically well-grounded system of ammonites began to draw the increasing attention of paleontologists, and thanks to the joint efforts of many scientists from different countries the solution of this problem has strongly moved ahead. It is also necessary to note the increased interest in biology-ammonites questions. The exit of paleontology "from offices" into an university education system has become the main achievement of the present stage.

Training specialists in the field of geology the theoretical knowledge of the lecture course and laboratory classes on "Paleontology" obtained great importance. Despite the development of absolute stratigraphy methods, paleontological methods have not lost their actuality. During field researches the methods of relative stratigraphy allow to reduce considerably the cost of research work.

For studying the features of the morphological structure of ammonites the shells of the genus Kosmoceras are most appropriate. The word "Kosmaceras" is derived from Greek meaning "kosmos" – the Universe and "keras" meaning – a horn. The name reflects the universal character of the distribution of ammonites of the given kind.

The family *Kosmoceratidae* includes the following genera: *Garantiana* Huatt, 1900 (*Garantia* Rollier, 1911), *Strenoceras* Huatt, 1900, *Spiroceras* Quenstedt, 1858 (*Patoceras* Meek, 1876), *Pseudocosmoceras* Murashkin, 1930, *Kepplerites* Neumayr, 1892, *Kosmoceras* Waagen, 1869 (*Cosmoceras* Waagen, 1870), *Mojarowskia* Nikolaeva, 1955.

Characteristic features of the family: shells vary from plain-spiral with more or less increased layers to the developed and sometimes considerably straightened spiral. Edges are numerous and simple or branching, having up to three rows of humps or thorns and which end on the ventral side. A mouth has lateral "ears". The line of the shell is considerably dissected, rising in umbilicus parts. The first lateral line of the shell is deep with three-separate parts. There are additional lines varying from one or two.

Important is that during the development of the ammonite the process of phylogenesis in that of ontogenesis was observed. This is shown in specificity of development of the shell lines, causing scientific interest not only in research but also in educational purposes.

Biogeographical features show that the family of *Kosmoceratidae* extended to oceans of the Tethys and Paleopacific. The Tethys was likely the centre of the origin of the family. This is indicated not only by the maximum quantity of genera of family *Kosmoceratidae*, but also by the localization of the representatives of such genera as *Mojarowskii*, *Strenoceras* and *Pseudokosmoceras* in the given place.

The family *Kosmoceratidae* is of archistratigraphic importance. The subzones of Upper and Middle Callovian of the Central part of Russia (Russian plate), the Northern Caucasus, Western Siberia have been distinguished in accordance with the ammonites complex.

The representatives of the given family allow not only to draw the inter-regional correlation of sediments, but also to carry out the coordination of biostratigraphical divisions within themselves and international stratigraphic chart (biostratigraphic subzone Kosmoceras Jason).

The Museum of the Earth crust science of the BSU possesses an extensive collection of ammonites, including 32 specimens of family *Kosmoceratidae*, being used in educational process and for research purposes. The specimens of a high degree of preservation have been studied by means of the technique of Raup. The specimens of representatives of other families have also been taken from the museum funds for analysis. According to the technique of Raup, the rate of expansion of ammonites layers of genus *Kosmoceras* Waagen 1869 (*Cosmoceras* Waagen, 1870) proved to be in limits W = 3.4 – 4.9, and the degree of overlaping D = 0.22 – 0.44. These data show evolutionary changes in the group of *Ammonitida*: in early Jurassic periods of forms with more or less extending and overlaping shells (D~0.4 – 0.5, W~2) prevailed the Cretaceous period shells with moderately extending Layers (D~0.3, W~2.5 is traced). This gives the possibility to draw a conclusion that the genus *Kosmoceras* Waagen reflects one of the evolution links of group *Ammonitida*. The interconnection of these changes with transition into a new adaptive environment is rather interesting. Ecological aspects probable played an important role in the course of evolution. However it is necessary to notice the specific character of morphological changes at the level of species which generally does not contradict to existing biological and evolutionary theories.

D. A. MAMONTOV and O. A. ORLOVA: **Preliminary palynological analysis of the Upper Visean deposits from borehole 1P/A, south wing of Moscow syneclise (Russia)**

Department of Paleontology, Moscow State University, Moscow, Russia

Miospores of the Upper Visean terrigenous deposits (the Aleksin and the Mikhailov regional stages) from the borehole 1P/A, located on southern wing of Moscow syneclise (the Kaluga region, Russia) have been studied. The spores were found only in eight examined samples (from total 20 samples). Studied palynospectra are characterized by the presence in fixed amount of *Tripartites vetustus* Schem. (nearly 10 %), which is the index-species of Tripartites vetustus (Ve) Zone of the Mikhailov regional stage. Percentage of *Cingulizonates bialatus* (Waltz) Smith et Butt. is reduced upward the section (from 40 % to 10 %). *C. bialatus* is the index-species of CBd Zone of the Aleksin

regional stage. Increase of spores *Lycospora pusilla* (Ibr.) Som. is observed from lower part (under 10 %) of the section to its upper part (above 30 %). A few (nearly 5 %) spores of genera *Trachytriletes*, *Punctatisporites*, and *Leiotriletes* were found through the section. Percentage of the spores *Schulzospora campyloptera* (Waltz) H., St. et M. decreases upward in the section (up to 1.5 %). Also a few spores of *Calamospora* sp., *Anulatisporites* sp., and *Triquitrites comptus* Will. were rarely met through the section. So, at least two different palynological palynoassemblages related to the Aleksin and the Mikhailov regional stages appropriately can be marked out.

The research was supported by Russian Foundation for Basic Researches, project No. 08-04-00633.

Z. MARCINČÁKOVÁ: **Investigation of xenoliths in volcanites on the marginal parts of the Isle of Zemplín**

Institute of Geosciences, Technical University, Košice, Slovakia

For getting knowledge about the composition of deeper parts of the earth crust and upper mantle, the study and exploration of various igneous rocks have a great significance. The investigated samples of enclaves came from Neogene rhyodacite volcanic bodies cropping out on the marginal parts of the Isle of Zemplín. The Isle consists mainly of Upper Paleozoic rocks. Products of Neogene volcanism in the investigated area crop out in the form of isolated bodies – Hrčeľ, Kašov, Čejkov, Zemplín, Somotor, Bara, Veľká and Malá Tŕňa, Luhyňa and its vicinity. Most quarries are not accessible; therefore the study was restricted to three localities bordering the Isle of Zemplín from the east: Hrčeľ, Kašov and Cejkov. The main aim was to make a record of the primary xenolith occurrences in volcanites of investigated area. Research was based on the petrographic--mineralogical studies (microscopic evaluation of samples) and XRD analysis. It provided exact information about mineral associations which are present in individual samples. The obtained mineralogical data were correlated with data of host volcanic rocks and with rocks constructing the basement of Isle of Zemplín. Via XRD analysis and comparison of mineral assemblage it was assumed the presence of similar minerals in enclosures and also in host rock in localities Hrčeľ and Cejkov (quartz, K-feldspar, muscovite, clay minerals and goethite). The similarity in mineral assemblage of both enclosures and host rock suggests that these are not xenoliths which could belong to the basement, but magmatic enclaves. The samples from Kašov are tuffitic claystone galls as it is alleged in a literature (Baňacký et al., 1989). One sample from Hrčeľ – XH-5 is clearly different. The enclosure contains tiny crystals of realgar (?) and lamella of phlogopite (?) which are occurring neither in a host rock – rhyodacite nor in other samples. So we can consider it as an enallogene xenolith as the only one of explorated samples. Primary expectations of the occurrence of xenoliths in investigated area were not satisfied. The exploration confirmed badges of silicification, argillization and K-metasomatism in samples.

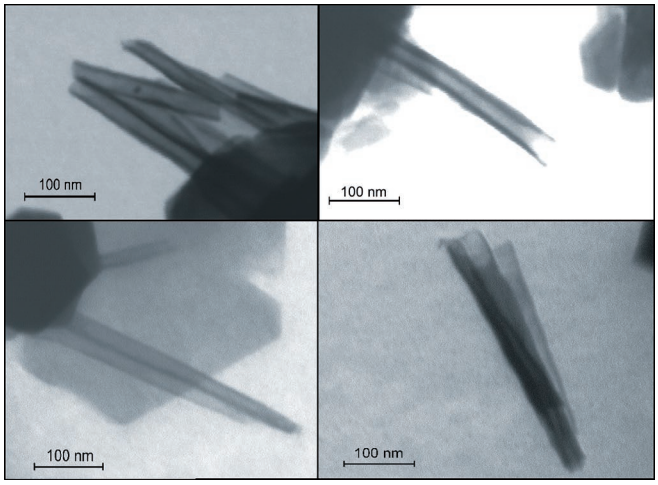
J. MATUSIK[1], A. GAWEŁ[1], E. BIELAŃSKA[2] and K. BAHRANOWSKI[1]: **Nanotubes derived from kaolinites of different structural order**

[1]Department of Mineralogy, Petrography and Geochemistry, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland
[2]Institute of Catalysis and Surface Chemistry, Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland

The ability to combine the properties of inorganic matrix and organic molecules at a molecular level opens the way to design improved nanocomposites. Such materials have wide potential for scientific and industrial applications. Moreover, nanotubular and mesoporous materials have received much attention due to interesting catalytic properties. Therefore, the objective of this study was to investigate the possibility of non-destructive delamination and rolling of kaolinite layers using intercalation/deintercalation method. Additionally, changes of structural order and particle size of kaolin minerals during experimental stages were studied.

"Maria III" and "Jaroszow" kaolinites from Polish deposits, differing in degree of structural order were used for the experiments. The experimental procedure consisted of four following stages: (1) preparation of dimethyl sulphoxide precursor complex, (2) interlayer grafting with 1.3 butanediol (3) hexylamine intercalation and (4) deintercalation using toluene as solvent. Structural perturbations and morphology changes of minerals were examined by XRD, FTIR and TEM.

The particle size of minerals subjected to modifications decreased considerably, which indicates partial delamination. Regardless of starting material, chemical treatment caused a remarkable increase of structural disorder. The amount of rolled kaolinite layers strongly depended on the efficiency of intercalation steps. Nanotubes were more frequently observed for "Jaroszow" kaolinite where intercalation processes were more efficient than in the reactions with "Maria III" kaolinite. Kaolinite particles which exhibit tubular morphology or show rolling effects were observed using TEM (see image below). The obtained nanotubes had mean diameter ~30 nm and were on average 150 nm long.



Acknowledgement. This research was supported by the AGH UST grant No. 11.11.140.158.

M. MATYS[1], K. ROZIMANT[2] and R. SCHÜGERL[1]: **Testing sealing geomembrane effectiveness in the laboratory conditions under dynamic loading**

[1]Department of Engineering Geology, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[2]Department of Geophysics, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Geomembranes are synthetics materials. These materials have broad utilization, for example in the railroad-building or municipal waste, where they are laid under constructions. In application we use "sensor damage detection system".

The article draws an original laboratory test of the efficiency of sealing layers by dynamic loading. Dynamic or static pressure on the model layers is excerting by laboratory press. Primary value was 2 kN. The amplitude of loading progressively grows up in individual steps for 3, 6, 12 or 24 kN. Frequency of the stress is 10 Hz. Efficiency of the sealing layers is measured with the assistence of original laboratory geophysical resistivity method. We present 2 examples of the measurements of the sealing layers model. Geomembrane during laboratory test remained intact.

P. MIKUNDOVÁ: **Research of temperature changes of rock mass in the campus VSB-TU Ostrava**

VŠB TU, Ostrava, Czech Republic

The use of geothermal energy for more localized energy requirements is becoming more apparent with the use of geothermal heat pumps. The use of heat from the upper layers of the Earth crust can be a useful and efficient method of saving energy. At around 50 m below the surface of the Earth the ambient temperature fluctuates between around 8 – 12 °C.

Applied research of temperature changes of rock mass caused by deep boreholes used as low-potential energy sources for heat pumps is conducted on the premises of VSB – Technical University of Ostrava (VSB-TUO) in localities of two research polygons. A so--called "Large Research Polygon" situated near the New Assembly Hall + Centre for Information Technologies of VSB-TUO is designed especially for observing the influence of great heat withdrawal from the rock environment. A so-called "Small Research Polygon", located in the vicinity of a new building of Energy Research Center of VSB-TUO is intended mainly for research into the restoration and accumulation behaviour of rocks in the surroundings of solitary and also dual boreholes connected to the heat pumps and air-conditioning system.

V. MIKUŠ[1], R. PAŠTEKA[2], M. BIELIK[2], M. ŠUJAN[3] and H. ZEYEN[4]: **The first attempts to use geophysical methods in the Pieniny Klippen Belt tectonic research (locality Jarabina)**

[1]Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[2]Department of Applied and Environmental Geophysics, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[3]EQUIS, Bratislava, Slovakia
[4]Département Sciences de la Terre, Université Paris-Sud, France

The area, researched in this work, is situated in the Pieniny section of the Klippen Belt in the eastern Slovakia, near the village Jarabina. The aim of survey was to clarify the tectonic structure of the subsurface parts through interpretation of different geophysical methods.

One of used methods was a detail gravity measurement, based on high accurate sectional measurements of the gravitional acceleration and its processing into attributes of Bouguer anomalies. The geological knowledge, lithological mapping and attributes of density from the rocks were important. The interpretation is displayed like the geological--geophysical profile and shows the lithological members and their density parameters. The output of the software GM-SYS is the geometric profile with anomaly bodies and their density parameters. Clearly visible is the influence of surrounding geological units on the south and north. They represent large sedimentary basins, filled by masses of light rocks. The rocks included in the PKB have higher density and the graph of the Bouger anomalies creates an elevation above it. Then the lateral limitation of PKB was relatively clear. The anomalies within the frame of PKB were not so sharp, what results from small differences between the densities of lithological members. Another problem presented the lack of information about the klippen mantle (the filling material between particular klippes), which were visible only in few outcrops and consequently complicated the modelling process. The small variances on graph curve are caused by the frequent changes of lithology and were modeled by little klippen bodies. Most of them were observed by the geological mapping on the surface, but some klippens in the depth were required during the model compilation. The problem of continuation of the klippen bodies from the surface depthward and their geometrical limitations was defined in the software GM-SYS. The computed graph line responded considerably to the klippen structures continuing to the depth, the bodies on the surface had only weak effect on it.

Interesting is also the comparison with the results of the geoelectrical and seismic methods used on the same locality. The method of vertical electrical sounding (VES) detects the variability of electric resistivity to the depth and is useful for searching the horizontal geological boundaries. The measured profile is identical with the gravimetric one. The information about Quaternary sediments is relatively accurate. With the gravimetric interpretation is very similar the boundary between Paleogene sediments and PKB and also the information about klippen mantle.

The third used method (120 m short gravimetric profile) is seismic tomography. The velocity of the seismic waves depends on the properties of subsurface sediments. The velocities increase from the surface depthward and high values are also in the area of klippen body. Interesting is that similar high values like in the space of klippen are shallowly beneath the surface (sometimes already from 3 m).

To make the interpretated model more accurate it is necessary to extend the area of geological mapping, clarify the tectonic evolution and relationships between geological members in studied locality.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. LPP-0225-06.

O. A. ORLOVA[1], A. L. JURINA[1], N. V. GORDENKO[2] and D. A. MAMONTOV[1]: **First finding of *Archaeopteris*/*Callixylon* trunk in the Upper Devonian of Middle Timan**

[1]Geological Faculty, Moscow State University, Moscow, Russia
[2]Paleontological Institute of RAS, Russia

Permineralized wood (up to 24.5 cm long and 19.5 cm wide) was found in the Upper Devonian deposits of Middle Timan (north-west of European Russia) for the first time. The specimen is preserved as a flattened piritized petrifaction and was identified as a trunk of *Archaeopteris*/*Callixylon* by the structural features of its secondary xylem. About 30 small wood fragments from the different portions of the trunk have been studied with a scanning electron microscopy (SEM CAMSCAN). The secondary xylem and some elements of mesarch primary xylem are well-preserved in the wood fragments. Metaxylem in secondary branches is characterized by polygonal shape tracheids (12 –25 μm in diameter) with scalariform bordered pits both on radial and tangential walls of tracheids. Secondary xylem is of pycnoxylic type of the wood. The tracheids of secondary xylem are narrow (19 – 45 μm in diameter) and very long (about 1 mm long). The tracheids on their radial walls show distinct groups of bordered pits horizontally aligned in various tracheids. According to N. S. Snigirevskaya (2000), such type of radial pitting is designated as cohortoid pitting typical for *Callixylon*. There are 2 – 3 rows of the pits in each individual group. The pits are hexagonal in shape, 8 – 11 μm in diameter with inclined split-like apertures. Xylem rays are numerous, low, mostly uniseriate, only some partially biseriate. Ray tracheids are rarely observed at the ray edges on tangential section. Ray cells are various in their sizes, and rectangular in shape. Cross-fields show 6 – 14 cupressoid pits with inclined split--like apertures. Early *Archaeopteris*/*Callixylon* wood was found in five localities in north-west part of European Russia. This new finding of *Callixylon* in the Upper Devonian flora of Russia extends our knowledge about distribution of *Archaeopteris*/*Callixylon* forest formations.

The research was supported by Russian Foundation for Basic Researches, project No. 08-04-00633.

S. OZDÍNOVÁ[1], E. HALÁSOVÁ[2] and J. SOTÁK[3]: **Paleoecological interpretation of the Rapovce GTL-2 borehole (Lučenská kotlina Depression)**

[1]Geological Institute, SAS, Bratislava, Slovakia
[2]Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[3]Geological Institute, SAS, Banská Bystrica, Slovakia

Rapovce GTL–2 borehole is situated in the Lučenská kotlina Depression at the village Rapovce in the Southern Slovakia.

The borehole Rapovce GTL-2 was studied for biostratigraphical and paleoecological purposes on the basis of calcareous nannofossils and foraminifers. The age of sediments was Oligocene (Upper Rupel) to Lower Miocene (Upper Egerian/Eggenburgian), nannoplankton zone NP23–NN2 (sensu Martini, 1971) and foraminifers zone P19–P21.

The studied assemblage of the calcareous nannofossils was quantitatively and qualitatively rich.

The nannoplankton zone NP23 – *Sphenolithus predistentus* was composed mainly from species *Dictyococcites bisectus*, *Coccolithus pelagicus*, *Zygrhablithus bijugatus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Helicosphaera compacta*, *Helicosphaera bramlettei*, *Helicosphaera recta*.

The nannoplankton zones NP 24/25 (595 – 315 m) were determined on the basis of first occurrence of the species *Cyclicargolithus abisectus*. The stratigraphically important species *Helicosphaera recta*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera perch-nielseniae*, *Helicosphaera truncata*, *Reticulofenestra lockeri*, *Reticulofenestra hillae*, *Pontosphaera latelliptica* were found. The most common species were *Dictyococcites bisectus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Coccolithus eopelagicus*, *Cyclicargolithus abisectus* and *Zygrhablithus bijugatus*.

The border of the zones NP24/NP25 was impossible to determine due to very rare occurrence of species *Sphenolithus distentus*.

The nannoplankton zone NN1 Triquetrorhabdus carinatus was determined in the interval 315 – 170 m on the basis of the first occurrence of species *Sphenolithus conicus*. The composition of the nannoassemblage is similar as in the previous zones. Species *Dictyococcites bisectus*, *Cyclicargolithus floridanus*, *Coccolithus pelagicus*, *Cyclicargolithus abisectus* dominated. The stratigraphically important species were *Helicosphaera recta*, *Helicosphaera euphratis*, *Helicosphaera truncata*, *Reticulofenestra lockeri*, *Pontosphaera latelliptica*.

Zone NN2 Discoaster druggi (170 – 160 m) were determined on the basis of first occurrence of the species *Discoaster druggii* (Halásová in Vass et al., 2008); this is an index species for the border Oligocene/Miocene and nannoplankton zones NN1/NN2. Miocene species *Holodiscolithus macroporus*, *Triquetrorhabdus* cf. *carinatus*, *Helicosphaera mediterranea*, *H.* cf. *scissura* were found.

Upper Eocene and Mesozoic species like a *Reticulofenestra umbilicus*, *Istmolithus recurvus*, *Lanternithus minutus*, *Arkhangelskiela cymbiformis* were found rarely in all samples.

The paleoecological events were observed in the interval 490–495 m, when the subjects were small and the assemblage contained *Diatomaceae* – this indicated the terrestrial stream.

Growths of the species *Pontosphaera latelliptica*, *P. discopora*, *P. rothi* were located in the interval 390 – 380 m, this species occurred in the nearshore conditions.

In the interval 340 – 315 m the nannoassemblage was quantitatively rich; this can signalize stream of the nutrient.

Upper Rupel foraminifers species from the lower part of the borehole – Číž Formation – belonging to the zones P19–P22 (Soták in Vass et al., 2008), determined in this borehole composed from planktonic foraminifers: e.g. *Paragloborotalia nana*, *P. opima*, *Globorotalis ampliaperta*, *Globogerina venezuelana*. Very important species is *Paraglobalia opima*, because its last occurrence is in the boundary between planktonic zones P21 and P22.

The planktonic taxa are accompanied by the bentic foraminifers as e.g. *Lenticulina arquatostriata*, *Lagena sulcata*, *Sphaeroidina variabilis*, *Heterolepa dutemplei*, *Chilostomella tenuis*, *Cassigerinella chipolensis*, *Tenuitella brevispira*, *Stilostomella adolphina*, *Lenticulina budensis*, *Semivalvulina pectinata*.

From the Lower Egerian foraminiferal assemblage there were determined species like *Globigerinoides primordius*, *Tenuitella angustiumbilicata*, *Catapsydrax martini*, *Globoturborotalia* cf. *woodi*, epibentic forms as *Pellenia bulloides*, *Cibicidoides ungerianus*, *Gyroidinoides soldani*, *Sphaeroidina cipeana*, *Lenticulina cultrata* and others. From rich agglutinated foraminifers there occur *Trochammina globigeriniformis*, *Trochammina inflata*, *Haplophragmoides* sp. and others.

L. PETRÝDESOVÁ[1], P. ONDREJKA[2] and P. LIŠČÁK[1]: **The regime observations of the landslide Okoličné**

[1]Department of Engineering Geology, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[2]State Geological Institute of Dionýz Štúr, Bratislava, Slovakia

Slope movements negatively influence the quality of the environment in the Slovak Republic. Monitoring of these processes started in 1993. In 23 July 1993 the project "Partial Monitoring System of Geological Factors of Environment in the Slovak Republic" was launched. The objective of the project was to collect and classify information, which contributes to knowledge of mechanism of complicated slope processes as well as to give a prognosis of their evolution.

The landslide Okoličné is situated in the Liptovská kotlina Basin and has been studied in details by this project. The landslide is jeopardizing the main railway Žilina – Košice. Recently an increased attention is paid to this landslide, particularly to the hydrogeological conditions. The aim of our work was to extend the monitoring network and monitoring methods of the slope deformation on the measurement of selected physical parameters of groundwater. The period of landslide measurements was once per two weeks. The fieldwork was realized in the span of one year, from December 2006 to December 2007 during the work on Thesis. The groundwater physical parameters were observed in the vertical and horizontal monitoring boreholes. The following parameters were measured in the vertical boreholes: the oscillation of the groundwater table level, the variation of the electric conductivity and the temporal change in water temperature and in the different groundwater horizons. All measurements were realized using a conductometer. The measurements in vertical boreholes were performed using 20 m long cable with ascending and descending way of measurements per each meter. In the horizontal boreholes the measurements consisted of the following parameters: the yield, the electric conductivity and the water temperature, and their temporal variations.

Changes of the hydrogeological regime and changes of the water properties and their influence on the current stability of landslides were assessed using the results of performed measurements. The more dense frequency of measurements has been practiced the more accurate changes of the hydrogeological regime of the groundwater have been determined. The monitoring of the electric conductivity changes in the vertical direction provided some knowledge about the interaction of two and more horizons of the groundwater, which are present in the landslide body. Following the knowledge of the groundwater regime we are able to better recognize the influence of the water on the engineering geological properties of the landslide rock environment.

K. POLÍNKOVÁ: **Laboratory research of possibilities of CO_2 application for increasing the recovery of hydrocarbon deposits**

VŠB TU, Ostrava, Czech Republic

Emissions of carbon dioxide due to anthropogenic activities and their growing trend are considered as significant hazards to the sustainable development of humankind. Besides the efforts to reduce systematically CO_2 emissions (clean technologies), the methods of CO_2 subsequent utilization and especially the possibilities of its storage in suitable geological formations are verified at present.

Suitable potential storage spaces are above all exhausted oil and natural gas deposits as well as those where extraction is being completed, in which the recovery of residual oil can be improved by CO_2 injection (method EOR = Enhanced Oil Recovery) by 10 to 15 %. In the ideal case, the benefit of improved recovery may exceed the costs of CO_2 capture and storage.

In the paper, results of laboratory tests of CO_2 applications in the case of oil displacement using the apparatus MAFI are described.

J. RYGAŁ and G. RZEPA: **Mineralogical characteristics of postvolcanic activity products in the island of Volcano**

Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

Vulcano and Vulcanello are two of many volcanoes on the Lipari Islands. They probably have had the same magmatic source. However, they differ in character and intensity of postvolcanic activity. Vulcano is an older (first eruption was about 136,000 years ago) and bigger structure (500 m a.s.l.) with postvolcanic activity still apparent. Vulcanello is smaller (123 m a.s.l.) and younger volcano (183 BC). Its surface seems to be more altered by gas exhalations and plant succession.

The research aimed at comparing postvolcanic products of these two volcanoes. For this purpose, light microscopy, XRD, FTIR and SEM methods were applied. It was stated that the main postvolcanic activity products on Volcano are native sulphur and sal ammoniac (NH_4Cl). Small amounts of opal are also present. As was determined by XRD, despite the colour variability, all the sulphur varieties (yellow, orange and greenish) are structurally identical. Minerals from Vulcanello are much different, including (usually hydrated) sulphates and hydroxysulphates. Native sulphur, sal ammoniac and opal were found as well. In white and whitish-coloured samples the main phases are gypsum, alunogen $Al_2(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, alumes (K, Na, NH_4^+)$Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, as well as tamarugite-type minerals (hydrated Na-Al and NH_4-Al sulphates). Yellow-coloured specimens contain, besides alunogen, tamarugite and alumes, also K-Mg-Fe sulphates (having clairte and metavoltine-type structures). In all samples small amounts of barite-celestine were found. Rarely, unidentified REE--compounds as well as Cu and Zn sulphates were detected.

The mineral assemblages on both volcanoes are the results of low--temperature postvolcanic activity. However, substantial mineralogical differences suggest various stages of alteration processes, being more advanced on Volcanello. Such advanced step of alteration is, in turn, caused by higher oxygen and water activities.

L. RYŠAVÁ and Ľ. SLIVA: **Sedimentary architecture of the Neogene basin fill in the northern part of Vienna Basin**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

Case study area, the Hrušky gas and oilfield, is situated in the NE part of the Vienna Basin, at the eastern flanks of the Central Moravian Depression. The hydrocarbons accumulation is situated in the Middle Miocene sediments, deposited in deltaic environment. The Hrušky field development was significantly influenced by tectonic activity of the Lanžhot – Hrušky faulted system.

The Hrušky gas and oilfield area geological pattern is very complicated, due to above mentioned fault activity. The pre-Neogene basement is disintegrated by the Lanžhot – Hrušky faulted system into "lower" and "upper" tectonic block. Above the blocks situated deposits are of the Middle to Upper Badenian and Sarmatian age. The synsedimentary fault activity had a crucial importance on the field development, causing various thicknesses at both sides of fault, as well as of due its sealing properties. On the basis of this fact, the sediments of the Middle and Upper Badenian are characterized from "upper" tectonic block, and sediments of the Sarmatian from "lower" tectonic block.

The main task of interpretation has been monitoring of facial development in the direction of transport of clastic material from SW to NE, using correlation of seismic profiles and well logs. On the basis of analysis of well logs (trend analysis) and seismic profiles was also interpreted the sequence stratigraphy of locality, system tracts and SB1 and SB2 type sequence boundaries were established.

The final output of this research was: (1) SB 1 type boundary is situated between Lower and Middle Badenian deposits, (2) the Middle Badenian sedimentation started with transgression represented by the Láb sands Mb. at the base and litotamnium biostrome unit Mb. in higher part of sedimentary record. Both these members bear typical feature of transgressive system tracts deposits (TST), (3) between the Middle and Upper Badenian sediments was found an short regression event, which is characterized by downlaps in the seismic profile. The Upper Badenian sedimentation represents transgressive and highstand system tracts deposition (TST, HST).

The Sarmatian record started without apparent erosion (SB 2 type sequence boundary). Lowstand system tracts (LST) are represented by the fresh water deposition, passing upwards into transgressive system tracts (TST) marine sediments (Large Elphidum Zone). The maximum flooding surface (mfs) is in above situated clays of the Porosononion hauerinum Zone of highstand system tracts (HST) deposits. In the Upper Sarmatian Porosononion granosum Zone, further reduction of salinity and sedimentation of lowstand system tracts (LST) were recognized.

From accumulation of hydrocarbons point of view the Láb sands Mb., Litotamnium limestones Mb. and the Sarmatian sands (in lower and upper parts of sequence) are of maximal importantance.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0280-07.

D. SALA and G. RZEPA: **The evaluation of contamination of landslide lakes in the Babia Góra National Park**

Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

The Babia Góra National Park (BgNP) is situated in the Western Flysch Carpathians, being the eastern part of the Beskid Żywiecki Mts. Within the Polish part of the BgNP there are about 19 small landslide lakes. They are located mainly on the northern slope of the Babia Góra massif, within the forest and the pine-dwarf belts. The study aimed at estimating the contamination of ponds. For this purpose the water and bottom sediment samples were collected in the summer of 2007 and 2008. In the sediments, the concentrations of trace elements (Cd, Cr, Cu, Pb and Zn) and hydrocarbons were estimated. Results of detailed water analyses, including main cations and anions as well as trace element concentrations and selected physico-chemical parameters, were presented in our earlier work.

It was stated that the water is acidic to neutral and with low mineralization. The minor and trace element concentrations are usually very low. Higher levels of Fe, Mn and Al are the result of natural geochemical processes. Trace metal concentrations in the bottom sediments are usually low as well, but are more variable, depending on the sediment type and location of the lakes. Concentration ranges are as follows: 9.27 to 65.06 mg/kg for zinc, 6.08 to 22.05 mg/kg for lead, 1.65 to 6.71 mg/kg for copper and 0.19 to 4.63 mg/kg for chromium. Only cadmium contents are elevated, being in the range 1.12 – 25.94 mg/kg, with an average of 10.57 mg/kg. Other authors also showed high Cd contamination levels in soils and mosses, as well as Pb in mosses, suggesting that the pollution is probably caused by emissions from the Upper Silesian and Ostrava industrial districts. However, low contents of heavy metals (including Cd and Pb) in snow, rain and lake water in this area indicate that the pollution has been decreasing in recent years.

M. SENTPETERY, V. KOTRČOVÁ, I. SLÁVIKOVÁ and J. HÓK: **Geological setting of the SW part of the Krivánska Fatra Mts. (NW Slovakia)**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The investigated area is situated in the SW part of the Krivánska Fatra Mts. (NW Slovakia) between Nezbudská Lúčka village and Belianska dolina valley. The area is typical by the contact between tectonic units of Central Western Carpathians and the Pieniny Klippen Belt zone. The geological setting is composed of several superposed Paleo-Alpine tectonic units – the Tatricum, Fatricum, Hronicum,

and the Manín sequence, which is considered as the lithotectonic sequence belonging to the Peri-klippen zone. Typical for the tectonic setting is the fold and thrust style with the NE – SW oriented fold axes. Paleo-Alpine (Lower Cretaceous) structures are typical with top to the north-northwest displacement. Neo-Alpine (Lower Miocene) structures have the opposite polarity of tectonic displacement. The nappe contact of the Fatricum Unit is characteristic with southeast vergent superimposed folding. The backthrust tectonic style is documented also by the tectonic contact of the Hronicum Unit with different lithostratigraphic members of the Tatricum Unit. The presence of the tectonic outlier of the Manín sequence overlying sediments of the Central Carpathian Paleogene confirmed the role of the reverse/backthrusting tectonic movements in this area.

Acknowledgement. The authors would like to thank to the VEGA Grant: 1/4044/07 Tectonic interpretation of the contact zone between the Inner and Outer Western Carpathians for the financial support.

S. SITEK: **Application of three-dimensional geological mapping for groundwater modelling of the aquifer system MGB Gliwice No. 330**

Department of Hydrogeology and Engineering Geology, University of Silesia, Sosnowiec, Poland

Explain prediction and their reliability based on groundwater models considerably depends on how well the models correspond to natural systems. Development of multilayer numerical models in a fractured media very often causes relatively serious problems in the accurate and consistent modelling of groundwater flow systems. Mapping of geometric groundwater medium using data from 2D geological maps, boreholes and geological cross-sections can be insufficient without constructing 3D geological model of appropriate detail based on interpretation of deep geological structure, which often is very complex. The application of new techniques of 3D computer modelling of geological sub-surface helps to make better maps and to understand deep geological setting. In the paper a 3D geological model of multilayer aquifer system is presented on area of 392 km^2. The main element of this model is abundant groundwater reservoir, a major groundwater basin (MGB) Gliwice in Middle Triassic carbonate bed. MGB Gliwice is a karst-fractured-porus medium about 200 m thick. Numerous faults with relatively large throws form significant horsts and grabens in the area of MGB. Carbonate aquifer is covered partly with well permeable Quaternary deposit up to 40 m thick and Miocene impermeable bed of maximum thickness about 150 m. Geological model of multilayer aquifer system has been developed using Earth Vision software. Data from 171 boreholes have been digitized and verified. About 80 % of boreholes were deep enough to contain information about top and 60 % about bottom of the Triassic carbonate aquifer. Fault traces have been digitized from geological maps without Quaternary deposit in scale 1 : 50 000 and reinterpreted, if necessary, using regional cross-sections. The sub--surface mapping of the MGB geological structure in three dimensions has significantly influenced the correctness of discretization of hydro-geological medium structure for the output flow model FeFlow. The project shows that application of modern 3D geological mapping increases accuracy of producing viable groundwater flow models and makes prognostic simulations on the models much probable.

K. SLAVOVA and D. DIMITROV: **The fluctuations of the Black Sea Basin after the Last Glacial Maximum to 7 500 cal. yrs BP as a result of Solar Luminosity cycles**

Institute of Oceanology – BAS, Varna, Bulgaria

The aim of this report is to determine the causality between the cycles of Solar Luminosity on one hand, and the paleoclimatic data for the Black Sea region and the fluctuations of the Black Sea Basin on the other hand. It is ascertained, that for the Black Sea region there is a cycle recurrence in the climate change after the Last Glacial Maximum until present (Slavova, 2001). The solar insolation proxy record in a speleothem from Duhlata Cave, Bulgaria is measured by Stoykova (2003). Furthermore, in Shopov et al. (2001) the variations of the solar insolation in the past climatic conditions, caused by variations of orbital parameters and Solar Luminosity self variations were distinct. A luminescent solar insolation proxy record suggests that the solar insolation resulting from Solar Luminosity self variations can produce climatic variations with intensity comparable to that of the orbital variations (Stoykova et al., 2008). In this paper is considered, that the regression of the Black Sea Basin to the depth of –90 m/–100 m below the contemporary sea level during the Lower Holocene is not abrupt event. The established cycles of Solar Luminosity are recorded in the change of paleoecological setting in the Black Sea region. Actually they can explain the short-periodicity fluctuation of the Black Sea level.

Acknowledgement. This report was possible due to project DO 02-337 of Bulgarian Ministry of Education and Science.

M. SMREČKOVÁ[1] and J. SOTÁK[2]: **Radiolarian-bearing horizons in the Upper Cretaceous pelagic sediments of the Manín Unit: Biostratigraphic zonation and environmental bioevents**

[1]Faculty of Natural Sciences, Matej Bel University, Banská Bystrica, Slovakia
[2]Geological Institute, SAS, Banská Bystrica, Slovakia

The investigated section is situated near Praznov village, cropping in forest road behind a cementery. The section is around 30 m thick and represents the Hrabové Formation. It is a part of Manín or Podháj units, which attribution is not solved yet (Rakús and Hók, 2005).

Occurrences of radiolarians here represents by now the first findings of this microfauna in the Slovak territory.

Radiolarians assemblage from the middle part of studying profile corresponds to stratigraphic interval from the Coniacian? to Upper Santonian.

Association from higher parts is characteristic for the stratigraphic interval from the Santonian to Upper Campanian. According to zonation by Hollis and Kimura (2001) both associations belong to zone *Dictyomitra kozlovae*.

The samples were relatively rich in the representations from the family *Pseudoaulophacidae*. According to Višnevska and Basov (2007) they finish their occurrence at the boundary of the Santonian/Campanian. Therefore, in our samples there are apparently present assemblages under the boundary of the Santonian/Campanian, representing only lower part of the zone *Dictyomitra kozlovae* (Dk1), stratigraphicaly corresponding to the Santonian.

From the obtained proportion of S/N we can assume that attendant assemblage shows likely deterioration of environmental conditions responding to previous significant biotic event during Santonian – Campanian.

On the basis of foraminiferal associations, stratigraphic interval was determinated from the Cenomanian to the Upper Campanian. The Middle Turonian part is represented by the species *Praeglobotruncana oraviensis trigona* (Scheibnerová). The interval with the species *Falsomarginotruncana renzi* (Gandolfi), *Marginotruncana terfayaensis* (Lehman), *Marginotruncana pseudolinneiana* Pessagno, *Marginotruncana coronata* (Bolli) and *Contusotruncana cornicata* Salaj presents stratigraphic interval from the Coniacian to the Santonian. The youngest part of the section presents the Upper Campanian with the index taxon *Globotruncana arca* (Cushman) and *Globotruncana venticosa* (White).

B. SOPKOVÁ[1, 2] and R. PROCHÁC[2]: **Sarmatian sedimentary record in the Moravian part of the Vienna Basin**

[1]Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[2]Euro-Geologic, a. s., Bratislava, Slovakia

This study was focused on Sarmatian sedimentary record in the Moravian Central Depression (MCD) and on the Gbely – Hodonín and Mistelbach blocks situated in the northern part of the Vienna Basin in the Czech Republic.

In our study area several petroleum fields are presented: Moravský Žižkov, Velké Bílovice, Prušánky and Poddvorov fields, situated on the western margin of the MCD – on the Mistelbach block; Hrušky and Josefov fields on the hanging-wall of the Lanžhot-Hrušky fault and Lužice and Týnec fields on the upthrown Gbely – Hodonín block.

When studying well log (SP) records from individual fields, in each field a unique development of sandy horizons can be recognized, which is traceable across the entire field. However, when trying to compare sedimentation patterns among individual fields, no general model valid for the whole MCD can be established. The differences in sedimentary development are particularly evident in the Lower Sarmatian deposits, while the Upper Sarmatian and Pannonian sediments show more common features. This fact is related to the gradual infilling of the basin during the Sarmatian stage and to the direction of sediment input. Resistance logs (RAG) from the analysed boreholes (cca 1 800) reveal a successive change in the pore water composition from marine (Lower Sarmatian), brackish (Upper Sarmatian) to fresh (Upper Sarmatian, Pannonian).

Average Absolute Amplitude (AAA) attribute shows the best results when observing lithological and facial changes. Thus, attribute maps were constructed for selected horizons of interest. These maps demonstrate transition of depositional settings during the Sarmatian stage as well.

In other words, the Sarmatian sedimentary cycle demonstrates a gradual infilling of available accommodation space and associated normal regression, what at the end of the Sarmatian stage resulted in the definitive withdrawal of the sea from studied area and prevalence of lacustrine environment.

J. STRZELCZYK and T. DANEK: **Creation and application of Heterogeneous Parallel Computing Environment for seismic modelling**

Department of Geoinformatics and Applied Computer Science, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

Wave field modelling is an important tool for seismic exploration and seismology. It can be used during all stages of seismic investigations and for various earthquake related analyses. But even now serial computations for models of a standard exploration scale are much time consuming and could last many days. Moreover, many new extremely computationally expensive methods which use the wave field modelling are just being developed now. For example full wave form inversion through Monte Carlo sampling sometimes requires hundreds of thousands of models to be computed. Fortunately wave field modelling is a problem which is easy and effective to solve with parallel systems. But access to supercomputers or HPC clusters is usually limited. It is very common that small local problems, which can be easily solved with parallel computations, have to be queued for hours because there are not enough free cluster resources. That is why ad-hoc dynamic creation of small, parallel and usually heterogeneous parallel computing environments can make computationally intensive applications more common and affordable.

New technological developments can be very helpful in solving this kind of problems. In this work authors used a heterogeneous parallel computer created from currently possessed hardware by the use of Sun Grid Engine software. The hardware consisted from two IBM BladeServer units and one PC machine that were available at the time. Heterogeneity was present on both levels: hardware platform and operating system. Blade machines ran Linux Fedora and PC ran Windows 2000.

Sun Grid Engine (SGE), used in this installation, is a Distributed Resource Management system. Its free version, called The Grid Engine, is the open source software to facilitate the adoption of distributed computing solutions. The Grid Engine project provides enabling distributed resource management software for wide ranging requirements from compute farms to grid computing. In this particular case SGE solution helped in better utilization of available computing resources to calculate important and complex scientific problems. Authors investigated the possibility of accelerating a seismic modelling procedure. As it was expected application of parallel solutions significantly decreased time of wave field modelling algorithm execution. But the results also show that even in the case of computation done in highly heterogeneous and ad-hoc created software and hardware environment obtained speed-ups are more than satisfactory.

B. STYRNOL: **Technological quality of coal seam from the "DRZEWCE" lignite deposit ("KONIN" lignite mine)**

Department of Economic and Mining Geology, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

"Drzewce" exposure is situated in Greater Poland Voivodeship in municipalities: Sompolno, Kramsk and Osiek Mały. It is tenth exposure of KWB "Konin" while its extraction began in 2006. The deposit consists of three mining fields: "Bilczew" field, "Drzewce" A and B fields. In geological terms it is situated on the Polish Lowland, in north-east part of Łódź Syncline. Researched lignite deposit belongs to I-Middle-Polish lignite seam. It is single seam deposit. Industrial resources of "Drzewce" exposure are 35.2 mln tons. Ca. 600 boreholes have been used during this research. Profile is made of two geological floors: Mesozoic and Cenozoic. Cenozoic floor can be divided into three complexes: sub-coal, inter-coal and upper-coal. Subject of research interest is coal complex, in which lignite seam exists. Thickness of barren rock varies from 7.9 m in "Bilczew" field up to 51 m in "Drzewce B" field. These rocks are mainly: sands, clays, gravels and loams. Lignite seam thickness varies from 3 m up to 12.2 m. Detritic or detroxylitic lignite occurs in the seam. Layers with fiber xylite appear occasionally. Reflectance huminite in researched seam is 0.22 %. Coal from researched seam is in 99 % destined for burning in Pątnów and Konin power stations and because of that it was examined mainly in this direction. It contains average 56.9 % of total moisture in "Bilczew" field and 55 % in "Drzewce" field. Ash recalculated to dry basis in "Bilczew" is 26.5 % while in "Drzewce" 24 %. Calorific value of "Bilczew" is 8733 KJ/kg (2068 kcal/kg), in "Drzewce A" is 8 768 KJ/kg (2 094 kcal/kg), and in "Drzewce B" 8 997 KJ/kg (2 149 kcal/kg), content of total sulphur, recalculated to dry basis, is highest in "Drzewce A" with 1.88 %, while in "Bilczew" field it is 1.58 % and in "Drzewce B" 1.2 %. Alkali content ($Na_2O + K_2O$), recalculated to dry basis, is low in whole deposit and not exceeds 0.2 %. Usefulness of researched coal to other purposes than burning was also examined. Researched coal can be partially used to briquetting, on condition that part of the ash would be removed. All examined coal can be used to gasification in modern IGCC generators (integrated gasification combined cycles).

According to the international standards (ECE-UN 2003), lignite code from "Drzewce" deposit is: Ortho-Lignite (huminic low C) 23 56 24 16. Where: 23 – average heat of combustion recalculated to dry basis, ash removed, 56 – average total moisture, 24 – average ash content recalculated to dry basis, 16 – total sulphur content recalculated to dry basis.

Actually in Poland there is no norm concerning classification of coal, other than brown coal, to energetic purposes.

M. SULÁK: **Classification of white micas from shear zones of the Central Western Carpathians**

Department of Mineralogy and Petrology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

The Central Western Carpathians are composed of nappes, which have been formed during Cretaceous to Lower Tertiary collision. They are structurally subdivided by major Cretaceous to Lower Tertiary thrust-faults into the Infratatric, Tatric, Veporic and Gemeric tectonic units. Formation of these nappes was followed by thrust shearing and metamorphism. The Infratatric unit in the Považský Inovec Mts. contains sheared basement and cover rocks included into the Belice and Inovec nappes. Estimated temperatures and pressures for the Belice nappe Jurassic to Cretaceous metasediments are 200 to 250 °C and 600 MPa. The rocks of the Infratatric Inovec nappe were subjected to anchimetamorphic temperatures up to 300 °C at pressures minimally 500 MPa due to overthrusting by the Tatric Panská Javorina nappe. The hanging wall blastomylonites of the Panská Javorina nappe show temperatures 280 – 330 °C at 300 to 500 MPa. Similar conditions were noticed also in the Malé Karpaty Mts., Malá Fatra Mts. and High Tatra Mts. The North Veporic nappes, with metamorphic greenschist facies overprint with 320 – 420 °C and 400 – 600 MPa. The collision burial of South Veporic nappes was accompanied by metamorphic recrystallization at 400 – 520 °C (locally 550 – 600 °C) and 700 – 1 000 MPa.

K-white micas (muscovite, phengite), generated during metamorphism in shear zones, show chemical changes. K-white micas can be classified according to Rieder et al. (1998) and Tischendorf et al. (2004). The first (IMA) of mentioned classifications is not very suitable for EMP analyses alone, because it does not distinguish amount of Fe^{2+} and Fe^{3+}. However, this can be solved by application of Mössbauer spectroscopy, which is able to determine ratio between Fe^{2+} and Fe^{3+}. Classification by Rieder distinguishes three mica end members: muscovite, celadonite, alumino-celadonite, but not phengite. Phengite is characterized as mineral series between mentioned end members. Tischendorf´s classification is completing the Rieder´s one. It is applicable for EMP analyses and it includes sum of Fe in a sample. On the other hand, it is necessary to know Li content. That is possible to calculate by empiric formulas from F content. In Tischendorf´s classification there are distinguished muscovite and phengite, what is very useful for metamorphic petrology, where phengite is diagnostic mineral in low- to medium--grade metamorphic facies. Content of phengite in metamorphic rocks rises with higher pressure and a content of Si p.f.u. in phengite is used as a geobarometer (Massone and Schreyer, 1989).

White micas in shear zones of Central Western Carpathians usually occur in form of coarse-grained muscovite, fine-grained, newly formed sericite-muscovite or newly formed phengite. In the Infratatric Belice nappe phengites are mostly with Si p.f.u. around 3.3. In the Infratatric Inovec nappe an original muscovite can be preserved (Si p.f.u. approx. 3.15) within newly formed phengite (Si p.f.u. approx. 3.3) aggregates. Similar situation is in the hanging wall of the Tatric unit. The North and South Veporic units show different degree of metamorphism, which is reflected by chemical composition of white micas. In the North Veporic nappes newly formed sericite--muscovites are most common. The South Veporic unit, with the deepest syn-metamorphic burial, shows celadonite-rich phengites. This is confirmed by very high content of Fe (4 – 8.5 wt.% oxides). However in some samples rare relics of older muscovite with lower content of Fe (1.5 – 2.8 wt.% oxides) are also present.

Acknowledgement. This work was supported by the grant APVV--0279-07.

R. SYNAK[1] and R. PROCHÁC[2]: **Badenian depositional environments and sequence stratigraphy of the Vienna Basin**

[1]Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia
[2]Euro-Geologic, a. s., Bratislava, Slovakia

Sequence stratigraphy represents the study of cyclic sedimentary patterns within stratigraphic succession, as they form in response to various factors, such as fluctuations in sea level (fall or rise), variations in sediment supply or space available for sediment to accumulate. These factors have significant influence on the final internal architecture of sedimentary record and also produce some typical attributes observable on geophysical data sets (seismic data, well – log data). Depositional sequence is the fundamental stratal unit in sequence stratigraphy. It represents the final depositional unit of one full cycle of sea level changes and it consist of subdivisions called the system tracts, which interpretation is based on stratal stacking patterns, position within the sequence and types of bounding surfaces.

In the area of the Slovak Neogene basins (Vienna Basin, Danube Basin) system tracts and depositional system were first defined in the works of Michalík et al. (1999), Kováč (2000) and Baráth et al. (2000). In the Miocene sedimentary record eight regional third-order cycles were introduced and defined as CPC 0 (Egerian)–CPC 7 (Pannonian). In the Vienna Basin area there were later defined nine third-order cycles of relative sea-level changes in the Miocene of the Vienna Basin. They are termed VB 1 (Eggenburgian) to VB 9 (Pannonian). The aim of the works mentioned above, was also to correlate these regional cycles with global cycles of sea level changes (sensu Haq et al., 1988). It can be stated that only partial comparison with global cycles is proposed in the Vienna Basin area (Kováč et al., 2004).

The aim of our work was to analyse and divide Middle Miocene (Badenian) deposits into sequence stratigraphy system tracts and to comprise our results with the previous results from the publications mentioned above, eventually with one of the global cycles chart. We have applied the sequence stratigraphic principles in Badenian part of Miocene Vienna Basin fill in its northwest part.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0280-07, and by Comenius University under contract No. UK/212/2008.

M. SYREK: **Changes of *coalification degree* of organic matter in the Silesian Unit formations in the western flysch Carpathians, Poland**

Department of Economic and Minnig Geology, AGH University of Science and Technology, Cracow, Poland

The main objective of presented study was to investigate the changes of random vitrinite reflectance in DOM (dispersted organic matter) present in the Silesian nappe. Differences in random vitrinite reflectance can be related to tectonic and geothermal history after its inversion stage. At present the Silesian nappe covers the area of western part of flysch Carpathians where it forms the mountain range of Beskid Slaski, Beskid Maly as well as a bigger part of foot--hills. The Silesian Unit is formed by lithostratigraphic beds from Lower Tithonian (Lower Cieszyn Shales) to Upper Oligocene (the Krosno Beds).

The Godula Beds (Senonian), the Istebna Beds (Senonian, Paleocene) and the Krosno Beds (Upper Oligocene) are characterized by the presence of coalified plant detritus (in dispersed form), forming dark lamina from 1 – 5 mm and are divided by 4 mm thick clay-mud lamina with small admixture of very fine grained sand. Therefore, the analyses of random vitrinite reflectance of those samples were performed. Those lamina occur in mudstone and mud-sand sediments with fractional and diagonal graining. In general, detritus present in dark lamina is very fine-grained and directional orientation is noticeable. However, on the bedding surfaces its thicker fraction is distinguished. Paleotransport directions of organic matter may be described on the basis of detritus fragments ordering. The random

vitrinite reflectance in the samples of flysch rocks enriched in coalified organic matter was measured using Opton-Zeiss Axioplan MPM 400 reflectometer. Measurements conditions were in accordance with requirements established by International Committee for Coal Petrology and Organic Matter.

Obtained results for the Silesian Unit beds indicated that stratigraphic position is not correlated with values of random vitrinite reflectance R°. On the other hand increase of coalification degree in the organic matter towards subduction zone, localized in southern range of the Pieniny Klippen Belt, was observed. Factors which mainly influence coalification degree are temperature as well as a dynamic and static pressure. Increase of temperature is related with process of subsidence and postsedimentation depth changes during thrusting of Silesian nappe on the foreground. Additionally, temperature variations may be caused by static pressure due to the present overlay. In turn, overthrusting of separated Silesian nappe on the lower sediments and Subsilesian nappe led to changes of dynamic pressure. Obtained R° values and geothermal history of the Silesian nappe suggest that temperature had a significant impact on the coalification process. This process could have been intensified or weakened due to pressure. Parameters affected by static and dynamic pressure should be considered separately. It is necessary to underline that random vitrinite reflectance increases even up to 0.2 % upwards in vertical profile observed in tectonic windows area.

V. ŠIMONOVÁ: **Analysis of fault kinematics and paleostress reconstruction from the Butkov quarry (Manín Unit, Western Carpathians)**

Department of Geology and Paleontology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

In the last years the Manín Unit represents perhaps the most discussed and most contradictory tectonic unit in the Western Carpathians. Its paleotectonic development was very complicated. In the Považie region, this originally Central Carpathian unit has become a part of accretionary prism of the front of Central Carpathian block where it was incorporated into the Pieniny Klippen Belt. Later, it was deformed again during the younger phases of the Alpine orogeny together with the Outer Carpathians. Paleogeographically, the Manín Unit is considered to be either the most external part of the Tatric sedimentary area, or an individual paleogeographic zone between Tatricum and Klippen zone (Andrusov, 1972; Rakús, 1977). Alteratively, it is a nappe of Fatric affiliation in the Vysoká development (Maheľ, 1978). It is characterized mainly by the shallow-water limestones of the Lower Jurassic and Lower Cretaceous age, but also by the Cenomanian and Senonian flysch. The most typical member of the Manín unit is represented by thick formation of Barremian–Aptian platform limestones of Urgon type. The older members outcrop mainly in two large brachyanticlinal "klippes" – Manín and Butkov klippes.

Mt. Butkov is an expressive morphological dominant of the area on the western margin of the Strážovské vrchy Mts. It was formed during multistage ductile-brittle and brittle tectonic evolution that occurred in several deformation stages producing variable fault structures. Based on their mutual interactions and relative succession, the faults were separated into homogeneous groups. We have used the program Win Tensor for the separation of the faults and determination of stresses.

The oldest recorded deformation phase in this area was transpression. This event is characterized by the WNW – ESE oriented σ_1, as a result of compression tectonic regime. The strike-slips faults (mainly dextral faults) and rarely reverse fault define this event as the WNW – ESE oriented transpression. For the next deformation phase, the change of the tectonic regime from transpression (WNW – ESE) to the compression regime with NW – SE oriented σ_1 is typical. This event was accompanied by the formation of reverse faults. The next change of tectonic regime occurred from transpression to the transtension tectonic regime. This event is characterized by the WNW – ESE oriented σ_3. There were formed normal faults and strike-slips (predominantly sinistral) as a result of transtension. Transtension continued during ENE – WSW compression, where strike-slip faults (dextral) and normal faults were dominated. The youngest event was characterized by the NW – SE oriented σ_3. The faults are product of extension tectonic regime and are represented by normal faults.

Acknowledgement. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0465-06.

M. ŠMELKO: **Permian volcanism of the Gemeric Unit**

Department of Mineralogy and Petrology, Comenius University, Bratislava, Slovakia

In Western Carpathians the rift-related volcanism was active during Upper Paleozoic from the Upper Pensylvanian to Cisuralian. The Cisuralian age was confirmed by the geochronological dating on zircons (Vozárová et al., in press) and monazites (Rojkovič et al., 1991; Rojkovič and Konečný, 2001; Vozárová et al., 2008). These volcanic rocks, indicating the post-collisional stage of Variscan orogeny, are most abundant within the Northern Gemeric Unit in the Petrova hora Formation (Bajaník et al., 1981). Volcanics rocks range from acid to intermediate members (rhyolites, dacites to andesites) and have the A_2-type, post-collision, calk-alkaline trend, which completes the general geotectonic position of the Northern-Gemeric basin in the transpression/transtension regime and extenzion regime (confr. Vozárová, 1996). Acid volcanites from the Permian sequences of the Southern Gemeric Unit were formed by the extension and post-Variscan rifting. These volcanites are interpreted as A_2-type, post-collision, anorogenic rhyolites and dacites with calc-alkaline, mostly alkaline magmatic afinity (Vozárová and Vozár, 1988; Šmelko, 2007). A_2-subgroup (Y/Nb > 1.2) indicates a crustal source, or mantle differentiated source with no relation to OIB after Eby (1992). It was proved by the typological studies of the accessory zircons from Northern and Southern Gemeric units (Broska et al., 1993; Šmelko, 2007). This indicates the crystallization in a high temperature alkaline regime and may suggest a derivation of rhyolite-dacite magmas in deeper parts of the continental crust. The volcanites of the Gočaltovo Group (GG) have higher K_2O content with average values of

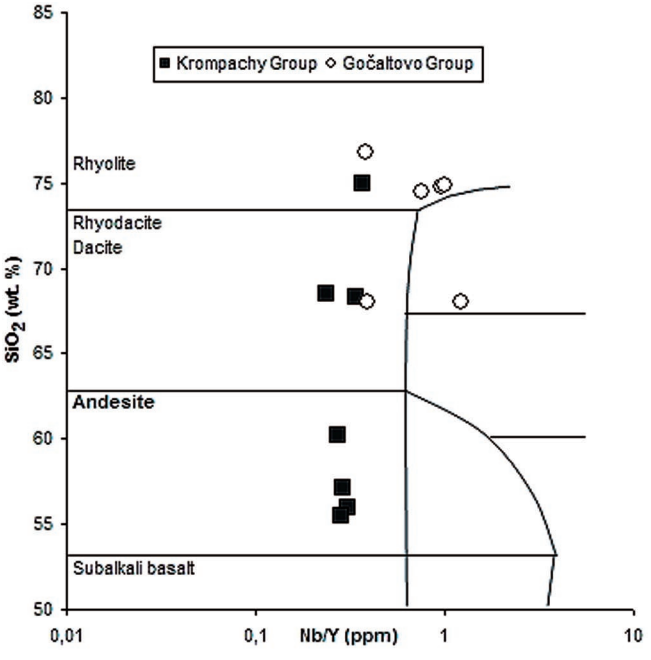


Fig. 1. Chemical composition of volcanites of the North Gemeric Unit (Krompachy Group) and of the South Gemeric Unit (Gočaltovo Group) after Winchester and Floyd (1976).

6.8 wt.%, comparing with the Krompachy Group (KG) volcanites with average K_2O values of 2.3 wt.%. The Na_2O content is relatively low (0.1 wt.%) for GG and average values of 4.3 wt.% for KG. GG has very low values of CaO (average values is 0.02 wt.%), comparing with higher CaO in the KG (average 2.5 wt.%). The average SiO_2 content is 73 wt.% in the GG and 62.9 wt.% in the KG. The average values of TiO_2, varied between 0.34 wt.% (GG) and 0.74 wt.% (KG). The Al_2O_3 content of both groups is higher (average values is 15.04 wt.%). Average value of Fe_2O_3 is 2.14 wt.% in GG and higher is in KG (6.72 wt.%). The MnO concentration is very low (0.06 wt.%) for the both groups. These volcanites have higher average values of Rb (110 ppm), Zr (337 ppm), Y (49 ppm) and rare earth elements REE expect Eu (0.6 – 2.2 ppm), and much lower content of Sr in GG (6.5 ppm) comparing to KG (average value is 65 ppm). The studied volcanites incline according to the Zr/Hf ratio to the rocks of mainly crustal origin, rather then peraluminous less metaluminous granitoids.

Ľ. ŠTRBA: **Deep-water sediments analysis of Teleajen valley, Romanian Flysch Zone**

Department of Geosciences, Technical University, Košice, Slovakia

Major part of East Carpathian Flysch Zone corresponds to Moldavides, consisting of several nappes well exposed in some valleys or road-cuts. The stratigraphic succession, showing different lithofacies, extends from the Lower Cretaceous up to the Lower Miocene. During this interval, the detrital rocks were supplied by two main sources: an external source situated in the foreland, and an internal source represented by the "cordilleras" or, mostly in Cenozoic, by the still structured internal units of the East Carpathians (Săndulescu, 1994). One of these areas can be found in Teleajen valley near Maneciu dam, 45 km northward from Ploesti (Prahova), in the central-southern part of Romania. Along the Teleajen river crop out hundreds of meters of Cretaceous sedimentary rocks of Teleajen nappe (Convolute Flysch). This study is focused on the sedimentological research and analysis of these sediments. Detailed bed-by-bed logging gives information about the thickness, geometry, grain size and sedimentary structures of each measured bed. Two main facial associations were recognized: (I) thick medium- to coarse-grained, mostly massive, sandstones, occasionally alternating with fine sandstone or mudstone and (II) association of thin-bedded fine sandstone alternating with mudstone layers (ratio 1 : 2) with internal features of sandstone beds like parallel lamination, ripple cross lamination, intra-bed slumps and through cross bedding. Facial associations with other features (e.g. dish structure) of these sedimentary rocks indicate that the sediments were primarily deposited in inner fan environment of turbidite distributary channel.

Acknowledgement. This contribution is a part of the grant VEGA No. 1/3061/06.

J. ŠURKA: **Sedimentological analysis of Borové Formation (Paleogene) in Komjatná and Biely potok (Liptov Basin)**

Geological Institute, SAS, Banská Bystrica, Slovakia

Sediments of the Borové Formation show a typical transgressive character on the studied localities. A softened character upward is typical for these sediments. These sediments are formed mainly from conglomerates of all size categories (coarse-grained, medium-grained, close-grained) and coarse-grained to medium-grained sandstones. Lithological composition of sediments directly reflected composition of their Mesozoic underlayer (composed wholly of Choč nappe dolomites). Bases of the profiles are formed mainly by coarse-grained to medium-grained conglomerates which are often with normal gradation (Komjatná). Changing of coarse-grained and close-grained layers of little thickness is very often. The layer thickness is sometimes only up to the size of clasts (Komjatná). These sediments are typical for flash floods deposits on fan delta or deltaic fan surfaces. In many parts of the profiles there was difficul to find the layer border line because layers are strongly amalgamated. Upwards in the profiles conglomerates are changing into coarse-grained to medium-grained sandstones. Sandstones contain nummulites which are typical for sediments of the Borové Formation and show passing into marine environment. Sedimentation took place on the slope, what is indicated by slip bodies of conglomerates in sandstones. At the top of profile in Komjatná there were found the stripes of horizontally arranged nummulites forming Ophiomorpha burrow. Deposition environment interpretation is relatively difficult. Limited amount of profiles shows scattered image of the bigger depositional environments. What we know is that sediments of the bottom parts of profiles are probably continental deposits of fan deltas or coastal plain which upwards gradually changes into sea environment as a consequence of transgression.

M. UDIČ: **Manifestation of recent tectonic on the Subtatric--Ružbachy fault system**

Department of Geosciences, Technical University, Košice, Slovakia

NE – SW to E – W trending Subtatric-Ružbachy fault system is the most significant fault structure. This fault system is tectonically bounding from the south the uplifted horst of Tatra Mts. The first manifestations of activity on this structure are accompanied by changes of paleocurrents in Huty Formation (Eocene). Continued activity of the fault system is documented by the formation of pseudotachylites dated to 36 – 28 Ma (Kohút and Sherlock, 2003) and by the FT analysis, which proves uplift of Tatra Mts. during Upper Miocene (20 – 10 Ma, Kráľ, 1977). Recent activity of Subtatric--Ružbachy fault system is expressed as the system of fissures of NE – SW direction with dip from N to NW in glacifluvial sediments and travertines, which are along fault line. Several 100 m thick accumulations of glacifluvial sediments near the Štrbské Pleso and Tatranská Lomnica sporadically overlaps the trend of Subtatric--Ružbachy fault system. Presence of these glacifluvial sediments is related to the Subtatric-Ružbachy fault system and transverse fault structures, which are parallel with course of Mengusovská and Studená valleys. This suggests the more extensive formation of iceberg by reducing the snow line due to intensive uplift of Tatra Mts. granite block in this part. Isostatic movements promoted uplift of Tatra Mts. after retreat of icebergs. It caused intense downward cutting into glacial and glacifluvial sediments together with terraces creation, as an important indicator of vertical movement variability. Based on the dating of travertine accumulations in Ružbachy the opening of fissure systems was recorded since Lower–Middle Pleistocene to Holocene (Vaškovský, 1977), what suggests the extension of Subtatric--Ružbachy fault system in this time.

P. VRŠANSKÝ: **Mesozoic amber cockroaches from France**

Geological Institute, SAS, Bratislava, Slovakia

Mesozoic ambers are extraordinary rare. New ambers were recently discovered in France, in addition to known ambers from Russian Tajmir, Lebanon, Spain, Jordania and New Jersey.

Cenomanian Sisteron amber revealed a complete immature of *Nula sis*, a representative of extinct Mesozoic family Blattulidae with the central *ocellus* – a photoreceptor reduced in all living cockroaches.

More surprising was the discovery of 98-million-years old relative of the living synanthropic German cockroach.

The most perspective is the amber from Archingeay, which revealed 17 specimens with 2 adults. Dominant were families *Blattulidae* and *Mesoblattinidae*, with occurrences of families *Liberiblattinidae*, *Eadiidae* and *Caloblattinidae*. Of special consideration

is studying of opaque amber using synchrotron and visualising samples from inside of rocks. Figure 1 shows phase contrast X-ray microtomography of nearly 100-million-year old sample Arc-037 B 1-2: *Batola nikolai* (Blattulidae) and *Sivis odpo* (Mesoblattinidae) (M. Lak and P. Tafforeau, ESRF Grenoble after Vršanský, 2009).

M. WDOWIN[1], W. FRANUS[2] and M. FRANUS[2]: **Selected natural and synthetic resources for CO_2 neutralization needs**

[1]Division of Geotechnology, Mineral and Energy Economy Research Institute Polish Academy of Sciences, Cracow, Poland
[2]Department of Geotechnics, Lublin University of Technology, Lublin, Poland

The subject of this study was the surface properties modification of natural and synthetic mineral resources in order to receive carbon dioxide sorbents.

A tested material was represented by glauconite clays that occur as interlayers in Tertiary quartz-glauconite sand-sediments on Lublin Upland.

The synthetic material constituted a zeolite of Na-X structure received on the basis of F class fly ash as a result of a hydrothermal reaction with NaOH.

The tested clay material was processed by acid activation using 20 % sulphur acid during 4 to 7 hours, and then it was calcinated at 350 °C temperature within 4 hours.

Due to the lack of chemical resistance to acid activity, the zeolitic material was processed only by thermal activation at 350 °C temperature during 4 hours.

In order to determine influence of acid and thermal activations onto analysed material the following surface parameters were established: ion capacity, surface area, structure and pore size distribution.

As a result of conducted activation, a BET surface area for clay and zeolite sample has increased from 86 m^2/g to 236 m^2/g for clay (after 7 hours acid-thermal activation) and from 262 m^2/g to 434 m^2/g for Na-X (after thermal activation), respectively. After activation of clay, cation exchange capacity has decreased almost by half from 33 meq/100 g to 15 meq/100 g, whereas for zeolite CEC was nearly constant at the level of about 218 meq/100 g.

For the zeolite sample preliminary tests of CO_2 sorption were conducted. Measurements of isotherms have shown much better sorption onto activated sample (at equilibrium pressure p/p_o close to 0.01 it was equal to 0.51 mmol/g), than onto natural sample where it was equal to 0.18 mmol/g, what explicitly points at surface modification needs of this sort of material in order to receiving CO_2 sorbents.

Further research within match optimal and economic conditions for modification of analysed material will permit to use them for carbon dioxide capture purposes directly from emission sources.

Dynamic flow of pure CO_2 stream conditions experiments will be carried out through specially designed column with bed composed of analysed material in purpose to achieve above mentioned aims. The material will be placed in separated container, in which thermodynamic conditions causing desorption of CO_2 will be changed, and simultaneously regeneration of tested material will have taken place.

This kind of experiments will be stages of considerations that have on aim an effective use of anthropogenic carbon dioxide sorbents for geological sequestration needs of this gas by:

- working out of economic modification of natural and synthetic resources for CO_2 capture needs,
- designing the most efficient equipment allowing profitable usage of analysed material,
- using of obtained results for industrial needs.

These experiments can be useful in development and improving of the technology of CO_2 capture from point emission sources.

Acknowledgement. This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education, grant No. 1 T09D 026 30.

M. WYSZOMIERSKI[1] and E. KALIŃSKA[2]: **The influence of bedding sediments on developing of Quaternary deposits in the northern part of Mazovia Lowland**

[1]Polish Geological Institute, Warsaw, Poland
[2]Department of Quaternary Geology, University of Warsaw, Warsaw, Poland

Investigated area is located at the border of three active tectonic Quaternary units: Warsaw Basin, Ciechanów morainic plateaux and Płońsk morainic plateaux. Processes of subsidence have been noticed in Warsaw Basin since Upper Cretaceous through whole Paleogene and Neogene. Aformentioned area is located ca. 30 km north-east of T-T zone (Teisseyre-Tornquist zone), the distal part of Eastern European Plate. Depression of Warsaw Basin was adapted by epicratonic sea during Miocene, were glauconite sands were accumulated. Pliocene was characterized by the presence of 100 m thick lake sediments (clays and muds) of Poznań Formation. River systems developed here during Gelasian (1.8 – 2.6 Ma), forming paleovalleys. The course of these negative forms was parallel and longitudinal, and then inherited by Pleistocene ice streams and river system. Weight of ice mass during many transgressions led to glacitectonic deformations of Pliocene clays, which is manifested by variability of altitudes of deposits: from 40 m b.s.l. to over 70 m a.s.l. Analysis of cartographic profiles reveals the presence of large thickness of fluvial sediments correlated with Mazovian, Lubavian and Eemian interglacials divided and transformed by glacial sediments. Analysis of sediments at the border of Neogene and Pleistocene shows an increased content of resistant and opaque minerals. Moreover, concentration of siderite, pyrite and limonite mineralization was observed. The bottom part of Quaternary deposits profiles are gradually enriched in shiny quartz grains (EL and EM/EL in Callieux analysis).

F. ZALEWSKI: **Characteristic of carbonic rocks which were used for buildings in Ancient Egypt**

Faculty of Earth Sciences, University of Silesia, Sosnowiec, Poland

Folk and Campbell (1992) in their article "Are the pyramids of Egypt built of poured concrete blocks?" on the ground of analysis of

two British Museum´s probes, state that the Great Pyramid is built from two types of limestones. The first one is micrite-sparite limestone, which was used for facing tile of the Great Pyramid. Second one, which was used for concrete part of pyramid is nummulite limestone containing big amount of fossilized shells.

Paper presents examination of more than twenty probes of Great Pyramid blocks as well as mortar connecting those blocks. Further probes from other pyramids from Old Kingdom of Egypt were also examined. Thanks to this, three types of limestones used for building of pyramids were found. Two of them match the ones described by Folk and Campbell. Third type is a limestone with crushed remains of fossilized marine organisms and flora and it is completely different from the ones described by the authors of mentioned article. After examination of rocks from Giza Plateau´s quarry, described in literature as the possible source of building material, before mentioned data were not confirmed.

Some of rocks derived from Abu Roash Pyramid contain chips of limestones joined with gypsum. In pores of those rocks a large amount of non-transparent round and oval-shaped minerals can be found. An experiment was carried out intending artificially connect carbonate rock chips with roasted gypsum. The outcome of this experiment was later examined and its metallographic section was identical to that taken from Abu Roash Pyramid, what leads to conclusion that they were artificially manufactured.

B. ZYCH-HABEL and A. KĘDZIERSKA: **High field strenght elements mobility during albitization in a Variscian granite from Strzegom-Sobótka massif, Poland**

Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Cracow, Poland

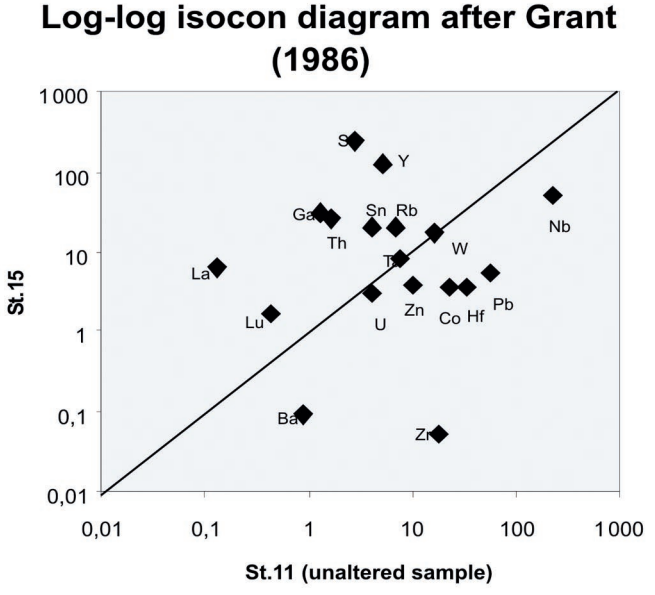
The high field strength elements (HFSE) are characterized by high ionic potential. The incompatible HFSE with high valence are not favoured for incorporation into crystal lattices despite radius, being sufficiently small for many cation sites. The HREE, Zr, Hf, Nb, Ta, Ti, Y, Th and U are sometimes included in to this group because of their high ionic charge.

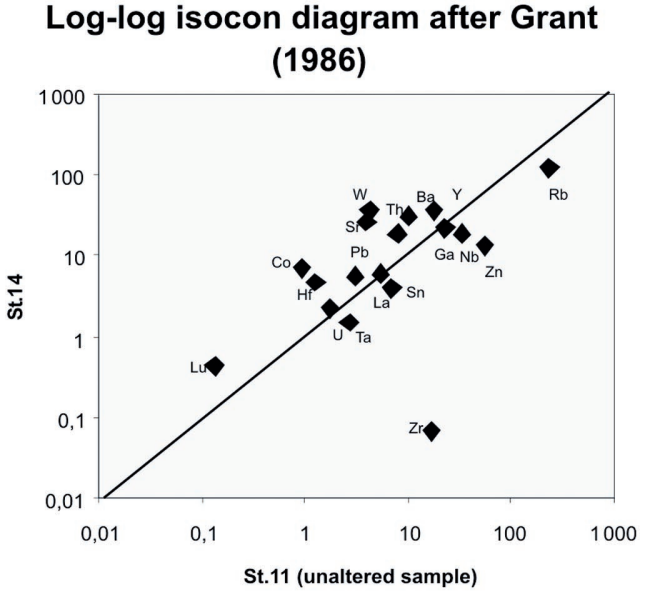
The REE and other HFSE (like Zr, Ti, Nb) have been regarded to be immobile during alteration of rocks. The main diagnostic tools for discrimination between magma types and tectonic settings of their generation environment are based on expected immobility of these elements. However, some evidences suggest that under certain, often extreme conditions of alteration, the HFSE are mobile.

The studied granodiorite from Strzeblów is located in the eastern part of Strzegom-Sobótka massif (Fore-Sudetic Block). Albitization, episyenitization and kaolinization are dominant alteration processes observed in this rock. The REE and HFS elements are mainly accumulated in accessory minerals like monazite, xenotime, cheralite, zircon, ferrocolumbite and others. The mobility of these elements was determined using isocon method by Grant (1986) (see figures).

In all studied samples enrichment in REE in relation to non--altered samples (or sample considered to be only slightly altered) was observed. In most altered rocks the depletion by the LREE with regard to HREE was noted. Zr and other HFS elements are immobile in most slightly altered samples. In strongly albitized rocks depletion in Zr, Nb, Ta, and U was observed.

Mineral behaviour (dissolution of zircon in the most altered samples, formation of cheralite and xenotime in advanced hydrothermal processes, decrease of Nb and Ta oxides during albitization) suggests that HREE could be supplied to the rocks with metasomatic fluids. Simultaneously Zr (and other HFS elements) could be leached by strongly alkaline solid.





Prednáškové popoludnie SGS a SALG *Nové poznatky o geologickej stavbe a surovinovom potenciáli východného Slovenska*

SGS and SALG seminary: *New knowledge of geological setting and raw-material potencial in Eastern Slovakia*

Košice 31. 3. 2009

Zoltán Németh

Štátny geologický ústav D. Štúra Bratislava

Abstract: *The afternoon seminary about new findings in geology and raw-material potencial in Eastern Slovakia, organized by the Slovak Geological Society and Slovak Association of Economic Geologists, was held in Košice on 31. March 2009. Presentations were focused on geological position of ultramafic rocks in the Spiš-Gemer Ore Mts. region and their possible use in fighting against climatic changes, on litostratigraphy and sedimentology or Rača unit of Magura nappe in the region of Nízke Beskydy Mts. and on alteration of rhyodacite tuffs and rhyolite volcanic glass in the East Slovakian Neogene volcanic terrain. The lecture about new results of geological mapping in Mária adit at village Telkibánya in Zemplín Mts. extended the range of seminary to neighbouring Hungary. The technological section included lectures about use of zeolites, perlites and bentonites for extraction of anorganic contaminants from polluted water as well as possibilities of underground thermic gasification of coal deposits. The article presents shortened texts of principal lectures.*

Slovenská geologická spoločnosť a Slovenská asociácia ložiskových geológov zorganizovali v Košiciach 31. 3. 2009 seminár zameraný na nové poznatky o geologickej stavbe a surovinovom potenciáli východného Slovenska. Prednášky boli zamerané na geologickú pozíciu ultramafických hornín regiónu Spišsko-gemerského rudohoria a ich možnú aplikáciu v boji proti klimatickým zmenám (Németh et al.), na litostratigrafiu a sedimentológiu račianskej jednotky magurského príkrovu v regióne Nízkych Beskýd (Kováčik et al.) a na premenu ryodacitových tufov pri Vyšnom Hrabovci a ryolitového vulkanického skla pri Byšte v regióne východoslovenských neovulkanitov (Bačo et al.). S problematikou terciérnych vulkanitov na východnom Slovensku bola tematicky spätá aj prednáška o priebehu a výsledkoch geologického mapovania v štôlni Mária pri obci Telkibánya v Zemplínskych vrchoch v Maďarsku (J. Kondela). V technologickej časti prednáškového popoludnia bolo prezentované využitie zeolitov, perlitov a bentonitov na zachytávanie anorganických kontaminantov z vôd (Kovaničová et al.) a možnosti progresívneho podzemného termického splyňovania uhoľných ložísk (T. Sasvári). Abstrakty hlavných prednášok sú v nasledujúcom texte.

J. Kondela, T. Sasvári a Ľ. Kovaničová počas prednášok.

J. Kondela, T. Sasvári and Ľ. Kovaničová during their lectures.

Z. NÉMETH, Ľ. TUČEK, K. ČECHOVSKÁ a J. DERCO: **Ultramafické horniny v gemerickom regióne – súčasné názory na ich recentné povrchové vystupovanie a ich možný príspevok v boji proti klimatickým zmenám**

Pozícia ultramafických hornín v regióne Spišsko-gemerského rudohoria je podmienená prítomnosťou kôrových diskontinuít, cez ktoré boli tieto plášťové horniny exhumované počas variskej aj alpínskej tektogenézy. S rakoveckou geosutúrou ako produktom variského kolízno-exhumačného procesu sa spájajú výskyty Dobšiná--Tešnárky, Rudňany, Košické Hámre, Vyšný Klátov a Bukovec, asociované so spodnopaleozoickými horninami rakovecko-klátovskej zóny. S variskou exhumáciou s veľkou pravdepodobnosťou súvisia aj výskyty v karbónskych sekvenciách v zóne Ochtinej. Najpočetnejšie zastúpené sú výskyty ultramafických hornín asociované s mezozoickými, spravidla karbonickými sekvenciami – Danková, Dobšiná, Jaklovce, Slavoška, Jelšava-Tri peniažky a Slovenská skala, Kobeliarovo, Krásna hôrka, Bôrka, Dvorníky, Hačava-Miglinc, Jasov, Rudník a Hodkovce – Komárovce, ktoré sú produktom alpínskeho severovergentného exhumačného procesu. Exhumačnú P-T dráhu metaperidotitu na lokalitách Sedlice (850 – 1 000 °C, 2,6 – 3 GPa) a Danková (720 °C, 1,7 GPa) doložil v skoršom výskume Radvanec (2000, 2005).

Využitie ultramafických hornín na likvidáciu CO_2 metodikou minerálnej sekvestrácie testovali s pozitívnymi výsledkami Tuček et al. (2008) a Radvanec et al. (2008). Produktom reakcií plynného CO_2 so zdrobneným (menej ako 1,0 mm) a tepelne modifikovaným serpentinitom z lokalít Hodkovce, Jasov, Rudník a Komárovce boli Mg hydrouhličitany nesquehonit, hydromagnezit, barringtonit a dypingit. Keďže P-T parametre reakcií boli len mierne zvýšené (0,1 – 0,3 MPa; 22 – 200 °C), predpokladá sa nižšia energetická náročnosť možnej priemyselnej likvidácie CO_2 minerálnou sekvestráciou, než sa všeobecne predpokladalo.

M. KOVÁČIK, J. BÓNA, Ľ. GAZDAČKO, K. ŽECOVÁ, J. KOBULSKÝ, J. DERCO, Z. SIRÁŇOVÁ, S. BUČEK a A. ZLINSKÁ: **Niektoré nové poznatky o litostratigrafii a sedimentológii račianskej jednotky magurského príkrovu na východnom Slovensku**

Príspevok prezentuje niektoré nové poznatky z geologického mapovania a výskumu račianskej jednotky magurského príkrovu v západnej časti Nízkych Beskýd. Račianska jednotka predstavuje najsevernejšiu tektonicko-faciálnu jednotku magurského príkrovu v skúmanom území. Zo sv. strany sa táto jednotka tektonicky stýka s duklianskou jednotkou, z južnej strany je na ňu nasunutá bystrická jednotka. Odlišujeme v nej dve pásma: vnútorné (v Poľsku račianska jednotka sensu stricto) a vonkajšie (ekvivalent jednotky Sziary v Poľsku), ktoré sú oddelené tektonickou (násunovou) líniou Krivej Oľky sz.-jv. smeru. Litostratigrafický charakter týchto pásiem vykazuje určité rozdiely. Vnútorné pásmo má vyvinuté všetky známe súvrstvia račianskej jednotky na východnom Slovensku (od najstaršieho po najmladšie sú to: lupkovské, belovežské, zlínske a malcovské súvrstvie), kým vo vonkajšom pásme je prítomné iba belovežské a zlínske súvrstvie a stratigrafický rozsah je užší.

Lupkovské súvrstvie vystupuje na povrch v okolí smilnianskeho tektonického okna. Je preň charakteristické striedanie pieskovcov, siltovcov a ílovcov v klasickom „flyšovom“ vývoji (prevažne $T_{bc(d)e}$, $T_{c(d)e}$ turbidity, častá je konvolúcia. Niektoré údaje poukazujú na transport gravitačných prúdov z juhu na sever, čo je v rozpore so staršími údajmi (napr. Koráb et al., 1962). V tomto súvrství sú sporadicky prítomné aj pestré (tehlovočervené a zelené) ílovce a šošovky hrubozrnnejších klastík (kremenno-drobové pieskovce až jemnozrnné zlepence).

Spodnú časť belovežského súvrstvia tvoria novodefinované mrázovecké vrstvy (paleocén? až spodný eocén?), ktoré smerom do nadložia pozvoľna prechádzajú do typického tenkovrstvovitého vývoja s polohami pestrých ílovcov. Pieskovce mrázoveckých vrstiev obsahujú redeponované klasty vrchnokriedových ílovcov (zóna CC-25 na základe prítomnosti *Arkhangelskiella cymbiformis* a *Micula murus*) a foraminifer. Spodnú časť mrázoveckých vrstiev tvoria prevažne pieskovce a zlepence. Pieskovce sú klasifikované ako subarkózy až sublitarenity (sensu Pettijohn et al., 1972). Zlepence tvoria samostatné vrstvy, alebo sú prítomné v spodných častiach pieskovcovo-zlepencových dvojíc. Tam pozitívne gradujú (interval R_3, sensu Lowe, 1982) do masívneho (interval S3), prípadne paralelne laminovaného (Tb) strednozrnného až veľmi hrubozrnného pieskovca, ktorý v niektorých prípadoch obsahuje štrkíkovité polohy s trakčnými textúrami (intervaly S_1 a S_2). Strednoeocénny vek ílovcov vrchnej časti belovežského súvrstvia bol preukázaný na základe ojedinelých nálezov nanoplanktónu (zóna NP-16 na základe spoločenstva *Cyclicargolithus floridanus*, *Helicosphaera compacta*, *Reticulofenestra umbilica* a *Dictyococcites bisectus*) a foraminifer.

V nadloží belovežského súvrstvia vystupuje zlínske súvrstvie (stredný eocén až spodný oligocén, zóna NP-16 až NP-23). V skúmanom regióne môžeme vyčleniť 3 základné litofaciálne vývoje tohto súvrstvia – makovické pieskovce, vápnité ílovce s polohami prevažne glaukonitových pieskovcov a pieskovcový vývoj s prevahou pieskovcov s glaukonitom oproti vápenatým ílovcom.

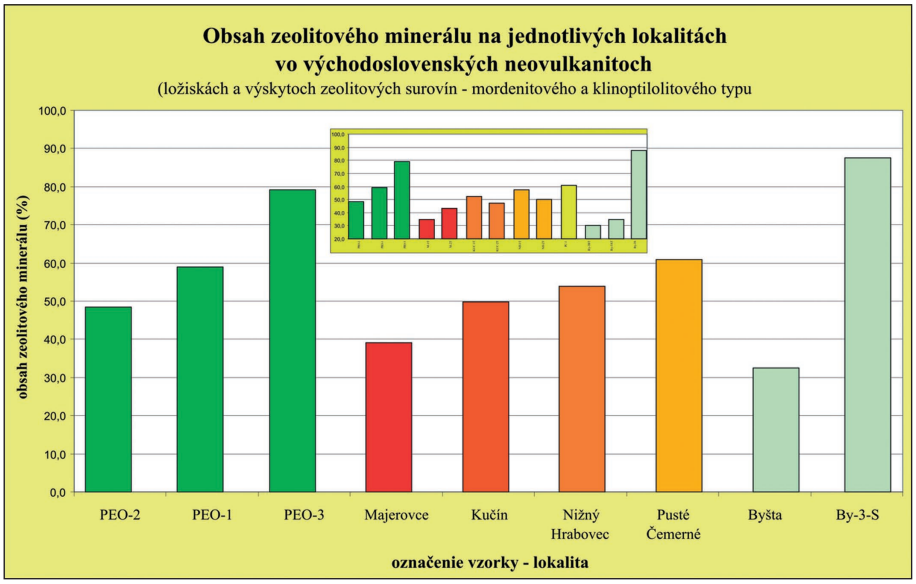
Makovické pieskovce sú dominantné prevažne v južnej (vnútornej) časti račianskej jednotky (stredný až vrchný eocén, zóna NP-16 až NP-19). Mladší eocén bol preukázaný na základe prítomnosti druhov *Chiasmolithus oamaruensis*, *Isthmolithus recurvus* a *Helicosphaera euphratis*. Makovické pieskovce predstavujú „turbiditný“ systém, pre ktorý je charakteristická zmena litofácií a ich asociácií v smere toku gravitačných prúdov. V proximálnej časti systému majú prevahu hrubé až veľmi hrubé vrstvy masívneho pieskovca (litofácia B1.1, sensu Pickering et al., 1986) a gradované a stratifikované dvojice strednoaž jemnozrnného pieskovca (resp. siltovca) a kalovca veľkej (litofácia C2.1), menej strednej (litofácia C2.2) až malej hrúbky (litofácie C2.3, D2.1). Lokálne sú prítomné normálne gradované „štrkíkové“ pieskovce (litofácia A2.7). V distálnejšej časti systému majú dominantné zastúpenie litofácie C2.1, C2.2 a C2.3, menej významne sú prítomné litofácie B1.1, D2.1 a D2.3.

Glaukonitové pieskovce s ílovcami tvoria polohy hrubé niekoľko metrov až desiatky metrov. Tieto horizonty sú početnejšie najmä v spodnej časti zlínskeho súvrstvia, smerom do vrchnej časti súvrstvia postupne prevláda ílovcový vývoj. Ílovcový vývoj má dominantné zastúpenie v severnej (vonkajšej) časti račianskej jednotky. Jednou z charakteristických vlastností tohto horizontu je prítomnosť hrubých pieskovcových vrstiev, ktoré sú prekryté často niekoľko metrov hrubými vrstvami ílovca (hrúbka do 10 – 15 m, litofácia C2.4). V niekoľkých horizontoch sú prítomné šošovkovité polohy hnedých silicifikovaných ílovcov až prachovcov. Ílovce zlínskeho typu sú bohaté na vápnitý nanoplanktón, ktorý preukázal vek stredný eocén (NP-16) až starší oligocén (NP-23).

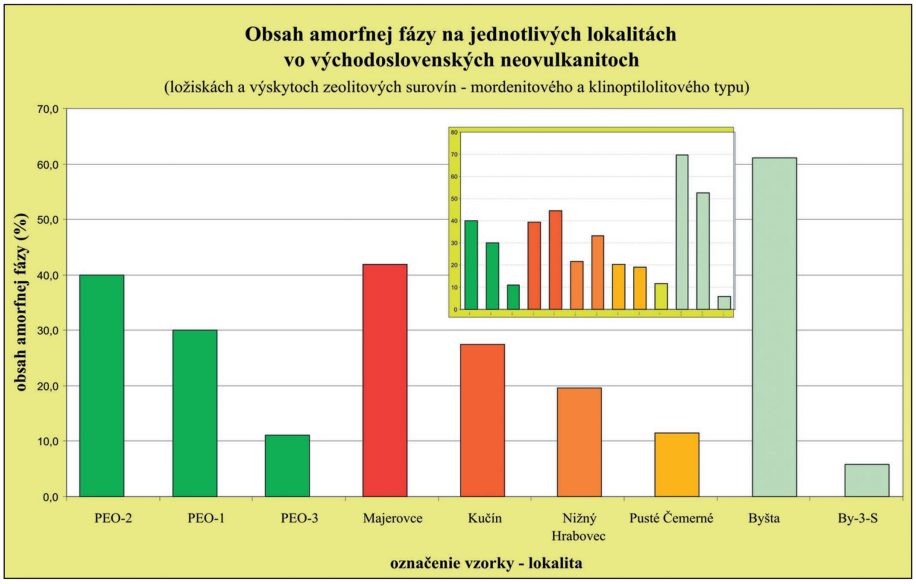
Najmladšie súvrstvie račianskej jednotky je malcovské súvrstvie (mladší eocén až mladší? oligocén). Prevažne svetlohnedé, sivé a okrové ílovce sa striedajú s vápnitými laminovanými pieskovcami (kalklitické arenity). Lokálne sa vo vyššej časti súvrstvia vyskytujú hrubozrnné pieskovce a zlepence. Menilitové vrstvy (čokoládovohnedé tvrdé ílovce a menilitové bridlice, sporadicky pelokarbonáty) tvoria v malcovskom súvrství minimálne 2 horizonty, pričom mladší z nich je biostratigraficky datovaný do zóny NP-24.

P. BAČO, J. DERCO, Z. BAČOVÁ a M. REPČIAK: **Zonálnosť premien hrabovských ryodacitových tufov – faktor kvalitatívneho potenciálu ložísk**

Pomocou detailných rtg. analýz, silikátových analýz a výmennej kapacity sa sledoval obsah úžitkovej zložky v zeolitizovaných hrabovských tufoch nižnohrabovského súvrstvia. Na základe výsledkov daných metód sa zostavila laterálna distribúcia klinoptilolitu/mordenitu a amorfnej fázy v priestore Petrovce (na SZ) – Majerovce – Kučín – Nižný Hrabovec – Pusté Čemerné (na JV).



Priemerný obsah úžitkovej zložky narastá juhovýchodným smerom od ložiska Majerovce po ložisko Pusté Čemerné. Tento trend v reverznej gradácii je možné pozorovať v obsahu amorfnej fázy – nepremeneného vulkanického skla.



Takéto rozloženie úžitkovej zložky a skla, na úkor ktorého klinoptilolit vznikal, poukazuje na rozdielny paleoreliéf i predpokladanú lokalizáciu centra (centier) ryodacitového vulkanizmu v období spodného bádenu.

BAČO, P., KONEČNÝ, P., BAČOVÁ, Z. a DERCO, J.: **Premeny vulkanického skla pri Byšte – možné rozšírenie potenciálu východoslovenských ložísk zeolitov**

Výskyt premeneného vulkanického skla s obsahom mordenitu sa viaže na dajkové teleso v rokline bezmenného potoka na ploche približne 10 x 15 m v priestore Pod záhradami 500 m na SV od obce Byšta. Od cesty Byšta – Kazimír je tento výskyt prístupný po lúčnej ceste. Jeho centrálnu časť tvorí felzitícko-sférolitický fluidálny ryolit s geodami a kavernami, ktorých steny sú pokryté tenkou kôrou chalcedónu. Odkrytá je okrajová, najmä sklovitá časť dajky s hrúbkou do 1 m.

V širšom okolí vystupujú horniny byštianskeho kryštalinika (ruly, svory a amfibolity) s erozívnymi zvyškami mladšieho paleozoika (luhynské súvrstvie permského veku – pieskovce a piesčité bridlice). Bezprostredné okolie výskytu tvoria sedimenty vrchného bádenu a v podobe erozívnych zvyškov sú prítomne redeponované ryolitové vulkanoklastiká spodného sarmatu. Cez tieto horninové komplexy preráža extruzívne ryolitové teleso Harsas a celý rad dajkových a nekových telies fluidálneho ryolitu. Telesá sú po dutinách a kavernách často premenené – silicifikované, s povlakmi a kôrami chalcedónu.

Sklo je perlitizované, s typickou perlitickou odlučnosťou. V skle sú prítomné drobné elipsoidálno-geodovité útvary s priemernou veľkosťou 1 – 2 mm, ojedinele 0,5 až 1 cm. Mordenit vypĺňajúci tieto útvary je jemne ihličkovitý. Obsah mordenitu v geodách je do 70 %. Maximálny vývoj mordenitu je v geodách do 2 mm. Kaverny s veľkosťou viac ako 0,5 cm majú povrch dutín často pokrytý tenkou kôrou chalcedónu a mordenit je prítomný iba ojedinele. V skle sú aj mikropóry vyplnené mordenitom. Jeho celkový obsah v hornine je 55 až 65 %. Sklovité časti bez makroskopicky viditeľných geod obsahujú okolo 35 % mordenitu.

Na základe geologickej situácie na lokalite predpokladáme, že mordenit vznikal za účasti hydrotermálnych procesov súvisiacich s intrúziou ryolitových telies, ktoré vystupujú na viacerých miestach v širšom okolí extruzívneho telesa Harsas. Ak predpokladáme takýto vznik mordenitu, potom v širšej oblasti vystupovania intruzívnych telies sú možné ďalšie podobné výskyty, najmä mikropórového typu.

Ľ. KOVANIČOVÁ, Ľ. TUČEK a J. DERCO: **Zeolity, perlity a bentonity – suroviny na zachytávanie anorganických kontaminantov z vôd**

Zhoršenie kvality vôd vo vodných tokoch a nádržiach spôsobuje všeobecne zvyšujúci sa obsah toxických a ťažkých kovov a škodlivých anorganických a organických zlúčenín. Vo vode je obzvlášť nebezpečná prítomnosť Pb, Hg a Cd. V rozpustnej forme sú tieto kovy pre človeka nebezpečné už pri nízkej koncentrácii. Znížiť ich koncentráciu alebo čiastočne ich eliminovať z vôd je možné princípom chemických reakcií alebo sorpciou s použitím vhodných materiálov – sorbentov. Laboratórny výskum sa zameral práve na overenie sorpčných schopností zeolitových tufov, perlitov a bentonitov. Pri hodnotení stupňa očistenia vôd od ťažkých a toxických kovov sa prepočítaval stupeň očistenia, tzv. účinnosť sorpcie, pre každý kation samostatne. Dosiahnuté hodnoty sa vyhodnocovali v súlade s hodnotami uvedenými v nariadení vlády Slovenskej republiky č. 296/05.

T. SASVÁRI: **Geologické podmienky podzemného termického splyňovania uhoľných ložísk**

Diverzifikácia energetického plynu je dnes na poprednom mieste záujmu. Metódou podzemného termického splyňovania uhoľných ložísk je možné získať energetický plyn, ktorý sa dá využiť na výrobu elektrickej energie, ale aj v iných odvetviach hospodárstva, ako je napríklad chemický priemysel. Získanie takéhoto plynu je ekonomicky menej náročné. Je možné využiť sloje hnedého uhlia, ktoré majú vhodné fyzikálne, chemické a mechanické vlastnosti a hrúbku od 2 m. Technológia podzemného splyňovania umožňuje pomocou vrtov vniknúť do ložiskového priestoru. Uhoľné sloje je možné pod kontrolou zapáliť a plyn vzniknutý pri redukčných termických reakciách odviesť do povrchových zberných zásobníkov.

Podzemné splyňovanie uhoľných ložísk je podmienené niekoľkými faktormi, medzi ktoré patrí: teplota potrebná na chemickú premenu uhoľného substrátu na energetický plyn, geostatický a prevádzkový tlak, použité splyňovacie médium vo forme vzduchu, kyslíka alebo vodnej pary, podzemná voda, ktorá významne ovplyvňuje teplotu termického rozkladu uhoľného sloja, uhoľný typ, ktorý vplýva na kvalitu získaného energetického plynu, litologická charakteristika uhoľného sloja, najmä nadložie a podložie.

Výsledným produktom podzemného splyňovania uhlia vzduchom je plyn – syngas, ktorý pozostáva z N_2, O_2, CO_2, CO, H_2 a CH_4. Výhrevnosť plynu vhodného na energetické účely sa pohybuje v rozmedzí od 3,72 do 6,71 MJ . N^{-1} . m^{-3}.

Fakulta BERG TU v Košiciach získala projekt APVV-0582-06 *Podzemné splyňovanie uhlia termickým rozkladom*. Na základe experimentálneho (fyzikálneho) modelovania v trojrozmernom generátore pri použití vzoriek uhlia z Hornonitrianskych baní a matematického simulačného modelovania termického rozkladu sa v rámci tohto projektu sledujú fyzikálne, chemické a termodynamické parametre pri definovaných podmienkach procesu splyňovania. Zisťujú sa možnosti praktického využitia prírodných potenciálnych ložísk na Slovensku s relevantnými parametrami podzemného splyňovania. Výskumné práce pri štúdiu procesu splyňovania viedli k rozpracovaniu matematického modelovania a formulovaniu princípov riadenia procesu splyňovania uhoľných ložísk v podzemí.

ERRÁTA

V časti vytlačených exemplárov časopisu Mineralia Slovaca 41/2/2009 sa v článku Klimka et al. *Hydrotermálna mineralizácia na antimonitových žilách Spišsko-gemerského rudohoria* (str. 115 – 132) v popise tabuliek 1 – 9 nedopatrením uvádza označenie EDS analýzy. Správne označenie má byť WDS analýzy. Článok vo formáte pdf umiestnený na www.geology.sk/mineralia už obsahuje korektné označenie.

Redakcia časopisu sa za nepresnosť ospravedlňuje.

Inštrukcie autorom

Všeobecné inštrukcie

1. Rukopis v dvoch exemplároch a originály obrázkov musia byť zhotovené podľa inštrukcií pre autorov časopisu *Mineralia Slovaca.* V opačnom prípade redakcia článok vráti autorovi pred jeho zaslaním recenzentovi.
2. Rozsah článku je najviac 30 rukopisných strán včítane literatúry, obrázkov a vysvetliviek. Uverejnenie rozsiahlejších článkov musí schváliť redakčná rada a ich zaradenie do tlače bude zdĺhavejšie.
3. Články sa publikujú v slovenčine, češtine alebo v angličtine. Uprednostňuje sa angličtina. Abstrakt a skrátené znenie článku napísaného v slovenčine alebo češtine (resumé) musia byť v angličtine.
4. Text článku spracovaný v editore MS Word PC zašlite redakcii v dvoch vytlačených exemplároch s riadkovaním 2 a tiež na CD. Obrázky a tabuľky musia byť vytlačené samostatne vo formáte nepresahujúcom formát A4 a na CD uložené v samostatných súboroch.
5. Súčasne s článkom treba redakcii poslať autorské vyhlásenie, že nijaká časť rukopisu ešte nebola publikovaná a originálne sú aj obrázky. Kópie obrázkov z iných publikácií musia byť legalizované získaním práva na publikovanie. Vyhlásenie musí obsahovať meno autora (autorov), akademický titul a trvalé bydlisko.

Text

1. Úpravu textu aj zoznamu literatúry treba prispôsobiť súčasnej úprave článkov v časopise.
2. Text sa má písať s dvojitou linkovou medzerou (riadkovačom 2), na strane má byť približne 30 riadkov, šírka riadka je asi 60 znakov.
3. Abstrakt stručne sumarizujúci hlavné výsledky článku môže mať najviac 200 slov a nemá obsahovať citácie.
4. Text má mať úvod, charakteristiku (stav) skúmaného problému, použitú metodiku práce, zistené údaje a poznatky, diskusiu, záver a zoznam literatúry.
5. V článku treba zreteľne odlíšiť východiskové údaje od interpretácií.
6. Údaje z tabuliek a obrázkov v texte neopakovať, iba ich komentovať a odvolať sa na príslušnú tabuľku, resp. obrázok.
7. Text treba členiť nadpismi – hlavné písať do stredu a vedľajšie na ľavý okraj strany. Použiť možno najviac tri druhy hierarchických nadpisov a podľa dôležitosti ich vyznačiť ceruzkou na ľavom okraji strany: 1 – najvyšší, 2 – nižší, 3 – najnižší.
8. V texte sa uprednostňuje citácia v zátvorke, napr. (Dubčák, 1987; Hrubý et al., 1988), pred formou ... podľa Dubčáka (1987). Krstné (rodné) mená sa ani v jednom prípade neuvádzajú.
9. Umiestnenie obrázkov a tabuliek sa označí ceruzkou na ľavom okraji rukopisu. Nie je vhodné, aby text v editore MS Word obsahoval vložené obrázky.
10. Grécke písmená použité v texte treba identifikovať na ľavom okraji slovom (napr. sigma).
11. Pri písaní treba dôsledne odlišovať pomlčku od spojovníka.
12. Symboly, matematické značky, názvy skamenelín, slová a pod., ktoré sa majú vysádzať kurzívou, autor v rukopise podčiarkne vlnovkou.
13. Články napísané v slovenčine alebo češtine musia obsahovať anglický preklad názvu, abstraktu, kľúčových slov, resumé a popisov k obrázkom a tabuľkám.

Ilustrácie

1. Ilustrácie musia byť vysokej kvality, majú dokumentovať a vysvetľovať text. **Musia sa pripravovať s vedomím, že budú zmenšené na šírku stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm).** Tomu treba prispôsobiť ich veľkosť a formu, resp. zoskupenie. Vhodne upravený obrázok (veľkosť písmen, hrúbka čiar) možno reprodukovať aj v pomere 1 : 1, ale kresby (perovky) odporúčame urobiť väčšie, ako budú vytlačené. Perovky majú byť zhotovené sýtym čiernym tušom. Úmerne k predpokladanému zmenšeniu treba zvoliť hrúbku čiar, veľkosť písma, čísiel, hustotu šrafovania a pod. Obrázky treba popisovať šablónou, nie voľnou rukou. Optimálna veľkosť písma v časopise po zmenšení je pri veľkých písmenách a číslach 2 mm. Ak je článok v slovenčine, popisy v obrázkoch musia byť v slovenčine, ak je v angličtine, aj ilustrácie musia byť v angličtine. Originál (pred zmenšením) môže mať najviac 340 x 210 mm. **Maximálny rozmer ilustrácie vytlačený v časopise je 170 x 230 mm.** Skladacie ilustrácie treba podľa možnosti úplne vylúčiť.

Obrázky urobené na počítači musia byť vytlačené laserovou tlačiarňou v kamerálnej podobe pri vysokom rozlíšení (min. 300 DPI) a musia sa poslať spolu s textom na CD. **Pri počítačovej tvorbe obrázkov redakcia odporúča pracovať s programami vo vektorovom zobrazení (napr. Corel Draw).** Veľmi tenké čiary (tzv. vlasovej hrúbky) sa nesmú používať ani na obrysy, ani vo výplni. Vylučuje sa používanie softvérovej výplne (napr. v Corel Draw). Výplne v obrázkoch sa musia skladať zo samostatne vysádzaných objektov. Vhodné nie sú ani rastrové výplne.
2. Všetky ilustrácie včítane fotografií musia obsahovať grafickú (metrickú) mierku.
3. Zoskupené obrázky, napr. fotografie a diagramy, musia byť pripravené (nalepené) ako jeden obrázok a jeho časti treba označiť písmenami (a, b, c atď.). Takto zoskupené obrázky sa citujú ako jeden obrázok.
4. Fotografie musia byť ostré, čiernobiele, kontrastné a vyhotovené na lesklom papieri. Je vhodné, aby sa pre tlač zmenšovali najmenej o 50 %. **Pri zasielaní fotografií vo forme počítačových súborov (vo formáte JPG alebo TIF) sa požaduje vysoké rozlíšenie – minimálne 600 DPI.**
5. Na všetkých obrázkoch sa na okraji (na fotografiách na zadnej strane) ceruzkou uvedie číslo obrázka a meno autora a na fotografiách sa šípkou označí aj orientácia obrázka.
6. Na mapách a profiloch treba voliť jednotné vysvetlivky, ktoré sa uvedú pri prvom obrázku.
7. Názvy obrázkov s vysvetlivkami treba priložiť k textu na osobitnom liste v slovenčine a v angličtine.
8. Všetky ilustrácie sa musia citovať v texte.
9. Ilustrácie sa zasielajú redakcii už imprimované. Pri korektúre ich už nemožno opravovať a dopĺňať.
10. Farebné ilustrácie vysokej kvality možno publikovať po dohode s vydavateľstvom.
11. Redakcia si vyhradzuje právo vrátiť autorovi grafické prílohy na opravu po jazykovej úprave, resp. požiadať o ich nahradenie za prílohy v požadovanej kvalite.

Tabuľky

1. Tabuľky treba písať na osobitný list. Ich rozsah a vnútornú úpravu limituje maximálna šírka tlačového stĺpca (81 mm) alebo strany (170 mm). **Rozsiahlejšie tabuľky sa neprijímajú.**
2. Údaje sa zaraďujú do tabuľky, iba ak sa nedajú uviesť v texte.
3. Vertikálne čiary sa v tabuľkách nepoužívajú.
4. Tabuľky sa číslujú priebežne a uverejňujú sa v číselnom poradí.

Literatúra

1. V zozname literatúry sa v abecednom poradí uvádza iba literatúra citovaná v danom článku. Citácia označená „v tlači“ sa môže uviesť v zozname, len ak je z citovaného článku aspoň stĺpcová korektúra. „Osobná informácia“ sa cituje iba v texte (Zajac, os. informácia, 1988).
2. Spôsob uvádzania literatúry
Knižná publikácia
Gazda, L. & Čech, M., 1988: Paleozoikum medzevského príkrovu. *Bratislava, Alfa, 155.*
Časopis
Vrba, P., 1989: Strižné zóny v komplexoch metapelitov. *In: Miner. Slov., 21, 135 – 142.*
Zborník
Návesný, D., 1987: Vysokodraselné ryolity. *In: V. Romanov (red.): Stratiformné ložiská gemerika. Špec. publ. Slov. geol. spol., Košice, 203 – 215.*
Manuskript
Radvanský, F., Slivka, B., Viktor, J. & Srnka, T., 1985: Žilné ložiská jedľoveckého príkrovu gemerika. Záverečná správa z úlohy SGR--geofyzika. *Manuskript. Spišská Nová Ves, archív ŠGÚDŠ, 28.*
3. Pri článku viac ako dvoch autorov sa v texte cituje iba prvý autor s dodatkom et al., ale v zozname literatúry sa uvádzajú všetci.
4. Ak sa v článku (v knižnej publikácii) cituje názov, údaje a pod. iného autora, ktorý nie je spoluautorom publikácie, v texte sa cituje vo forme (Gerda in Kubka, 1975), ale v zozname literatúry sa uvádza iba Kubka, J., 1975.

V prípade nejasností si možno vyžiadať podrobnosti e-mailom na adrese mineralia.slovaca@geology.sk, alena.wolfova@geology.sk, zoltan.nemeth@geology.sk

PÔVODNÉ ČLÁNKY – ORIGINAL PAPERS

Andráš, P., Lichý, A., Križáni, I. & Rusková, J.
Haldové pole Ľubietová-Podlipa ako zdroj environmentálneho rizika a možnosti využitia ílovej frakcie ako prírodného sorbentu ťažkých kovov
Dump-field Ľubietová-Podlipa as a source of environmental risk and possibilities of clay minerals utilization as heavy metal sorbents (Middle Slovakia) 201

Ondrejka, P.
Analýza vzťahu medzi vypočítaným stupňom stability a pohybovou aktivitou na príklade zosuvu pri Okoličnom
Analysis of the relation between calculated degree of slope stability and kinetic activity of the landslide Okoličné (Liptovský Mikuláš district, Slovakia) 213

Bačová, N.
Význam grafickej analýzy hydrogeochemických dát pri interpretácii pôvodu minerálnych vôd flyšového pásma a predhlbne Západných Karpát
Significance of the graphic analysis of hydrogeochemical data for interpretation of origin of mineral water of Flysch Belt and Foredeep of Western Carpathians 225

Burčová, M., Franko, O. & Tkáčik, P.
Minerálne vody v Košiciach (Venované pamiatke Jozefa Frankoviča a Milana Halušku)
Mineral water at Košice town (Eastern Slovakia)
Dedicated to the memory of Jozef Frankovič and Milan Haluška 243

Blišťan, P. & Blišťanová, M.
Prehodnotenie ukazovateľov využiteľnosti ložísk uhlia na aplikáciu podzemného splyňovania (UCG) na príklade ložiska Beladice (Podunajská nížina)
The appraisal of economic indicators of coal deposits for underground coal gasification in the case of Beladice lignite deposit (Danube Basin, Slovakia) 253

Derco, J., Tuček, Ľ., Čechovská, K., Németh, Z. & Derco, J. ml.
Závislosť technologických vlastností grafitonosných hornín od stupňa ich metamorfózy
Dependance of technological parameters of graphite-bearing rocks on their metamorphic grade 267

Bezák, V.
Tektonický štýl širšej oblasti styku tatrika a veporika
Tectonic style of the wider contact area of the Tatricum and Veporicum 275

Chalupová, B.
Rétske žraloky a ryby z fatranského súvrstvia (profil Kardolína, Belianske Tatry, Slovensko)
Rhaetian *Chondrichthyes* and *Osteichthyes* remains from the Fatra Fm.
(Kardolína section, Belianske Tatry Mts., Slovakia) 283

Zlinská, A.
Foraminiferové asociácie z lučenského súvrstvia vrtu FGRk-1 (Rimavská kotlina)
Foraminiferal associations from the Lučenec Formation in borehole FGRk-1
(Rimavská kotlina Basin, Slovakia) 291

METODICKO-REŠERŠNÁ ČASŤ – METHODOLOGY AND SUMMARIES

Hók, J., Pešková, I. & Potfaj, M.
Litostratigrafická náplň a tektonická pozícia drietomskej jednotky (západný úsek bradlového pásma)
Lithostratigraphy and tectonic position of the Drietoma Unit (Western part of the Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians) 313

Obsah pokračuje na strane „iv“ v úvode čísla/for continuation see p. “iv” at the beginning of the number.

www.geology.sk/mineralia