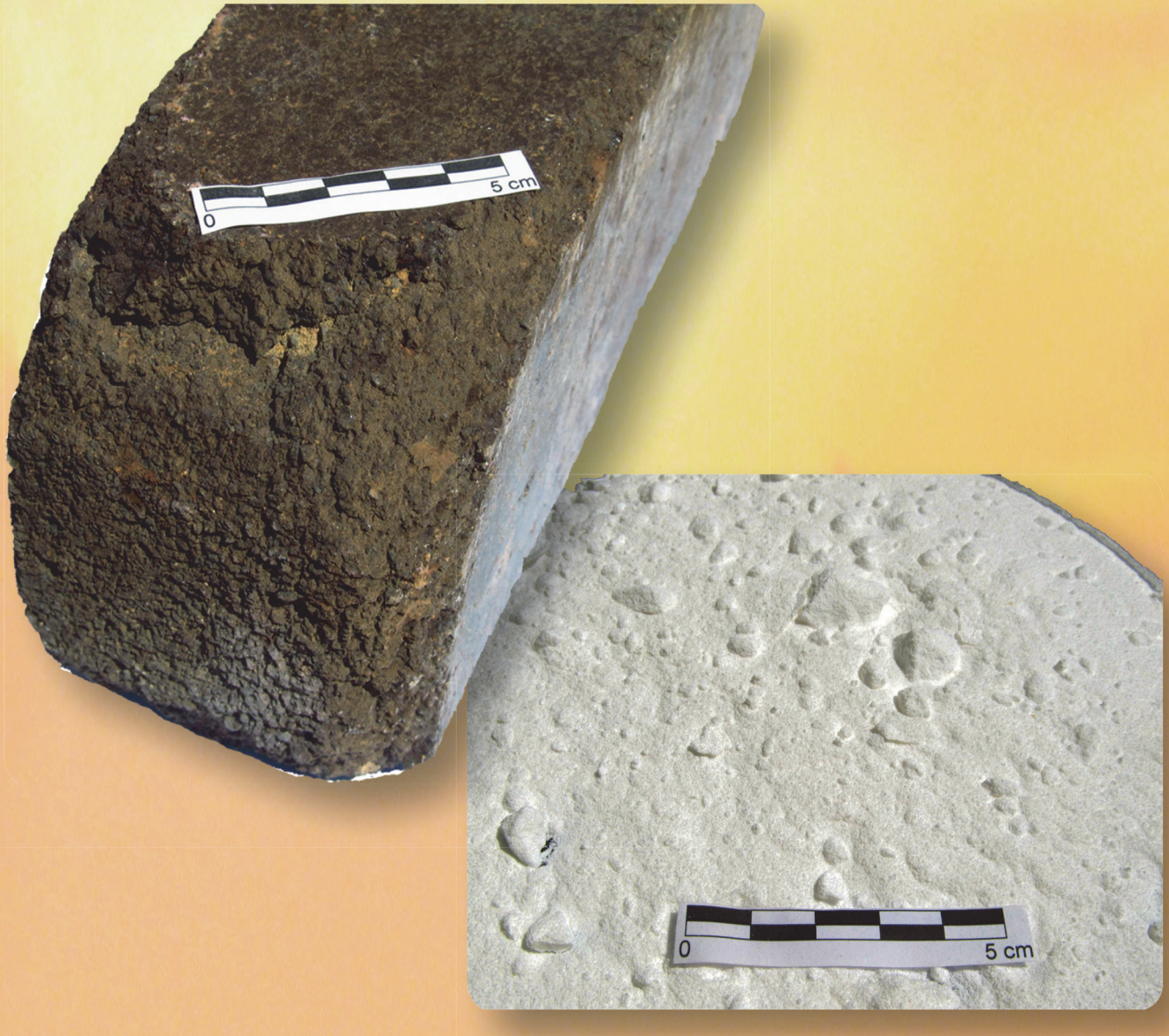
46/3-4/2014
ISSN 1338-3523
ISSN 0369-2086

Mineralia Slovaca



Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

MINERALIA SLOVACA
Ročník 46 – 2014
OBSAH

Bodiš, D. & K. Vrana: Životné jubileum doc. RNDr. Stanislava Rapanta, DrSc. (Geovestník, 46, 1 – 2) 17
Fordinál, K., Kráľ, J., Harčová, M., Čech, P., Zieliński, G. & Nagy, A.: $^{87}Sr/^{86}Sr$, $\delta^{13}C$ a $\delta^{18}O$ vo fosílnych schránkach mäkkýšov z morského, brakického a sladkovodného prostredia terciéru Západných Karpát 23
Hodossyová, R.: Nové knihy k životnému jubileu (Geovestník, 46, 3 – 4) 41
Horváth, I.: Knižná publikácia prof. Ing. Evy Chmielewskej, CSc. (Katedra environmentálnej ekológie, PriF UK): Prírodné zdroje na ochranu životného prostredia (vydala UK, Bratislava, 2014, ISBN-978-80-223-3674-1). (Geovestník, 46, 3 – 4) 42
Kohút, M.: Geologicko-turistické poznatky zo študijnej cesty do Indie a Himalájí (Geovestník, 46, 1 – 2) 1
Kohút, M., Németh, Z. & Liščák, P.: XX. kongres KBGA – Tirana 2014 očami slovenských účastníkov (Geovestník, 46, 3 – 4) 3
Krnáč, J., Andráš, P. & Blišťan, P.: Stanovenie rizika kontaminácie krajiny ťažkými kovmi v oblasti haldových polí Podlipa a Reiner na opustenom Cu-ložisku Ľubietová 69
Kucharič, Ľ.: Na sedemdesiatku Michala Kaličiaka (Geovestník, 46, 1 – 2) 10
Liščák, P.: Prof. Ing. Milan Matula, DrSc., sa v máji tohto roku dožil „90-tin“ (Geovestník, 46, 1 – 2) 9
Maglay, J.: R. Musil: Morava v době ledové. Brno: Masarykova universita 2014. 228 s. (Geovestník, 46, 1 – 2) 21
Michalík, J. & Németh, Z.: RNDr. Eva Chorvátová (Geovestník, 46, 1 – 2) 19
Németh, Z.: 12. stretnutie CETeG – Lądek Zdrój, Poľsko, 23. – 26. apríl 2014 Orlicko-sněžnický dóm a graben v oblasti horného toku rieky Nysa Kłodzka (Geovestník, 46, 1 – 2) 4
Németh, Z.: V. Vávra a J. Štelcl: Významné geologické lokality Moravy a Slezska. Brno: Masarykova universita 2014. 286 s. (Geovestník, 46, 1 – 2) 20
Németh, Z. & Gaál, Ľ.: Busta F. Kubínyiho – impulz k ďalšej intenzívnej spolupráci Salgótarján, Hungary, 15. 5. 2014 (Geovestník, 46, 3 – 4) 1
Németh, Z., Šimon, L., Kováčiková, M., Ozdínová, S. & Plašienka, D.: 13. predvianočný geologický seminár ŠGÚDŠ a SGS Nové poznatky o stavbe a vývoji Západných Karpát (Geovestník, 46, 3 – 4) 9
Németh, Z.: Aktivity košickej pobočky Slovenskej geologickej spoločnosti v roku 2014 (Geovestník, 46, 3 – 4) 33
Pažická, A., Brčeková, J., Klimko, T., Jurkovič, Ľ., Peťková, K., Kordík, J. & Slaninka, I.: Charakteristika geogénneho a antropogénneho pôvodu potenciálne toxických stopových prvkov vo vybratých riečnych sedimentoch Slovenska na základe geochemického a mineralogického hodnotenia 117
Slaninka, I., Jurkovič, Ľ. & Ďurža, O.: Geochémia 2014 (Geovestník, 46, 3 – 4) 7
Szabó, S., Novotný, L., Bartalský, B. & Jurík, I.: Nové poznatky o geologickej stavbe ložiska Košice I – Kurišková 59
Tuček, Ľ., Čechovská, K., Radvanec, M., Németh, Z. & Derco, J.: Likvidácia CO_2 karbonatizáciou: Porovnanie sekvestračného potenciálu chrómovo-horečnatého odpadového materiálu a vybratých horninových typov 81
Ulrych, J. & Štěpánková-Svobodová†, J.: Kenozoické alkalické vulkanické horniny s karbonatitovou afinitou v Českém masívu: zdroje a vývoj magmatu 45
Zlinská, A.: Biostratigrafia paleogénnych usadenín Turčianskej kotliny 1
Zlinská, A.: Paleontologický seminár (Geovestník, 46, 1 – 2) 8
Zlinská, A.: Za RNDr. Editou Brestenskou (Geovestník, 46, 1 – 2) 18

MINERALIA SLOVACA
Volume 46 – 2014
CONTENT

Bodiš, D. & K. Vrana: Greetings to 60th birthday of doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc. (Geovestník, 46, 1 – 2) 17
Fordinál, K., Kráľ, J., Harčová, M., Čech, P., Zieliński, G. & Nagy, A.: $^{87}Sr/^{86}Sr$, $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ in mollusc fossil shells from marine, brackish and freshwater environments from the Western Carpathians Tertiary sequences 23
Hodossyová, R.: New books for Jubilee (Geovestník, 46, 3 – 4) 41
Horváth, I.: Knižná publikácia prof. Ing. Evy Chmielewskej, CSc. (Katedra environmentálnej ekológie, PriF UK): Prírodné zdroje na ochranu životného prostredia (vydala UK, Bratislava, 2014, ISBN-978-80-223-3674-1). Review of the publication. (Geovestník, 46, 3 – 4) 42
Kohút, M.: Geological-tourist learnings from the study travel to India and the Himalayas (Geovestník, 46, 1 – 2) 1
Kohút, M., Németh, Z. & Liščák, P.: XX CBGA Congress – Tirana 2014 – Impressions of Slovak participants (Geovestník, 46, 3 – 4) 3
Krnáč, J., Andráš, P. & Blišťan, P.: Risk estimation of heavy metal contamination in the surrounding of Podlipa and Reiner dump-fields at abandoned Cu-deposit Ľubietová (Slovakia) 69
Kucharič, Ľ.: Greetings to 70th birthday of doc. RNDr. Michal Kaličiak, CSc. (Geovestník, 46, 1 – 2) 10
Liščák, P.: Greetings to 90th birthday of Prof. Ing. Milan Matula, DrSc. (Geovestník, 46, 1 – 2) 9
Maglay, J.: Review of publication written by R. Musil: Moravia during the Ice Age. Brno: Masarykova universita 2014. 228 p. (Geovestník, 46, 1 – 2) 21
Michalík, J. & Németh, Z.: The remembrance of RNDr. Eva Chorvátová (Geovestník, 46, 1 – 2) 19
Németh, Z.: 12th CETeG Meeting – Lądek Zdrój, Poland, 23.–26. April 2014 The Orlica-Śnieżnik Dome and the Upper Nysa Kłodzka Graben, the Sudetes (Geovestník, 46, 1 – 2) 4
Németh, Z.: Review of publication written by V. Vávra and J. Štelcl: Significant geological localities in Moravia and Silesia. Brno: Masarykova universita 2014. 286 p. (Geovestník, 46, 1 – 2) 20
Németh, Z. & Gaál, Ľ.: Statue of F. Kubínyi – impulse to further intensive cooperation Salgótarján, Hungary, 15. 5. 2014 (Geovestník, 46, 3 – 4) 1
Németh, Z., Šimon, L., Kováčiková, M., Ozdínová, S. & Plašienka, D.: 13. geological seminar: New knowledge about geological setting and evolution of the Western Carpathians (Geovestník, 46, 3 – 4) 9
Németh, Z.: The activities of the Slovak Geological Society, branch Košice, in 2014 (Geovestník, 46, 3 – 4) 33
Pažická, A., Brčeková, J., Klimko, T., Jurkovič, Ľ., Peťková, K., Kordík, J. & Slaninka, I.: Characteristics of geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic trace elements in selected stream sediments of Slovakia based on geochemical and mineralogical evaluation 117
Slaninka, I., Jurkovič, Ľ. & Ďurža, O.: Geochemistry 2014 (Geovestník, 46, 3 – 4) 7
Szabó, S., Novotný, L., Bartalský, B. & Jurík, I.: New knowledge about geology of the Košice I – Kurišková deposit (Slovakia) 59
Tuček, Ľ., Čechovská, K., Radvanec, M., Németh, Z. & Derco, J.: Liquidation of CO_2 by carbonatization: Comparison of sequestration potentials of chromium-magnesium waste material and selected rock types 81
Ulrych, J. & Štěpánková-Svobodová†, J.: Cenozoic alkaline volcanic rocks with carbonatite affinity in the Bohemian Massif: Their sources and magma generation 45
Zlinská, A.: Biostratigraphy of the Paleogene sediments of the Turiec Basin (Western Carpathians) 1
Zlinská, A.: Paleontological seminar (Geovestník, 46, 1 – 2) 8
Zlinská, A.: The remembrance of RNDr. Edita Brestenská (Geovestník, 46, 1 – 2) 18

Obsah – Content

Mineralia Slovaca 46 (2014) • 3 – 4

PÔVODNÉ ČLÁNKY – ORIGINAL PAPERS

Tuček, Ľ., Čechovská, K., Radvanec, M., Németh, Z. & Derco, J.
Liquidation of CO_2 by carbonatization: Comparison of sequestration potentials of chromium-magnesium waste material and selected rock types
Likvidácia CO_2 karbonatizáciou: Porovnanie sekvestračného potenciálu chrómovo-horečnatého odpadového materiálu a vybratých horninových typov 81

Pažická, A., Brčeková, J., Klimko, T., Jurkovič, Ľ., Peťková, K., Kordík, J. & Slaninka, I.
Charakteristika geogénneho a antropogénneho pôvodu potenciálne toxických stopových prvkov vo vybratých riečnych sedimentoch Slovenska na základe geochemického a mineralogického hodnotenia
Characteristics of geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic trace elements in selected stream sediments of Slovakia based on geochemical and mineralogical evaluation 117

GEOvestník

OBÁLKA: Likvidácia CO_2 karbonatizáciou chrómovo-horečnatého odpadového materiálu (obr. vľavo hore) v suspenzii jeho meliva s vodou využíva zistenú možnosť naviazania CO_2 vo vysokotlakovom reaktore na Mg zložku z periklasu, brucitu a chrómspinelu. Podrobnosti zmienenej reakcie uvádza článok autorov Tuček et al. na str. 81 – 116. Produkt karbonatizačnej reakcie pri optimalizovaných reakčných podmienkach tvorí hydromagnezit, ktorý je environmentálne neškodný (obr. vpravo dole).

COVER: Liquidation of CO_2 by carbonatization of chromium-magnesium waste material (figure on the upper left side) in suspension of its grist with water, applying the high-pressure reactor, uses the possibility to bind CO_2 with Mg component from periclase, brucite and chromspinels. Details of the reaction are stated in article by Tuček et al. on pp. 81–116. Product of carbonatization reaction at optimizing reaction conditions consists of hydromagnesite, being environmentally harmless (figure right down).

Oznam

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra zmenil cenu predplatného časopisu *Mineralia Slovaca* na rok 2015 vrátane DPH (10 %) z dôvodu zníženia periodicity časopisu zo štyroch na dve čísla ročne.

Ročné predplatné:	pre jednotlivcov	–	**16,50 €**
	pre členov Slovenskej geologickej spoločnosti a členov geologických asociácií	–	**15,40 €**
	pre organizácie v SR	–	**22,00 €**
	pre organizácie v zahraničí – štáty Európy	–	**33,00 €**
	pre organizácie v zahraničí – štáty sveta	–	**45,00 €**
Cena jedného čísla		–	**5,00 €**

Úhrada je možná prevodným príkazom alebo poštovou poukážkou:

Názov účtu:	Štátna pokladnica
BIC/SWIFT:	SPSRSKBA
Číslo účtu/IBAN:	SK37 8180 0000 0070 0039 0960
Variabilný symbol:	2015

Zásielky, predplatné a reklamácie vybavuje Monika Vancáková
tel: 055/62 500 43 fax: 055/62 500 44 e-mail: monika.vancakova@geology.sk
secretary.ke@geology.sk

Mineralia Slovaca, 46 (2014), 81 – 116
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Liquidation of CO_2 by carbonatization: Comparison of sequestration potentials of chromium-magnesium waste material and selected rock types

ĽUBOMÍR TUČEK, KATARÍNA ČECHOVSKÁ, MARTIN RADVANEC,
ZOLTÁN NÉMETH and JÁN DERCO

State Geological Institute of Dionýz Štúr, Mlynská dolina 1, SK-817 01 Bratislava

Abstract

The artificial carbonatization of materials containing CaO, MgO or FeO (besides other oxides, non-reactive with CO_2) by reaction of their fine-grained grist with suspension of CO_2 plus water at appropriate reaction conditions (suspension density, pressure, duration of reaction, as well as the stirrer rotations) can contribute to stable liquidation of CO_2, as well as to liquidation of some environmentally harmful components from these materials, and optimizing of pH in the storage dumps.

The carbonatization results of until untested industrial waste – chromium-magnesium brick from the linings of furnaces (MT) are compared with the sequestration (carbonatization) potential of yet untested natural material – rocks with primary higher contents of CaO, MgO and FeO – the talc-chlorite schist from the locality of Gemerská Poloma (GP), metabasic rock from Nižný Klátov (NK1), chloritic schists from Gelnica (GE) and pyroxenic andesite from the quarry at the village of Slanec (SL). From practical reasons, the tested rock types occur in the nature in large quantities or are available as a by-product of already existing exploitation activities.

The waste sample MT has a high carbonatization potential – Mg component from the input reacted with CO_2 to hydromagnesite with a relatively high conversion – 83.2 %, and a new carbonate product with contents of 73.5 % of hydromagnesite and 1.1 % of $CaCO_3$ (together 74.6 %), can bound 28.2 % of CO_2. For liquidation of 1 tonne of CO_2 applying the grist of chromium-magnesium waste there is a need of 1.757 tonne of MT sample material, which represents even the better result than was obtained at previous researches applying serpentinite rock. Moreover, the positive fact is that the strongly alkaline reaction of input suspension of the sample MT (pH ~ 9.5 to 11.0) was lowered by the reaction to pH ~ 7.5.

Of the rock samples, the best carbonatization results were obtained at the talc-chlorite schist sample GP with the subsequent amorphization (GPA). A new carbonate product that has crystallized from the filtrate, has a content of 86.6 % hydromagnesite, in which structure 32.6 % CO_2 was fixed with an increase of the weight yield of the compound product +5.44 %. The second positive sample of metabasic rock NK1 allowed to prepare a new carbonate product with the $CaCO_3$ content 86.6 %, in which structure totally 38.1 % CO_2 was bound with an increase of the weight yield of compound product +1.3 %. The andesite SL has provided a new carbonate product with 71.1 % $CaCO_3$, having bound in its lattice 31.3 % of CO_2 with a weight yield of compound product +0.6 %. The worst carbonatization potential was found in the case of the chlorite schist sample GE, providing carbonate product with 41.4 % of manganocalcite (+kutnahorite) with bound 18.2 % of CO_2 and a weight yield of compound product +0.4 %.

Key words: CO_2 sequestration, carbonatization vs. carbonation, chromium-magnesium waste, talc-chlorite schist, metabasic rock, chlorite schists, pyroxenic andesite

Introduction

The amount of anthropogenic CO_2 emissions is constantly increasing. The total annual CO_2 flow from the soil and oceans into atmosphere is estimated to 500 billion tonnes. In 2011, from this amount, the anthropogenic emissions represented app. 25 billion tonnes (Němec, 2011). In 2013, the total CO_2 production related to the fossil fuel combustion reached 39.7 billion tonnes. Approximately 60 % of these emissions were produced by the large stationary sources like heating and power plants, steelworks and companies processing carbonatic raw materials. The emissions from these sources contain CO_2 dispersed in flue gases in the share of 5 to 15 % (Němec, 2011). By this reasons, from 2000 the amount of CO_2 in the atmosphere increases by 2 ppm annually, in 2007 there was reached the value 384 ppm (Sipilä et al., 2008). The 2013 average is 396.48 ppm. (www.CO_2Now.org).

The global temperature increase is interpreted by an increase of atmospheric CO_2 concentration. CO_2 is understood as a significant greenhouse gas, though also methane recently appears as an actual threat in relation to the shale gas exploitation.

It is estimated that maintaining an economic growth would increase the anthropogenic CO_2 emissions until 2030 by 70 % and in the 2070s the atmospheric concentration of CO_2 would achieve double value in comparison with the beginning of the last century (Němec, 2011).

European Commission has accepted a strategy to reduce CO_2 emissions in EU member states by 20 % until 2020. The strategy of the carbon capture and storage (CCS) is supposed as one of main ways how to reduce CO_2 emissions into the atmosphere. CCS includes the capture, separation and concentration of CO_2, being produced by the energy resources and industry, its transport to the storage sites and final storage protected against deliberation into atmosphere.

New investigation, reported in this article, was based on very positive results, reached in artificial carbonatization of ultramafic rocks – serpentinites (Tuček et al., 2008; Radvanec et al., 2008), but also an industrial waste – asbestos cement – eternit (Radvanec et al., 2013), as well as the fly ash (Tuček et al., 2011a, b).

The CaO, MgO and FeO components present in reacting substances are able to bound CO_2 at appropriate temperature-pressure reaction conditions (in the case of iron only as Fe^{2+}), and as the new products there originate carbonates and acid carbonates (calcite, aragonite, hydromagnesite, magnesite, dolomite, siderite, a.o.) with fixed CO_2 in their lattices.

The research (l.c.) has revealed that besides the temperature and pressure, the kinematics of CaO, MgO and FeO reaction with CO_2 resulting in origin of carbonates (the process of carbonatization, resp. artificial carbonatization) is influenced also by the mineral and chemical composition of input materials, activity of their compounds, purity of CO_2, state of input components (solid, liquid and gaseous phase) and their mutual ratio, grain-size, resp. porosity of input materials (waste or rocks), activity of specific surface, modification of input components (mechanical, thermic, chemical, physical--mechanical, event. their mutual combination), duration (lasting) of reaction with CO_2, reaction conditions (static or dynamic), density, resp. viscosity of reagent slurry, pH of reaction environment, type and amount of added reagents (additives). Hence, the effective carbonatization process needs an optimization of above listed parameters.

Authors explain the reasons of their using the term *artificial carbonatization* (related to the mineral carbonate) instead of frequently used term *carbonation* (derived from the chemical element carbon). The carbonatization is a process of material (mineral) transformation – the chemical reaction of an appropriate matter with carbon dioxide producing a new phase – carbonate in the form of synthetic minerals.

Based on recently solved geological project of the Ministry of Environment of the Slovak Republic "Determination of optimum conditions for permanent disposal of CO_2 by the method of mineral sequestration" (Čechovská et al., 2013), the carbonatization potential of until untested industrial waste – **chromium-magnesium material from the linings of furnaces (MT)** was investigated. During many years lasting industrial operation of furnaces the chromium-magnesium bricks were exposed to temperatures 1 650–1 750 °C.

In order to compare the sequestration (carbonatization) potential of this industrial waste with yet untested natural materials – rocks with primary increased contents of CaO, MgO and FeO – we have sampled the representative lithological types – **talc-chlorite schist from the locality of Gemerská Poloma (GP), metabasic rock from Nižný Klátov (NK1), chloritic schists from Gelnica (GE)** and **pyroxenic andesite from the quarry at the village of Slanec (SL).** From practical reasons, we intended to test rocks occurring in the nature in huge quantities and obtainable inexpensively, eventually being available as a by-product of already existing exploitation activities.

Samples and technique of laboratory investigation, analytical methods

Based on our previous experience (l.c.), we have defined four parameters, principally influencing carbonatization process – **duration of CO_2 reaction with appropriate suspension, concentration of suspension, CO_2 pressure during reaction, as well as stirrer rotations.** Other factors we have decided to remain constant in our optimization tests: mineral and chemical composition of input material and its solid phase, granular character of the sample obtained by its mechanical modification (crushing, milling, etc.), temperature of reaction environment is 20–22 °C (without the need of additional energy for heating the reaction), dynamic conditions of reaction, pH of environment (suspension) around 10, no need of adding other reagents than water for modification of input concentration of suspension. The CO_2 purity was at least 99 %, though in some cases we tested reaction products with CO_2 purity 95 %, and no worsening of results was revealed.

Tested sample of **chromium-magnesium material from the linings of furnaces (MT), as well as rock samples (GP, NK1, GE, SL),** had primary weight of ca 15 kg. Compact samples were crushed in jaw crushers, sorted and ground in ball mill to grain-size beneath 1 mm without residue. After their homogenization and quartering there followed wet granulometric analyses. Grist of investigated samples with differing granularity was then stirred in the water for suspension of appropriate parameters. Besides optimization of other parameters, the carbonatization tests in the reactor had to determine the optimum concentration of the particular sample mash.

The refinement and mechanical modification (activation) of the surfaces of grains of tested materials aimed to enlarge their specific reaction surface. Subsequent thermic, as well as chemical modifications have activated Ca, Mg, resp. Fe components from appropriate minerals in intention to accelerate their reactions with CO_2.

Laboratory experimental tests were done applying the laboratory high-pressure reactor PARR 4540. In tests presented in this contribution, the reactor parameters were as follows: CO_2 input pressures 2–12 MPa,

reaction durations 1–24 hours, stirrer rotation 250 to 550 rpm and suspension concentrates 80–370 g/l. The dynamic conditions of reaction with Mg, Ca, eventually Fe component from the input samples with CO_2 in water suspensions were provided by stirring. Found optimum stirrer rotation (400 rpm) changed only negligible due to the grain-size of given samples, their specific weight, etc.

Before carbonatization, the grist suspensions of input samples, especially that of waste material, have manifested strong alkaline reaction with pH 9.5–12.0. After reaction, the output pH values reached the range 6.5–8.0. The carbonatization products were obtained from the reactor either undivided, or divided by filtration to filtration cakes (solid phase) and filtrates (liquid phase). Drying at 100 to 200 °C has provided precipitated products with carbonate content for further analysing.

Both – the homogeneous parts of input samples, and products after carbonatization, resp. filtration and crystallization by drying, were identified by X-ray diffraction analyses, chemical analyses and some samples underwent also microprobe study for manifestation of CO_2 binding in solid products.

All chemical analyses of inputs and carbonatization products were performed in the State Geological Institute of Dionýz Štúr (SGIDS) – Geoanalytical Laboratories Spišská Nová Ves (GAL), representing the reference laboratories of the Ministry of Environment of the Slovak Republic for geology and analyses of geological materials with accreditation sensu ISO/IEC 17025:2005. The CO_2 contents were determined by the high-temperature oxidation and volumetric analysis (manometric method). CaO and MgO were determined by X-ray-fluorescence spectroscopy, FeO by titration analysis and loss by ignition by gravimetric method.

The semiquantitative and quantitative parameters of minerals in input samples and carbonatization products were obtained by the combination of X-ray diffraction (XRD) analyses and mineralogical recalculation from chemical analyses. The XRD analyses and all experimental procedures were done in the SGIDS laboratories – Applied Technology of Raw Minerals (ATNS, Košice): DRON – UM 1 having detection sensitivity 3 %: CoKα source, Fe filter, accelerating voltage 30 kV, amperage 20 mA, time constant T-2, apertures 2–2 and 1–0.25; shift of goniometer arm 2°/min. The computer processing of X-ray records by conventional ASTM tables has manifested the origin of qualitatively new mineral phases in the products.

Carbonatization products and filtration cakes were studied and documented applying binocular and optical microscope, as well as microprobe Cameca SX 100 in SGIDS Bratislava with following standards: Ca – wollastonite, Mn – rhodonite, Na – albite, K – orthoclase, Cr – chromite. Synthetic compounds were used for determination of Ti, Al, Fe and Mg contents, as well as BaF_2 for determination of F. Microprobe analyses were held at 15 kV accelerating voltage and beam intensity 5 nA at acid carbonates and carbonates analyses, or 20 nA at silicates and amorphous phases analyses. The silicates analysed area with the window diameter 1–7 μm changed according to analysed mineral or object dimensions. Acid carbonates and carbonates were analysed with the 7–20 μm window. The analysis duration for one element was 10 s or 25 s for F. The detection limit for individual elements was lower than 0.05 wt.% with an error ±1-sigma.

Tab. 1
Chemical and mineral composition of input samples MT, GP, NK1, GE and SL

	Jelšava	Gemerská Poloma	Nižný Klátov	Gelnica	Slanec
	MT	**GP**	**NK1**	**GE**	**SL**
	Waste	Rock samples			
Chemical composition (wt.%)					
SiO_2	1.43	51.70	52.10	56.70	58.20
TiO_2	0.03	1.16	1.05	0.90	0.69
Al_2O_3	3.88	12.70	14.90	22.90	18.80
Fe_2O_3	7.57	2.88	8.40	7.20	6.24
FeO	**0.43**	**1.90**	**5.82**	**4.46**	**2.80**
CaO	**2.09**	0.39	**6.33**	0.16	**7.71**
MgO	**78.30**	**22.40**	**7.57**	**1.59**	**2.73**
MnO	0.37	0.02	0.13	0.07	0.09
Na_2O	<0.20	<0.20	5.07	1.28	3.10
K_2O	0.06	0.59	0.11	4.76	0.91
P_2O_5	0.07	0.17	0.09	0.11	0.10
Cr_2O_3	5.66	0.0099	0.0296	0.0183	0.003
Loss ign.	0.37	7.74	4.03	4.09	1.00
SO_3	0.07	0.05	0.01	<0.01	0.31
CO_2	0.33	0.07	1.39	0.16	0.42
Mineral composition (wt.%)					
Brucite	1.2				
Portlandite					
Periclase	74.4				
Chromspinels	12.6				
Chrysotile					
Larnite					
Calcite	0.8		3.2	0.3	0.9
Plagioclase			42.9	10.8	61.8
Amphibole			31.5		
Maghemite	7.5				
Chlorite		47.7	21.1	16.6	
Talc		29.4			
Quartz		16.7		20.2	24.8
Sericite		6.2			
Mica				47.0	
K-feldspar				1.7	
Hydrocalumite					
Bassanite					
Other			1.3	3.4	6.2
Amorph. phase	3.5				6.3
Together	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Note: Fe_2O_3 represents total content; other – Si, Al, Fe, ... oxides

Input samples for carbonatization – general information

Tested *waste sample* of the **chromium-magnesium material MT** represents the inner lining of furnaces of the Slovak Magnesite Works, joint-stock company, Jelšava.

Tested *rocks samples* encompass *(1)* the **talc-chlorite schist GP** from the mine dump at the village of Gemerská Poloma, *(2)* sample **NK1** of **metabasic rock** taken from the state road cut at Nižný Klátov ca 200 m to WNW from the crossing of the road to village. Sample *(3)* of **chlorite schist GE** sampled from the road cut 250 m to WSW of the railway station in the town of Gelnica. *(4)* **Pyroxene andesite SL** represents exploited rock in active quarry ca 500 m to NNE of the square in the Slanec village. All samples are from the Eastern Slovakia. Chemical and mineral compositions of input samples are presented in Tab. 1. Precise locations of the rocks sampling sites are presented in appropriate chapters and Figs. 5, 11a, 17a and 22a.

Mineral composition of input samples, as a precondition for effective carbonatization

As evident from chemical and mineral compositions in Tab. 1, the chromium-magnesium brick sample **MT** contains periclase (74.4 %), chromspinels (12.6 %) and brucite (1.2 %). From these minerals, as well as partly from amorphous phase (3.5 %), the Mg-, resp. Ca-components can be deliberated during carbonatization and react with CO_2. The sum of CaO, MgO and FeO in the case of sample MT is up to ca 81 %. Other minerals – maghemite (7.5 %) and calcite (0.8 %) do not react with CO_2.

Talc-chlorite schist sample **GP** (Tab. 1) contains 29.4 % of talc and 47.7 % of chlorite, being a significant bearer mainly of Mg and partly also of Fe^{2+}, both being appropriate for reaction with CO_2. Quartz (16.7 %) and white mica (6.2 %) have no CO_2 sequestering potential.

The metabasic rock sample **NK1** contains 31.5 % of amphibole with Ca, Mg and Fe^{2+} ions in its structure, next 21.1 % of chlorite, binding Mg and Fe^{2+}, as well as 42.9 % of plagioclase (source of Ca component; Tab. 1). All these minerals are appropriate for reaction with CO_2. Next minerals of rock – calcite (3.2 %) and Si, Al, Fe oxides (1.3 %) were not involved into carbonatization process.

Sample of chloritic schist **GE** contains only one mineral (chlorite 16.6 %), having bound in its structure Mg and Fe^{2+} ions, appropriate for binding CO_2. Further present minerals (Tab. 1) do not bind appropriate ions for reaction with CO_2, including plagioclase, having in its structure only Na – albite component (missing Ca).

In the pyroxenic andesite sample **SL** (Tab. 1), Ca, Mg and Fe^{2+} are available in plagioclase (61.8 %), amorphous phase of non-stoichiometric composition (6.3 %) and further minerals (6.2 %). Quartz (24.8 %) and calcite (0.9 %) are not appropriate for artificial carbonatization.

In the case of rock samples, the sum of Ca, Mg and Fe^{2+} oxides is in the range from ca 6 % (GE) up to ca 25 % (GP). The highest value of these three oxides is in the sample GP – 22.4 % MgO. Next there follow the samples SL – 7.71 % CaO, NK1 – 7.57 %, MgO and GE – 4.46 % FeO (Tab. 1). Mg is bound preferably in talc (GP) and chlorite (GP, NK1, GE). Ca component is present preferably in the structure of plagioclase (NK1, SL) and Fe^{2+}, resp. Ca components are present preferably in the structure of amphibole (NK1).

Results of carbonatization

Carbonatization of chromium-magnesium waste material (sample MT)

Carbonatization tests of the MT sample grist with the grain-size <1 mm

Grist of the input sample **MT** with the **grain-size <1 mm and 4.4 % of classy component <0 μm** (Fig. 1a, b) contains dominant periclase, less brucite and chromspinels, altogether reaching 74.4 % of MgO.

The reaction of the periclase and portlandite from the **chromium-magnesium waste** with the mixture $H_2O + CO_2$ takes place according to reaction (1).

Table 2 shows that the weight yields after carbonatization of the MT sample grist <1 mm gradually increased during the reactions lasting from one to six hours from +3.80 % up to +13.22 % and from six to eight hours the value has increased by ca 2 %. The highest weight yield was reached after **8 hours** of carbonatization (+15.4 %). An increase of CO_2 pressures (from 6 up to 12 MPa) in other separate successive reactions lasting 6 hours have produced approximately similar increase of the weight yield of undivided products of carbonatization – around 13 %. The products contained newly originated hydromagnesite, though the persisting presence of input Mg minerals was still confirmed by the XRD analysis.

Table 4 presents the results of artificial carbonatizations of **MT** sample grist, applying grain-size **<1 mm** at differing stirrer rotations. The final carbonatization products were divided by filtration to filtration cakes (solid phase – K) and filtrates (liquid phase – F), which were subsequently dried and carbonates containing products have precipitated. The highest weight yield (K + F) **+9.44 wt.%** was reached after **4 hours of reaction at 6 MPa** at stirrer rotations **400 rpm.** The hydromagnesite contents in products from filtrates are up to **89 %.**

The weight yields obtained after carbonatization of the MT grist with grain size <1 mm are low (ca 10-x lower than theoretical weight yield), filtration cakes still contain a lot of periclase and brucite and there is obvious that further milling is necessary for increasing of the reaction surface.

Figure 2 shows the micro composition of input MT chromium-magnesium waste as well as the product after its 4 hours lasting carbonatization. Chemical classification of calcite, dolomite and magnesite, originating by carbonatization of chromium-magnesium waste is presented in Fig. 3.

6MPa, 22 °C, 2 hours

$$\underset{\text{periclase}}{6MgO} + \underset{\text{portlandite}}{Ca(OH)_2} + 6CO_2 + 4H_2O \rightarrow \underset{\text{hydromagnesite}}{Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O} + \underset{\text{calcite-dolomite-magnesite}}{CaCO_3 + MgCO_3} \quad (1)$$

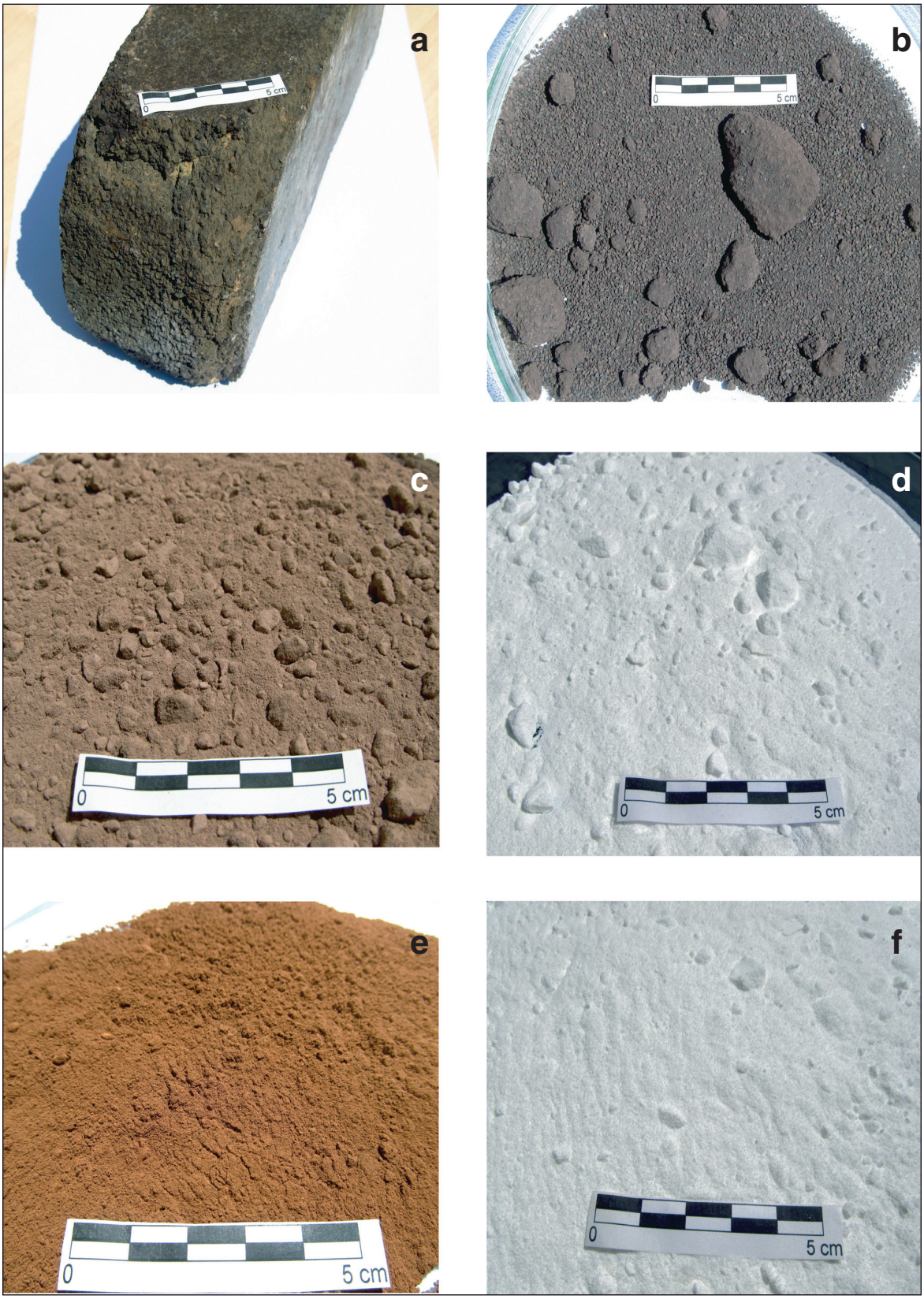


Fig. 1. a – Input sample of the waste chromium-magnesium brick MT. **b** – Grist of MT sample with a grain-size beneath 1 mm. **c–d** – Carbonatization products of the sample MT – filtration cake (c) and filtrate (d). **e–f** – Products of double carbonatization – filtration cake (e) and filtrate (f).

Tab. 2
Minerals and weight yields (%) in carbonatized products of the chromium-magnesium waste sample **MT** – fraction **<1 mm,** density **159 g/l,** temperature **22 °C,** stirrer rotation **400 rpm** in relation on **changed reaction duration (1–8 hours),** as well as **changed CO_2 pressures (6, 8, 10 and 12 MPa)** in reactions lasting **6 hours**

Duration of reaction with CO_2 (hours)	Weight yield (%)	Minerals in carbonatized product
Input	–	Periclase, brucite, calcite, maghemite, chromspinelides, AF
1	+3.80	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
2	+5.44	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
3	+7.58	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
4	+9.02	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
5	+10.12	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
6	+13.22	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
7	+13.54	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
8	+15.40	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
Pressure CO_2 (MPa)	Increase of weight yield (%)	Minerals in carbonatized product
Input	–	Periclase, brucite, calcite, maghemite, chromspinelids, AF
6	+13.22	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
8	+12.82	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
10	+13.76	Periclase brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF
12	+12.48	Periclase, brucite, hydromagnesite, calcite, maghemite, AF

Note: AF – amorphous phase, containing in carbonatized products also chromspinels

Tab. 3
Wet granulometric analysis of the **MT** sample grists <0.2 mm and <0.1 mm

mm

Grain size (mm)	**MT – Grist beneath 0.2 mm – Weight yield (%)**		
	Class	Total residue	Total throughs
0.2–0.5	–	–	–
0.1–0.2	9.73	9.73	–
0.045–0.063	10.70	15.70	95.00
0.020–0.045	29.80	45.50	84.30
–0.020	**54.50**	–	**54.50**
Sum	100.00	–	–

Grain size (mm)	**MT – Grist beneath 0.1 mm – Weight yield (%)**		
	Class	Total residue	Total throughs
0.1–0.2	–	–	–
0.063–0.1	5.00	5.00	–
0.063–0.1	**15.43**	25.16	90.27
0.045–0.063	10.63	35.79	74.84
0.020–0.045	24.44	60.23	64.21
–0.020	39.77	–	**39.77**
Sum	100.00	–	–

Tab. 4
The **MT** sample carbonatization tests applying fraction <1 mm at reaction conditions: **22 °C, 4 hours,** pressure **6 MPa,** suspension density **159 g/l** and **differing stirrer rotation**

Stirrer rotation (rpm.)	Product	Total increase of weight yield (%)	Chemical composition (wt.%)					Mineral composition (wt.%)
			Fe_2O_3	CaO	MgO	Loss by ign.	CO_2	PE – periclase; BR – brucite; HM – hydromagnesite; KA – calcite; Magh – maghemite; AF – amorphous phase
MT	Input	–	7.57	2.09	78.3	0.37	0.33	PE 74.4; BR 1.2; KA 0.8; Chrs 12.6; Magh 7.5; AF 3.5
350	Cake – K	+8.76	8.39	1.10	75.5	1.41	0.73	PE 74.0; BR 2.2; KA 1.7; Magh 8.4; next minerals 13.7
	Filtrate – F		–	6.51	39.5	51.3	33.9	Hydromagnesite 90.0; AF 10.0
400	Cake – K	**+9.44**	8.35	1.04	75.8	1.57	0.73	PE 73.9; BR 2.7; KA 1.7; Magh 8.4; next minerals 13.3
	Filtrate – F		–	6.05	39.4	52.0	33.7	Hydromagnesite 89.5; AF 10.5
450	Cake – K	+8.08	8.28	0.96	75.4	1.59	0.59	PE 73.2; BR 3.2; KA 1.3; Magh 8.3; next minerals 14.0
	Filtrate – F		–	5.74	40.6	51.6	33.8	Hydromagnesite 89.8; AF 10.2
500	Cake – K	+8.00	8.40	1.00	76.0	1.59	0.54	PE 73.7; BR 3.4; KA 1.2; Magh 8.4; next minerals 13.3
	Filtrate – F		–	6.18	39.9	51.5	33.1	Hydromagnesite 87.9; AF 12.1

Note: Chrs – chromspinels. In all cakes (K), the present chromspinels are included into the group of further minerals.

Carbonatization tests of the MT sample grist – grain-size <0.2 mm

Totally 90 minutes milling of the homogeneous part of the sample MT with grain-size <1 mm to grain-size <0.2 mm resulted in increased of the finest class (<20 μm) by 35.37 % to 39.77 % (Tab. 3).

The conditions of CO_2 reactivity with MgO were optimized in the high-pressure reactor with the MT sample grist <0.2 mm successively at eight reaction durations (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 hours), five CO_2 pressures (4, 5, 6, 7 and 8 MPa), three suspension concentrations (81, 159 and 215 g/l) and five stirrer rotations (350, 400, 450, 500 and 550 rpm) (Tab. 5). In the case of reacting the whole share of MgO (78.3 %) from Mg-bearing input minerals, resulting to crystallization of hydromagnesite, the maximum theoretical weight increase of undivided product after the reaction with CO_2 would represent an increase +103.4 %, i.e. from 1 kg of the input sample there would originate 2.034 kg of carbonatized product. The reaction tests intended to reach this maximum weight yield, i.e. no former Mg minerals periclase, brucite, resp. chromspinels should remain, or remain in the smallest possible amount.

The weight yields of compound products after carbonatization have continually increased by longer durations (Tab. 5) from one to four hours (from +27.28 % to +49.56 %), but reactions lasting five and six hours increased this value only by 1.44 %. The highest weight yield was reached after 6 hours (+51.0 %). Hydromagnesite was demonstrated by XRD in carbonatization products of all reactions, though periclase and brucite still remained in filtration cakes.

Increasing CO_2 pressure (from 4 to 6 MPa) in reactions caused an increase of the weight yield of compound product from +35.32 % to +49.56 %, though at pressures from 6 to 8 MPa it was approximately corresponding – around +49 %. Carbonatization products contain hydromagnesite, though Mg minerals (periclase, brucite) in filtration cakes were still found by XRD analysis.

Tests with various densities of suspensions have demonstrated that the highest total weight yield of compound carbonatization product +52.32 % was found at density 159 g/l. In filtration cakes the increased suspension density was reflected with lowering content of periclase from 58.6 % to 21.5 % and distinct increase of hydromagnesite from 2.4 % to 54.5 %. The precipitated products from filtrates contained 93.2–96.7 % of hydromagnesite.

Concerning the stirrer rotations (Tab. 5), the highest weight yield of compound product was reached at 400 rpm (+54.4 %) with the hydromagnesite content in dried product from filtrate was 97.5 %. The periclase content in filtration cake in comparison with the input (74.4 %) has lowered more than twice to value 35.9 %.

Because in all filtration cakes of this tests series with the grist of the grain-size <0.2 mm, the unreacted periclase and brucite still remained (Tab. 5) and the utmost reached weight yield of compound carbonatized product was +54.4 % (theoretically possible could be +103.4 %), there is necessary to test the above stated carbonatization parameters with even finer grist – the grain-size <0.1 mm. (At the grain-size <0.2 mm the class <1 mm represented only +15.43 % – Tab. 3).

Carbonatization tests of the MT sample grist with the grain-size <0.1 mm

Homogeneous part of the sample **MT** (<0.2 mm) was further milled 30 minutes to grain-size <0.1 mm. The representation of the finest class (<20 μm) has increased by 14.73 % to 54.50 % (Tab. 3).

Optimization tests of CO_2 reactivity with dominant MgO component from the grist of grain-size <0.1 mm were held in the high-pressure reactor with the same parameters combinations as in the first tests series – duration of reactions with **CO_2:** 1, 2, 3, 4, 5 and 6 hours, **CO_2 pressures:** 4, 5, 6, 7, 8 and 10 MPa and **suspension densities:** 81, 159 and 234 g/l (Tab. 6). Stirrer rotations were fixed at 400 rpm.

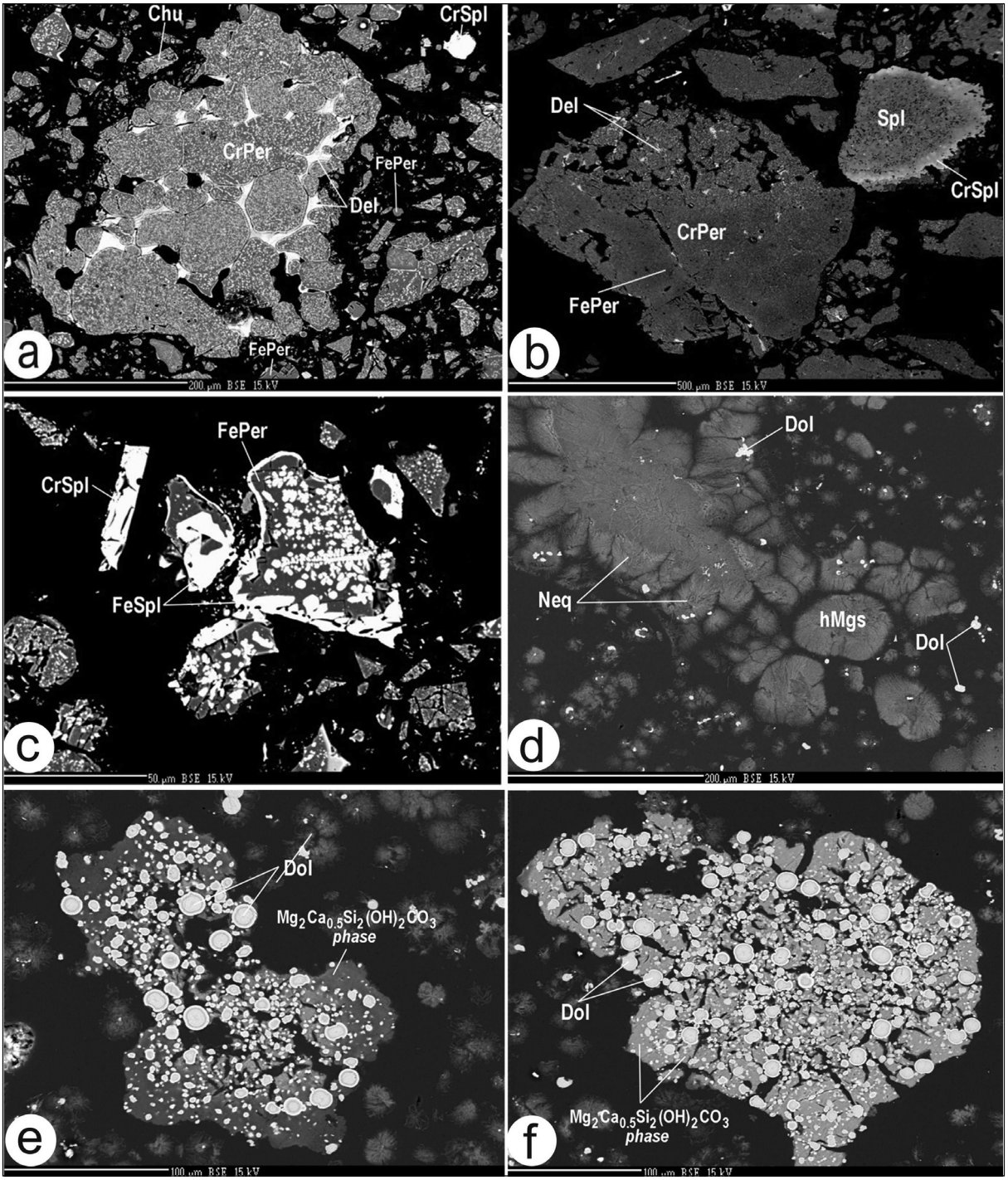


Fig. 2. Composition of the input **MT** chromium-magnesium waste (a–c) and the product (filtrate) after its carbonatization (d–f; 4 hours reaction). CrPer – Cr periclase; Chu – clinohumite; FePer – Fe periclase; CrSpl – Cr spinel; Spl – spinel; FeSpl – Fe spinel; Del – dellaite; Cal – calcite; Dol – dolomite; hMgs – hydromagnesite; Bar – barringtonite; Ser – serveegite; MgSer – Mg serveegite. BSE image.

Tab. 5
Results of the **MT** sample carbonatization tests – chemical and mineral compositions in cakes and filtrates (wt.%) – applying fraction **<0.2 mm,** reaction temperature **22 °C** at sequentially changed reaction pressure, suspension density, stirrer rotation and duration of reaction with CO_2

Changed reaction parameter	Product	Total yield (wt.%)	Chemical composition (wt.%)					Mineral composition (wt.%)
			Fe_2O_3	CaO	MgO	Loss by ign.	CO_2	PE – periclase; BR – brucite; HM – hydromagnesite; KA – calcite; Magh – maghemite; AF – amorphous phase
MT	Input	–	7.57	2.09	78.3	0.37	0.33	PE 74.4; BR 1.2; KA 0.8; Chrs 12.6; Magh 7.5; AF 3.5
Changed duration of reaction (1–6 hours) at pressure 6 MPa, suspension density 159 g/l and stirrer rotation 400 rpm								
1	Cake – K	+27.28	9.55	1.43	66.4	9.20	3.40	PE 53.4; BR 15.0; HM 6.1; KA 2.6; Magh 9.6; OM 13.3
	Filtrate – F		–	1.98	42.9	55.9	37.5	Hydromagnesite 95.5; AF 4.5
2	Cake – K	+ 34.70	9.88	1.56	65.0	9.59	4.19	PE 52.9; BR 12.6; HM 7.9; KA 2.8; Magh 9.9; OM 13.9
	Filtrate – F		–	1.18	43.6	56.0	37.3	Hydromagnesite 96.6; AF 3.4
3	Cake – K	+ 44.78	10.40	1.86	58.0	15.6	8.38	PE 41.9; BR 11.9; HM 18.4; KA 3.3; Magh 10.4; OM 14.1
	Filtrate – F		–	0.69	43.5	56.1	37.3	Hydromagnesite 97.6; AF 2.4
4	Cake – K	+ 49.56	10.00	1.78	55.9	19.0	10.9	PE 37.8; BR 10.5; HM 25.2; KA 3.2; Magh 10.0; OM 13.3
	Filtrate – F		–	0.75	43.6	57.5	38.2	Hydromagnesite 99.8; AF 0.2
5	Cake – K	+ 50.88	8.98	1.58	54.1	23.1	14.5	PE 34.9; BR 5.9; HM 35.2; KA 2.8; Magh 9.0; OM 12.2
	Filtrate – F		–	0.89	43.8	57.0	37.9	Hydromagnesite 98.8; AF 1.2
6	Cake – K	+ 51.00	10.80	1.96	56.4	16.2	9.54	PE 41.5; BR 8.3; HM 21.2; KA 3.5; Magh 10.8; OM 14.7
	Filtrate – F		–	0.63	43.4	56.8	37.7	Hydromagnesite 98.8; AF 1.2
Changed CO_2 pressures (4–8 MPa) at 4 hour reaction, stirrer rotation 400 rpm and suspension density 159 g/l								
4	Cake – K	+35.32	9.85	1.55	63.1	11.5	5.63	PE 50.0; BR 11.7; HM 11.7; KA 2.8; Magh 9.9; OM 13.9
	Filtrate – F		–	1.31	43.5	54.9	36.6	Hydromagnesite 94.5; AF 5.5
5	Cake – K	+ 37.82	10.40	1.82	65.6	11.1	5.46	PE 53.0; BR 11.6; HM 10.7; KA 3.3; Magh 10.4; OM 11.0
	Filtrate – F		–	0.84	43.7	56.4	37.5	Hydromagnesite 97.8; AF 2.2
6	Cake – K	+ 49.56	10.00	1.78	55.9	19.0	10.9	PE 37.8; BR 10.5; HM 25.2; KA 3.2; Magh 10.0; OM 13.3
	Filtrate – F		–	0.75	43.6	57.5	38.2	Hydromagnesite 99.8; AF 0.2
7	Cake – K	+ 48.54	10.00	1.52	61.4	13.6	7.83	PE 48.6; BR 7.7; HM 17.6; KA 2.7; Magh 10.0; OM 13.4
	Filtrate – F		–	1.32	43.3	56.0	37.4	Hydromagnesite 96.6; AF 3.4
8	Cake – K	+ 48.38	10.30	1.49	64.7	9.31	4.02	PE 52.9; BR 12.4; HM 7.6; KA 2.7; Magh 10.3; OM 14.1
	Filtrate – F		–	1.27	43.1	56.2	37.5	Hydromagnesite 96.9; AF 3.1;
Changed suspension density (81, 159 and 215 g/l) at 4 hour reaction, CO_2 pressure 6 MPa and stirrer rotation 400 rpm								
81	Cake – K	+39.88	10.10	0.93	69.0	6.31	1.64	PE 58.6; BR 13.6; HM 2.4; KA 1.7; Magh 10.1; OM 13.6
	Filtrate – F		–	2.63	42.4	53.3	35.1	Hydromagnesite 93.2; AF 6.8
159	Cake – K	+52.32	9.48	1.55	54.8	21.3	13.7	PE 37.8; BR 3.9; HM 33.2; KA 2.8; Magh 9.5; OM 12.8
	Filtrate – F		–	0.89	43.7	55.1	36.4	Hydromagnesite 96.7; AF 3.3
215	Cake – K	+48.59	6.22	1.10	50.1	34.2	21.4	PE 21.5; BR 7.5; HM 54.5; KA 2.0; Magh 6.2; OM 8.3
	Filtrate – F		–	3.39	42.1	54.2	35.8	Hydromagnesite 95.1; AF 4.9
Changed stirrer rotation (350, 400, 450, 500 and 550 rpm) at 4 hour reaction, CO_2 pressure 6 MPa and suspension density 159 g/l								
350	Cake – K	+48.08	8.98	1.87	56.5	19.7	12.6	PE 40.6; BR 4.5; HM 29.6; KA 3.3; Magh 9.0; OM 13.0
	Filtrate – F		–	1.06	43.0	55.7	37.1	Hydromagnesite 96.3; AF 3.7
400	Cake – K	+54.40	8.85	1.48	54.2	23.3	15.1	PE 35.9; BR 3.5; HM 37.0; KA 2.6; Magh 8.9; OM 12.1
	Filtrate – F		–	1.00	43.4	56.3	37.5	Hydromagnesite 97.5; AF 2.5
450	Cake – K	+48.38	9.28	1.66	59.0	16.7	10.5	PE 45.1; BR 4.8; HM 24.4; KA 3.0; Magh 9.3; OM 13.4
	Filtrate – F		–	0.67	43.3	55.7	37.0	Hydromagnesite 96.9; AF 3.1
500	Cake – K	+45.42	9.28	1.58	59.5	15.8	8.92	PE 44.1; BR 9.6; HM 20.4; KA 2.8; Magh 9.3; OM 13.8
	Filtrate – F		–	0.76	44.0	54.7	35.8	Hydromagnesite 93.5; AF 6.5
550	Cake – K	+37.58	8.92	1.40	63.4	13.1	7.68	PE 51.3; BR 6.6; HM 17.5; KA 2.5; Magh 8.9; OM 13.2
	Filtrate – F		–	1.07	43.2	55.1	36.1	Hydromagnesite 93.7; AF 6.3

Note: Chrs – chromspinels. In all cakes (K), the present chromspinels are included into the group of other minerals – OM.

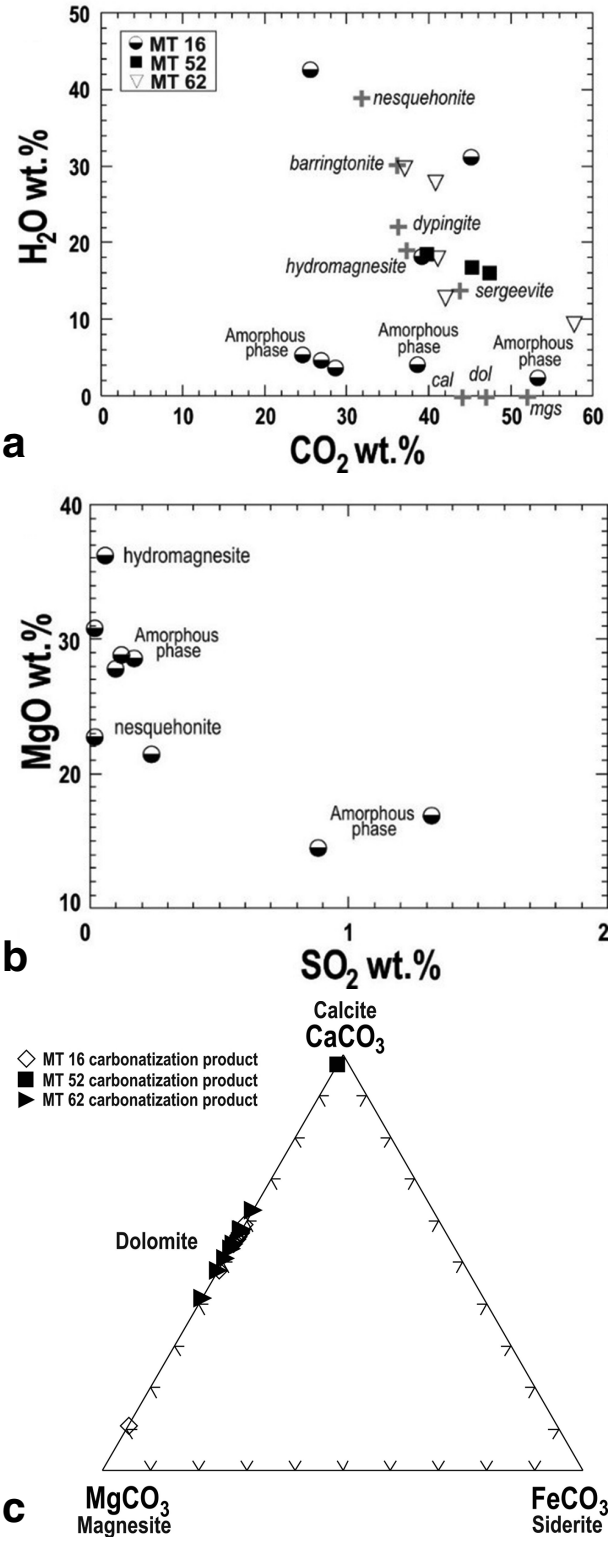


Fig. 3. Relation of fluid and amorphous phase in minerals after artifial carbonatization of chromium-magnesium waste. **a** – H_2O verzus CO_2; grey circles – acid carbonates and their standard chemical composition; **b** – content of MgO vs. SO_2 in minerals and amorphous phase of differing composition; **c** – chemical classification of calcite, dolomite and magnesite, originating after carbonatization of chromium-magnesium waste.

Tests with **changed durations of reactions** (Tab. 6) have revealed that the increments of the weight yields of compound products after carbonatization had reached after one hour increments +38,78 %, after two up to four hours ca 60 % and after more than five hours increments above +70 %. The highest increment was reached after 6 hours (+74.1 %). After all reactions the X-ray analysis revealed the origin of hydromagnesite in all products, but in filtration cakes there still remained periclase and brucite (their lowest content was after 6 hours – periclase 4.4 % and brucite 18.4 %, i.e. together 22.8 % in filtration cake).

Tests with **changed CO_2 pressures** (4–10 MPa; Tab. 6) at 2 hours lasting reactions. The increased CO_2 pressure (from 4 to 7 MPa) caused the total increase of the weight yield of compound product from +61.52 % to +69.28 %. At the pressure 8 and 10 MPa it was approximately balanced around +60 %. The primary laboratory temperature of suspension has increased at the CO_2 pressure 8.0 MPa and more and varied between 31–35 °C (Fig. 4a, b) due to the reaching the critical CO_2 pressure. Carbonatization products contain hydromagnesite, though the presence of input Mg minerals (periclase, brucite) was still revealed by the X-ray analysis. **The smallest content of these input minerals was at the CO_2 pressure 7 MPa after 2 hours of carbonatization** – periclase 12.9 % and brucite 11.0 %, i.e. together 23.9 % in filtration cake.

Increasing suspension density from 81 to 234 g/l (Tab. 6) has gradually increased the total compound carbonatized product (from +41.72 % to +68.16 %), though in all filtration cakes there are still present unreacted periclase and brucite. Precipitated products from filtrates contained 92.7–94.0 % of hydromagnesite. In filtration cakes with increasing density of suspension, the contents of periclase lowered from 49.9 % to 14.3 %, as well as brucite from 19.8 % to 7.3 %. At the same time the hydromagnesite content radically increased from 3.9 to 62.5 %.

Carbonatization parameters of the sample MT – verification of optimum conditions

Regarding all results of MT sample, **the best weight yield of compound product after carbonatization of the grist <0.1 mm was obtained at stirrer rotations 400 rpm, 6 hours reaction, input CO_2 pressure 6 MPa and suspension density 159 g/l (+74.1 %).** This reaction caused the depletion of the periclase and brucite content in filtration cake together to 22.8 %, which in comparison with input (75.6 %) represents depletion more than 3.3 times.

The second best result was reached at stirrer rotations **400 rpm after 2 hours, input pressure 7 MPa and suspension density 159 g/l (+69.28 %),** the decrease of periclase and brucite content in filtration cake represents 23.9 %. The hydromagnesite content in dried product from filtrate is 92.7 %. This second optimizing test was done at slightly higher pressure – increased from 6 MPa to 7 MPa, but the reaction time was distinctly shorter – 2 hours instead of 6 hours, which would have a positive impact on industrial practice.

Tab. 6
Results of the **MT** sample carbonatization tests – chemical and mineral composition in cakes and filtrates (wt.%) – applying fraction **<0.1 mm,** reaction temperature **22 °C** at sequentially changed reaction pressure, suspension density, stirrer rotation and duration of reaction with CO_2

Changed reaction parameter	Product	Total yield (wt.%)	Chemical composition (wt.%)					Mineral composition (wt.%)
			Fe_2O_3	CaO	MgO	Loss by ign.	CO_2	PE – periclase; BR – brucite; HM – hydromagnesite; KA – calcite; Magh – maghemite; AF – amorphous phase;
Changed duration of reaction (1–6 hours) at pressure **6 MPa,** suspension density **159 g/l** and stirrer rotation **400 rpm**								
MT	Input	–	7.57	2.09	78.3	0.37	0.33	PE 74.4; BR 1.2; KA 0.8; Chrs 12.6; Magh 7.5; AF 3.5
1	Cake – K	+38.78	9.57	1.59	60.2	16.0	7.65	PE 41.5; BR 16.5; HM 17.0; KA 2.8; Magh 9.6; OM 12.6
	Filtrate – F		–	–	43.8	54.4	35.7	Hydromagnesite 94.8; AF 5.2
2	Cake – K	+60.98	9.02	1.53	52.8	25.2	15.0	PE 30.0; BR 10.2; HM 36.7; KA 2.7; Magh 9.0; OM 11.4
	Filtrate – F		–	–	43.8	54.9	35.8	Hydromagnesite 95.1; AF 4.9
3	Cake – K	+59.38	8.96	1.30	53.6	24.2	14.9	PE 32.8; BR 7.1; HM 36.9; KA 2.3; Magh 9.0; OM 11.9
	Filtrate – F		–	–	43.3	55.0	35.3	Hydromagnesite 93.8; AF 6.2
4	Cake – K	+59.98	9.89	1.73	51.1	24.5	14.7	PE 29.2; BR 9.6; HM 35.4; KA 3.1; Magh 9.9; OM 12.8
	Filtrate – F		–	–	44.3	54.5	34.5	Hydromagnesite 91.6; AF 8.4
5	Cake – K	+71.12	5.94	1.03	45.6	39.0	23.2	PE 10.2; BR 14.1; HM 59.5; KA 1.8; Magh 5.9; OM 8.5
	Filtrate – F		–	–	42.9	53.9	33.8	Hydromagnesite 89.8; AF 10.2
6	Cake – K	+74.10	5.64	1.00	43.8	41.7	24.1	PE 4.4; BR 18.4; HM 61.9; KA 1.8; Magh 5.6; OM 7.9
	Filtrate – F		–	–	42.6	54.1	33.4	Hydromagnesite 88.7; AF 11.3
Changed CO_2 pressures (4–10 MPa) at **2 hour** reaction, stirrer rotation **400 rpm** and suspension density **159 g/l**								
4	Cake – K	+61.52	5.81	1.10	47.8	37.3	22.8	PE 15.4; BR 10.6; HM 58.3; KA 2.0; Magh 5.8; OM 7.9
	Filtrate – F		–	–	42.0	53.5	34.8	Hydromagnesite 92.4; AF 7.6
5	Cake – K	+62.04	5.97	0.98	47.6	37.1	22.6	PE 15.2; BR 10.8; HM 58.0; KA 1.8; Magh 6.0; OM 8.2
	Filtrate – F		–	–	42.0	54.0	35.3	Hydromagnesite 93.8; AF 6.2
6	Cake – K	+63.20	7.04	1.22	48.1	34.0	20.1	PE 17.0; BR 13.3; HM 50.8; KA 2.2; Magh 7.0; OM 9.7
	Filtrate – F		–	–	43.0	54.9	35.2	Hydromagnesite 93.5; AF 6.5
7	Cake – K	+69.28	6.30	1.06	46.0	37.9	23.1	PE 12.9; BR 11.0; HM 59.2; KA 1.9; Magh 6.3; OM 8.7
	Filtrate – F		–	–	42.8	54.6	34.9	Hydromagnesite 92.7; AF 7.3
8	Cake – K	+59.26	9.34	1.85	50.8	24.3	14.3	PE 28.4; BR 11.1; HM 34.1; KA 3.3; Magh 9.3; OM 13.8
	Filtrate – F		–	–	43.3	55.3	35.3	Hydromagnesite 93.8; AF 6.2
10	Cake – K	+60.92	8.58	1.53	49.9	27.8	15.9	PE 23.3; BR 14.2; HM 39.0; KA 2.7; Magh 8.6; OM 12.2
	Filtrate – F		–	–	43.3	55.0	34.5	Hydromagnesite 91.6; AF 8.4
Changed suspension density (81, 159, 234 g/l) at **2 hour** reaction, CO_2 pressure **6 MPa** and stirrer rotation **400 rpm**								
81	Cake – K	+41.72	10.50	0.85	65.3	9.0	2.13	PE 49.9; BR 19.8; HM 3.9; KA 1.5; Magh 10.5; OM 14.4
	Filtrate – F		–	–	42.7	54.2	35.4	Hydromagnesite 94.0; AF 6.0
159	Cake – K	+63.20	7.04	1.22	48.1	34.0	20.1	PE 17.0; BR 13.3; HM 50.8; KA 2.2; Magh 7.0; OM 9.7
	Filtrate – F		–	–	43.0	54.9	35.2	Hydromagnesite 93.5; AF 6.5
234	Cake – K	+68.16	5.76	0.97	46.3	38.6	24.3	PE 14.3; BR 7.3; HM 62.5; KA 1.8; Magh 5.8; OM 8.3
	Filtrate – F		–	–	41.4	53.2	34.9	Hydromagnesite 92.7; AF 7.3
Carbonatization tests at optimum conditions								
Temperature **22 °C,** CO_2 pressure **6 MPa,** suspension density **159 g/l,** stirrer rotation **400 rpm,** duration of reaction **6 hours**								
6 hours	K +52.72	+74.10	5.64	1.00	43.8	41.7	24.1	PE 4.4; BR 18.4; HM 61.9; KA 1.8; Magh 5.6; OM 7.9
	F +21.38		<0.05	2.41	42.6	54.1	33.4	Hydromagnesite 88.7; AF 11.3
Temperature **22 °C,** CO_2 pressure **7 MPa,** suspension density **159 g/l,** stirrer rotation **400 rpm,** duration of reaction **2 hours**								
2 hours	K +39.66	+69.28	6.30	1.06	46.0	37.9	23.1	PE 12.9; BR 11.0; HM 59.2; KA 1.9; Magh 6.3; OM 8.7
	F +29.62		0.10	1.74	42.8	54.6	34.9	Hydromagnesite 92.7; AF 7.3

Note: Chrs – chromspinels. In all cakes (K), the chromspines are included into group of other minerals – OM.

For verification and reproducibility of the results of CO_2 carbonatization at found optimum conditions, applying grist of the fraction **<0.1 mm** of the input sample MT, there were realized carbonatization tests at laboratory temperature **22 °C,** stirrer rotations **400 rpm,** suspension density **159 g/l,** CO_2 pressures **6 MPa** and **7 MPa** and two durations of reactions with CO_2 – **6, resp. 2 hours** (Tab. 6). Analyses of reaction products revealed the input Mg minerals (periclase and brucite) in summary content ca 23 % (ca 3.3-x depletion in comparison with input values). Next lowering of their content would be reached by further refinement of the sample, but it would increase a total cost for milling.

After carbonatization the filtration cakes (Fig. 1c) contain around 60 % of hydromagnesite with bound ca 23.5 % CO_2 (increase in comparison with the input value is ca 71-times). Products obtained by drying of filtrates (Fig. 1d) contain ca 90 % of hydromagnesite with bound ca 34 % of CO_2 (ca 103-times increase in comparison with the input value).

Two-stage carbonatization tests of the sample MT

Aiming to answer the question whether the total weight yield would be increased by the second carbonatization of the filtration cake 1 (obtained during the first carbonatization; **the filtration cake 1 still contains the remnant periclase and brucite**), we did two sets by three tests of the second carbonatization applying the input CO_2 pressures 6 MPa, resp. 7 MPa. Further reaction parameters: grist <0.1 mm, stirrer rotations 400 rpm and suspension density 159 g/l. Duration of carbonatization tests in the first and second carbonatization sets in hours: 1+1; 2+1 and 2+2 at both (6 and 7 MPa) input CO_2 pressures. The tests results are presented in Tab. 7, as well as Figs. 1e (filtration cake) and 1f (filtrate).

Tab. 7
Results of **two-stage MT sample carbonatization tests** aiming to lower the amount of brucite and periclase in carbonatization products. Input fraction **<0.1 mm,** reaction temperature **22 °C,** suspension density **159 g/l,** stirrer rotation **400 rpm.** CO_2 pressures differ in both test sequences (**6** and **7 MPa**)

Duration of reaction with CO_2	Products divided by filtration	Total yield (wt.%)	Chemical composition (wt.%)					Mineral composition (wt.%)
			Fe_2O_3	CaO	MgO	Loss by ign.	CO_2	PE – periclase; BR – brucite; HM – hydro-magnesite; KA – calcite; Magh – maghemite; AF – amorphous phase
MT	Input	–	7.57	2.09	78.3	0.37	0.33	**PE 74.4; BR 1.2;** KA 0.8; Chrs 12.6; Magh 7.5; AF 3.5
Carbonatization tests at 6 MPa								
1 hour	Filtrate 1	+47.88	<0.05	1.46	43.1	54.5	34.9	HM 92.7; AF 7.3
+1 hour reaction with cake 1	Cake 2	– 26.76	11.1	0.91	64.2	8.24	1.40	**PE 48.9; BR 21.0;** HM 1.8; KA 1.6; Magh 11.1; OM 15.6
	Filtrate 2	+19.62	<0.05	3.04	42.4	53.6	34.4	HM 91.4; AF 8.6
2 hours	Filtrate 1	+63.12	0.11	0.68	43.4	55.1	35.5	HM 94.3; AF 5.7
+1 hour reaction with cake 1	Cake 2	–32.46	12.1	1.20	60.5	8.97	2.57	**PE 46.2; BR 18.0;** HM 4.3; KA 2.1; Magh 12.1; OM 17.3
	Filtrate 2	+19.86	<0.05	3.70	41.5	54.8	35.4	HM 94.0; AF 6.0
2 hours	Filtrate 1	+61.80	0.10	0.91	43.0	55.5	35.6	HM 94.6; AF 5.4
+2 hours reaction with cake 1	Cake 2	–36.10	12.7	1.14	59.8	8.67	2.67	**PE 46.4; BR 16.5;** HM 4.7; KA 2.0; Magh 12.7; OM 17.7
	Filtrate 2	+25.52	0.08	2.73	42.6	53.8	34.6	HM 91.9; AF 8.1
Carbonatization tests at 7 MPa								
1 hour	Filtrate 1	+47.88	0.05	1.49	42.9	54.8	35.2	HM 93.5; AF 6.5
+1 hour reaction with cake 1	Cake 2	–26.76	12.1	0.94	62.9	7.61	1.50	**PE 49.2; BR 18.5;** HM 2.0; KA 1.7; Magh 12.1; OM 16.5
	Filtrate 2	+19.62	0.07	2.27	42.5	54.2	34.9	HM 92.7; AF 7.3
2 hours	Filtrate 1	+63.12	0.14	0.87	43.4	55.1	35.8	HM 95.1; AF 4.9
+1 hour reaction with cake 1	Cake 2	–32.46	12.9	1.19	59.0	8.23	2.05	**PE 43.5; BR 18.2;** HM 3.0; KA 2.1; Magh 12.9; OM 20.3
	Filtrate 2	+19.86	0.04	3.31	41.9	53.9	35.3	HM 93.8; AF 6.2
2 hours	Filtrate 1	+61.80	0.11	1.07	43.0	55.3	34.6	HM 91.9; AF 8.1
+2 hours reaction with cake 1	Cake 2	–36.10	13.6	1.17	57.5	7.90	2.28	**PE 44.9; BR 15.9;** HM 3.6; KA 2.1; Magh 13.6; OM 19.9
	Filtrate 2	+25.52	0.08	2.19	42.7	54.2	34.3	HM 91.1; AF 8.9

Note: Chrs – chromspinels. In all cakes the chromspines are included into group of other minerals – OM.

Table 7 demonstrates that lengthening of the total time of two-stage carbonatization from two (1+1), three (2+1) to four hours (2+2) has increased the weight yield of dried compound products from both filtrates in the order 67.5 % → 82.98 % → 87.32 % (pressure 6 MPa), resp. 78.96 % → 88.86 % → 93.10 % (pressure 7 MPa) with high content of hydromagnesite in them – from 91.1 % to 95.1 %, and simultaneously at the CO_2 pressure 7 MPa the yields of products are higher by ca 5.5 to 11.5 % at corresponding times.

The double-stage carbonatization from the viewpoint of fixation of CO_2 into the lattice of hydromagnesite applying the sample with the grist <0.1 mm is not perspective mainly due to the complexity and time demand of the whole process.

From 1 kg grist of the MT sample with grain-size beneath 0.1 mm there theoretically originate maximum 2.034 kg of the product (+103.4 %). At found optimum conditions of CO_2 mineral sequestration (6 MPa and 6 hours, resp. 7 MPa and 2 hours) and further optimum parameters (see above), there originates from the same amount of input sample altogether 1.741 kg of carbonatized product (+74.10 %), resp. 1.6928 kg of this product (+69.28 %), which represents in the first case the real reaching of 85.6 % conversion and in the second case 83.2 % conversion.

The course of some carbonatization parameters (CO_2 pressure, reaction temperature and stirrer rotations) during 2 hour carbonatization of the MT sample grist of 0.1 mm grain-size at optimum reaction conditions (pressure CO_2 7 MPa, temperature 22 °C, stirrer rotations 400 rpm, suspension density 159 g/l) is visualized in Fig. 4a, b.

Figure 4a shows that after the carbonatization has started (CO_2 purity 99.9 % obj.), the suspension temperature during first five minutes increased by ca 6 °C (from ca 25 °C to ca 31 °C), which manifests the exothermic reaction. The value of input CO_2 pressure from 7 MPa has gradually and linearly decreased during two hours of reaction. The similar reaction course was registered also in reaction with CO_2 purity 95 vol.% (Fig. 4b). The increase of the weight yields of both carbonatized products is comparable, i.e. +68.18 % (99.9 % purity of CO_2), resp. +67.96 % (95 % CO_2 +5 % air), which means that effective carbonatization can be done also applying CO_2 of the purity 95 vol.%.

The series of tests has demonstrated that the reaction of MgO mainly from input periclase and brucite with CO_2 has resulted at revealed optimum conditions with conversion 85.6 % (in the first case), resp. 83.2 % (in the second case), and in both cases there originated new mineral – hydromagnesite, in which lattice the CO_2 is safely, stable and permanently deposited.

The permanent binding of 1 tonne of CO_2 theoretically requires 1.4617 tonne of the chromium-magnesium waste (sample MT) with the grain-size <0.1 mm (ideal state). The reached carbonatization results at this material at optimum conditions manifest there is really possible to apply in the first case 1.708 t, resp. in the second case 1.757 t at sequestration of 1 tonne of CO_2, being bound in hydromagnesite.

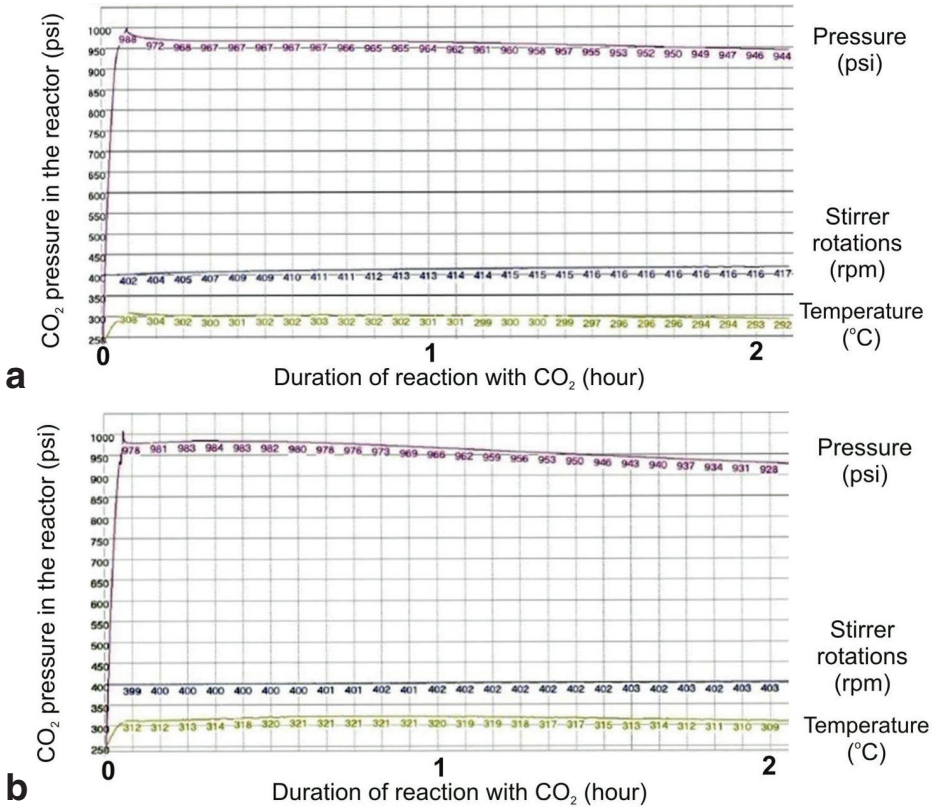


Fig. 4a, b. Graphs of final artificial carbonatization of the sample MT applying CO_2 with the purity 99.9 vol.% (a) and CO_2 with the purity 95.0 vol.% (b).

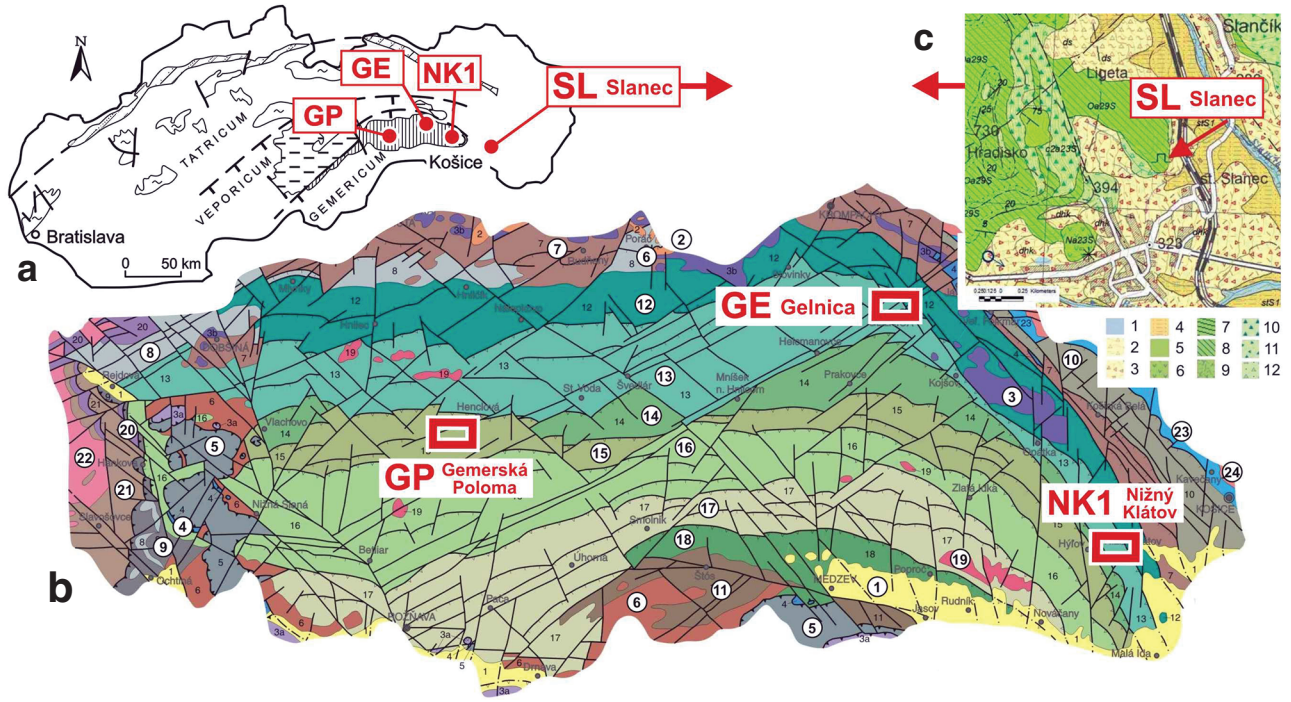


Fig. 5. a – Location of tested rock samples in Slovakia. **b** – Location of three rock samples from the Lower Paleozoic sequences of Gemericum – **GP** (Gemerská Poloma), **GE** (Gelnica) and **NK1** (Nižný Klátov) – is visualized in tectonic map of the Spiš-Gemer Ore Mts. (Grecula et al., 2009). 1 – Quaternary-Neogene sediments; 2 – Paleogene sediments of Subtatric Group; 3 – Silicicum; 4 – Meliaticum s.s.; 5 – Bôrka nappe (exhumed higher pressure sequences of Meliaticum). ***Upper Paleozoic:*** 6 – Gočaltovo Group; 7 – Krompachy Group; 8 – Dobšiná Group; 9 – Ochtiná Group; 10 – Črmeľ Group; 11 – Štós Group (Upper Devonian?-Lower Carboniferous). ***Lower Paleozoic:*** 12 – Rakovec Group; 13–19 – Gelnica Group: 13 – Kojšov zone; 14 – Mníšek zone; 15 – Prakovce zone; 16 – Humel zone; 17 – Jedľovec zone; 18 – Medzev zone; 19 – Permian granite. ***Veporicum:*** 20 – Föderata Group (Triassic cover); 21 – Revúca Group (Permian cover); 22 – crystalline basement. **c** – The sample **SL** (Slanec) represents Neogene volcanic rock of the Slanské vrchy Mts., as visualized in the map segment (Kaličiak et al., 1996): 1 – Holocene fluvial sediments; 2 – Pleistocene solifluction sediments; 3 – undivided Quaternary deluvial sediments. ***Lower Sarmatian-Lower Pannonian:*** *Stretava Fm.:* 4 – clays, claystones, siltstones with layers of tuffitic clay, sands. *Hradisko Fm.:* 5 – neck of hyperstene-augitic andesite; 6 – extrusion of pyroxenic andesite. *Bogota Fm.:* 7 – fine porphyric pyroxenic andesite. *Hradisko Fm.:* 8 – lava flows of hyperstene-augitic andesites; 9 – extrusion of augite-hyperstenic andesite; 10 – autochthonous pyroclastics: volcanic breccias, agglomerates, tuffs. *Bogota Fm.:* 11 – redeposited pyroclastics of pyroxenic andesites. *Hradisko Fm.:* 12 – epiclastic breccias to sandstones of pyroxenic andesites.

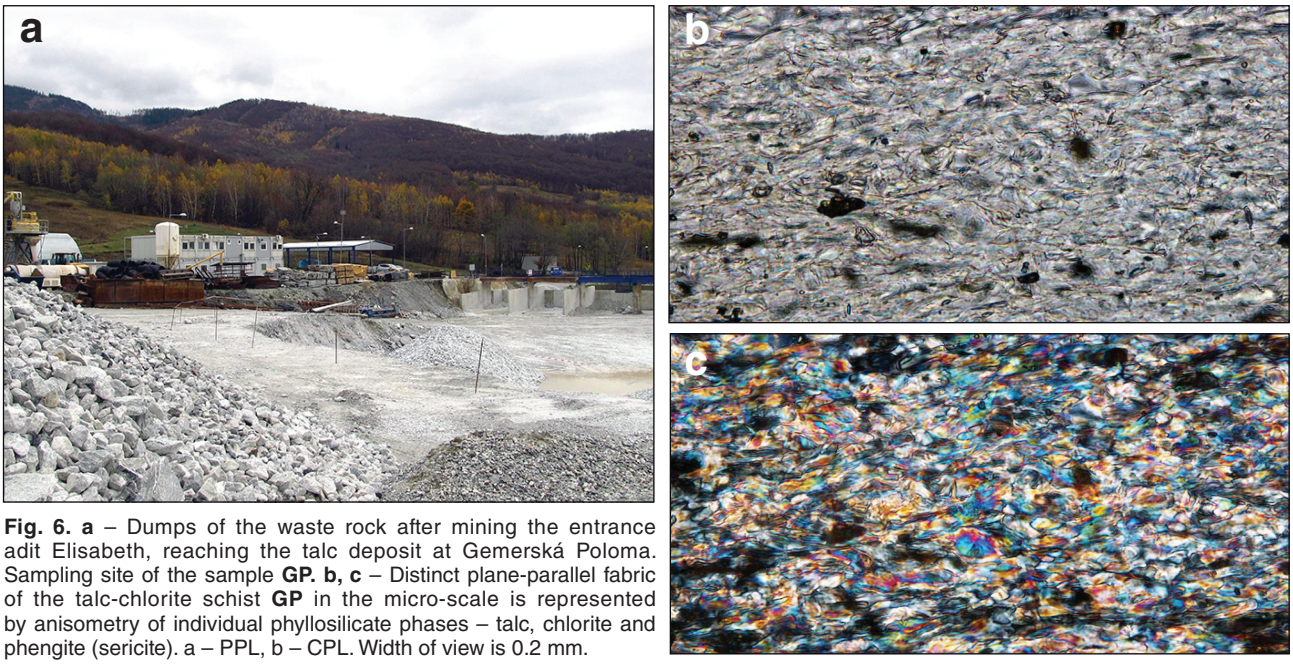


Fig. 6. a – Dumps of the waste rock after mining the entrance adit Elisabeth, reaching the talc deposit at Gemerská Poloma. Sampling site of the sample **GP. b, c** – Distinct plane-parallel fabric of the talc-chlorite schist **GP** in the micro-scale is represented by anisometry of individual phyllosilicate phases – talc, chlorite and phengite (sericite). a – PPL, b – CPL. Width of view is 0.2 mm.

Carbonatization of natural materials – the rock samples

The bearers of the Mg component in investigated four representative rock types from Slovak localities (Fig. 5) are the minerals talc (GP) and chlorite (GP, NK1, GE), the Ca component is present in amphibole (NK1) and plagioclase (NK1, GE, SL; Tab. 1). MgO varies in the range from 1.59 % (GE) to 22.4 % (GP), CaO from 0.16 % (GE) to 7.71 % (SL), though part of Ca component in some samples is bound on $CaCO_3$. Fe^{2+} as FeO ranges from 1.90 to 5.82 % (for comparison – in the chromium-magnesium waste it was 0.43 wt.%, Fe^{2+} is present in the structure of amphibole and chlorite (Tab. 1).

Talc-chlorite schist from locality Gemerská Poloma (GP)

The investigation of CO_2 sequestration potential of the sample of grey talc-chlorite schist (GP; Figs. 6a, 7a) from the mine dump at locality Gemerská Poloma was motivated by actual opening of the talc deposit and possible future availability of talc-chlorite schist as a waste material during exploitation of the talc deposit.

Sample GP was taken from the dump derived from the Elizabeth adit, which has reached the SW margin of the deposit. The Lower Paleozoic rock sequence with talc deposit, to which the sample **GP** relates, belongs to Gemericum – the Betliar Formation of the Gelnica Group and underwent complicated two-stadial evolution (Figs. 5a, b, 6; cf. Grecula et al., 2009).

Sample consisted dominantly of talc (29.4 %; Tab. 1) and chlorite (47.7 %), being a significant source of MgO component (22.40 wt.%), increasing the sequestration potential of the sample and partially also Fe^{2+} component, also appropriate for reaction with CO_2. Quartz (16.7 %) and sericite (6.2 %) do not dispose with sequestration potential.

The GP sample after grinding and milling to grain-size <0.5 mm has the chemical composition presented in Table 1, found by recalculation from XRD and chemical analyses. The homogeneous part of the grist <0.5 mm was further subjected to wet granulometric analysis (Tab. 8), whereby the weight yields of individual grain-size classes, total residua on nets, resp. throughs are related to dried state of the sample.

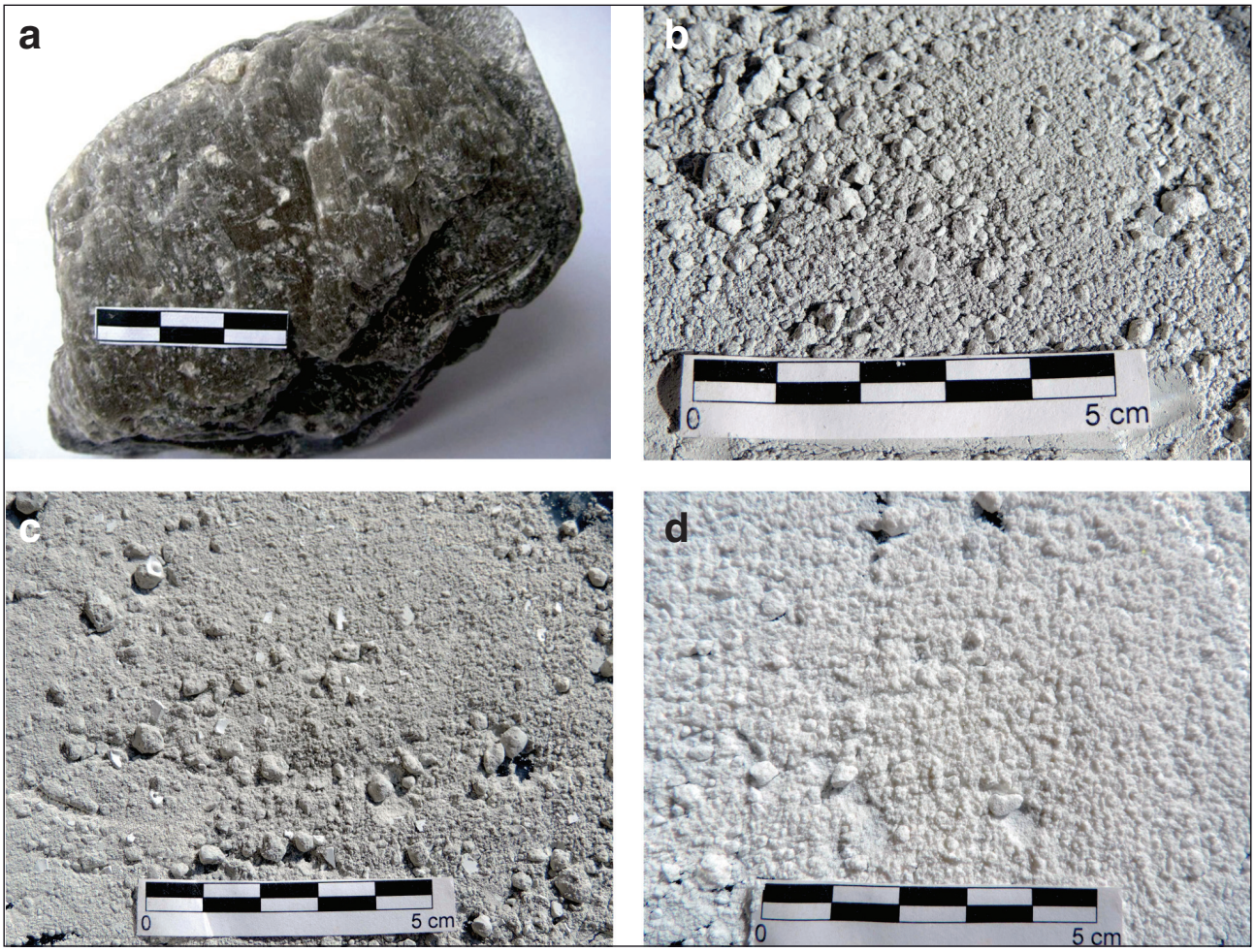


Fig. 7. a – Sample of the talc-chlorite schist; **b** – input talc-chlorite schist sample GPA after amorphization by milling; **c–d** – **GPA** carbonatization products: c – filtration cake, d – filtrate.

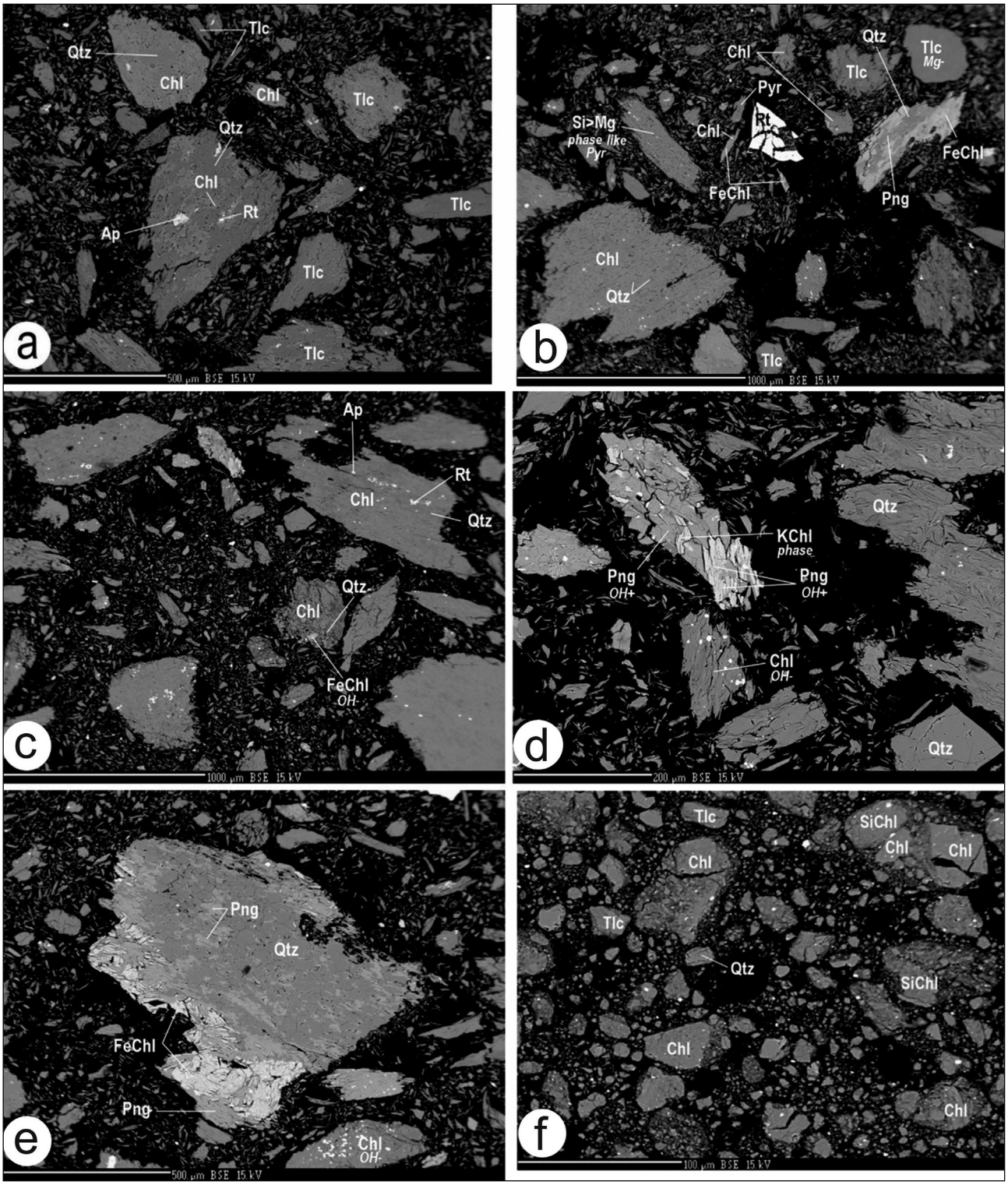


Fig. 8. a – Mineral composition of the input sample GP of the talc-chlorite schist from the dump at Gemerská Poloma. **b** – Composition of the thermally modified (700 °C) sample of talc-chlorite schists – **GP700. c–e** – Composition of thermally modified (925 °C) sample of talc-chlorite schists – **GP925. f** – Mechanically modified talc-chlorite schist – sample **GPA.** After amorphization by milling it is composed of a mixture of fragments without structural lattice. Tlc – talc; Chl – chlorite; FeChl – Fe chlorite; KChl – K chlorite; SiChl – Si chlorite; Rt – rutile; Ap – apatite; Qtz – quartz; Png – phengite; Pyr – pyrophyllite. BSE image.

Table 8 presents that in the grist of the input sample <0.5 mm the content of the finest grain-size class (<0.02 mm) is 58.74 %, which represents nearly 2/3 of the total amount of the sample. The CO_2 sequestration potential of the sample is indicated by 24.3 % of Mg and Fe^{2+} oxides.

The GP sample carbonatization tests were held in the reactor at five durations of reactions (1, 2, 3, 4 and 5 hours; Tab. 9) at input CO_2 pressure 6 MPa, suspension density 157 g/l and stirrer rotations 400 rpm – optimum rotations found at MT sample experiments. Further laboratory treatment corresponded with that at sample MT. If all MgO (22.4 %) and CaO (0.39 %) would fully react to Mg and Ca carbonates (without reaction of FeO), the maximum theoretical weight yield of the product after its reaction with CO_2 would represent an increase +29.9 %, i.e. from 1 kg sample with grain-size <0.5 mm there would originate 1.299 kg of carbonatized product. The laboratory tests aimed to gain this maximum weight yield of undivided product (+29.9 %), and the input mineral components – talc and chlorite should not be present there.

The artificial carbonatization of the talc-chlorite schists with a mixture of $H_2O + CO_2$ proceeds with some limitations according to reaction (2).

Tests at **different durations of reactions** (Tab. 9; **GP** sample) revealed that the increments of the total weight yields of compound products after carbonatization of the sample grist in the reactor were low and ranged from +0.38 % to +0.82 % in duration from 1 to 5 hours. Products from dried filtrates contained precipitated $CaCO_3$. The highest increment was found after 5 hour reaction (+0.82 %). At all durations of reactions with CO_2, XRD has demonstrated in products from filtrates the crystallization of aragonite + calcite and after 5 hours also of hydromagnesite. The filtration cakes have identified also preserved original minerals with unreacted Mg components with CO_2 at given carbonatization conditions neither after 5 hours due to insufficient deliberation of given components from the lattice of given minerals – talc and chlorite.

Based on previous results, the grist of the **GP** sample underwent thermic activation at temperatures 700 °C **(GP700),** resp. 925 °C **(GP925)** aiming at least partially destruct the chlorite, eventually talc lattice.

The reactivity of CO_2 mainly with MgO component of the sample **GP700,** resp. **GP925** were performed in the high-pressure reactor at **eight durations of reactions with CO_2** (1, 2, 3, 4, 5, 6, 12 a 24 hours; Tab. 9) at input CO_2 pressure 6 MPa, suspension density 157 g/l, stirrer rotations 400 rpm.

In the case of sample **GP700** the total weight yields of compound products after carbonatization were low and slightly increased from +0.38 % to +0.64 % in time sequence from 1 to 24 hours. The products of gained filtrates contained precipitated $CaCO_3$. The supreme

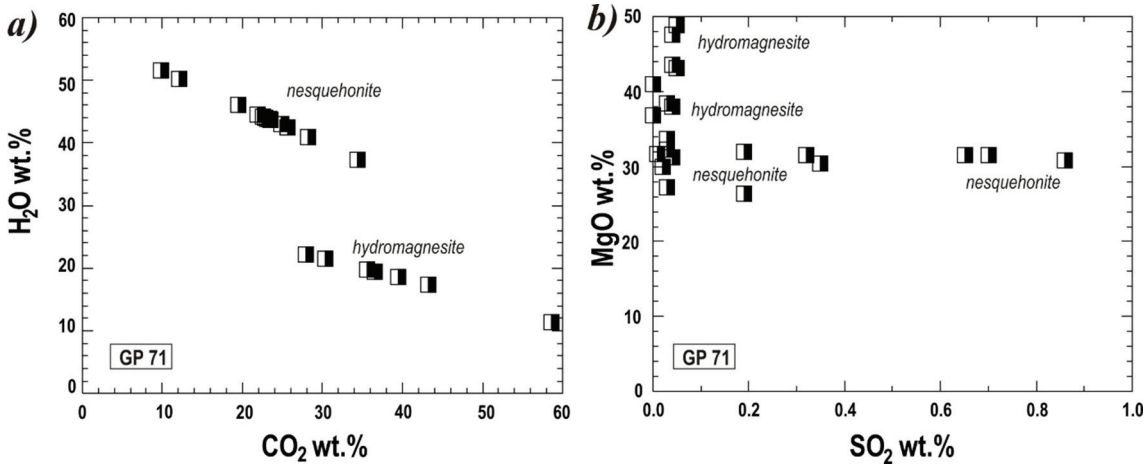


Fig. 9. Chemical classification of minerals and relation of the fluid phase H_2O vs. CO_2 and MgO vs. SO_2 in minerals – products of artificial carbonatization of the talc-chlorite schist. Minerals crystallized at 200 °C. Sample GP (filtrate).

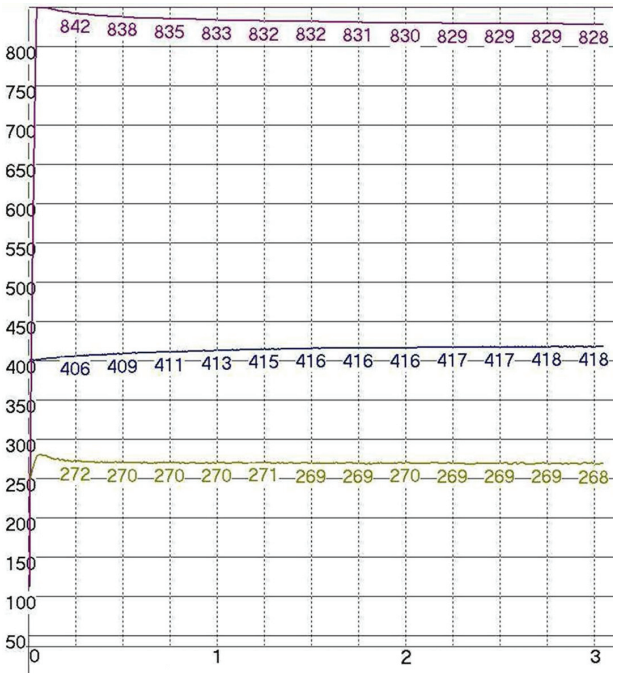


Fig. 10. Curves of pressure (psi, upper curve), stirrer rotation (rpm, middle curve) and temperature (°C, lower curve) during 3 hour carbonatization of the sample **GPA,** applying CO_2 with the purity 99.9 %.

increase was reached after 24 hours (+0.64 %). During all durations of reactions the origin of aragonite (+calcite) was revealed, after 5 hours it was also hydromagnesite. In filtration cakes there were still identified also original input minerals, which Mg component has not reacted with CO_2 at given carbonatization conditions neither after 24 hours, due to its insufficient deliberation from the lattice of appropriate minerals.

Tab. 8
Wet granulometric analysis of the grist of tested four rock samples

Grain-size class (mm)	Weight yield (%)		
	Class	Total residue	Total fall through the sieve
Wet granulometric analysis of the **GP sample grists of talc-chlorite schist**			
0.2–0.5	0.09	0.09	–
0.1–0.2	3.05	3.14	99.91
0.063–0.1	8.42	11.56	96.86
0.045–0.063	6.79	18.35	88.44
0.020–0.045	22.91	41.26	81.65
–0.020	58.74	–	**58.74**
Sum	100.00	–	–
Wet granulometric analysis of the **NK1 sample grists of metabasic rock**			
0.2–0.5	1.22	1.22	–
0.1–0.2	12.48	13.70	98.78
0.063–0.1	12.43	26.13	86.30
0.045–0.063	7.45	33.58	73.87
0.020–0.045	19.90	53.48	66.42
–0.020	46.52	–	**46.52**
Sum	100.00	–	–
Wet granulometric analysis of the **GE sample grists of chlorite schist**			
0.2–0.5	0.83	0.83	–
0.1–0.2	8.59	9.42	99.17
0.063–0.1	11.07	20.49	90.58
0.045–0.063	7.20	27.69	79.51
0.020–0.045	17.74	45.43	72.31
–0.020	54.57	–	**54.57**
Sum	100.00	–	–
Wet granulometric analysis of the **SL sample grists of pyroxene andesite**			
0.2–0.5	2.45	2.45	–
0.1–0.2	20.92	23.37	97.55
0.063–0.1	14.35	37.72	76.63
0.045–0.063	8.81	46.53	62.28
0.020–0.045	18.56	65.09	53.47
–0.020	34.91	–	**34.91**
Sum	100.00	–	–

Tab. 9
Carbonatization tests of the talc-chlorite schist grist **without thermic activation (GP),** as well as the grist **with thermic activation at 700 °C (GP700)** and **925 °C (GP925).** Reaction parameters: temperature **22 °C,** CO_2 pressure **6 MPa,** suspension density **157 g/l,** stirrer rotation **400 rpm** and differing duration of reaction with **CO_2 – 1–5 hours (GP) and 1–6, 12 and 24 hours (GP700, GP925)**

Duration of reaction (hour)	Product	Total yield (wt.%)	Mineral composition (wt.%)
			TL – talc; CHL – chlorite; KR – quartz; SE – sericite; AF – amorphous phase
GP	Input	–	TL 29,4; CHL 47,7; KR 16,7; SE 6,2
	Cake	–	Chlorite, talc, quartz, sericite
1	Filtrate	+0.38	Aragonite (+calcite), AF
2	Filtrate	+0.42	Aragonite (+calcite), AF
3	Filtrate	+0.64	Aragonite (+calcite), AF
4	Filtrate	+0.48	Aragonite (+calcite), AF
5	Filtrate	+0.82	Aragonite (+calcite), hydromagnesite, AF
GP700	Input	–	Chlorite, talc, quartz, sericite
	Cake	–	Chlorite, talc, quartz, sericite
1	Filtrate	+0.38	Brucite, aragonite (+calcite), AF
2	Filtrate	+0.38	Brucite, aragonite (+calcite), AF
3	Filtrate	+0.42	Brucite, aragonite, AF
4	Filtrate	+0.42	Brucite, aragonite, AF
5	Filtrate	+0.44	Brucite, aragonite, hydromagnesite; AF
6	Filtrate	+0.42	Brucite, aragonite, hydromagnesite; AF
12	Filtrate	+0.54	Brucite, aragonite (+calcite?), hydromagnesite; AF
24	Filtrate	+0.64	Brucite, aragonite (+calcite?), hydromagnesite; AF
GP925	Input	–	Quartz, talc, sericite, clinoenstatite, olivine?
	Cake	–	Quartz, talc, clinoenstatite, olivine?, AF
1	Filtrate	+0.34	Brucite, AF
2	Filtrate	+0.26	Brucite, aragonite (+calcite), AF
3	Filtrate	+0.32	Brucite, aragonite (+calcite), AF
4	Filtrate	+0.20	Brucite, aragonite (+calcite), AF
5	Filtrate	+0.24	Brucite, aragonite (+calcite), AF
6	Filtrate	+0.26	Brucite, aragonite (+calcite), AF
12	Filtrate	+0.38	Brucite, aragonite (+calcite), AF
24	Filtrate	+0.40	Brucite, aragonite (+calcite), AF

6 MPa, 22 °C, 3 hours

$$\underset{\text{talc}}{Mg_6Si_8O_{20}(OH)_4} + 7CO_2 + 7H_2O \rightarrow \underset{\text{hydromagnesite}}{Mg_5(CO_3)_4(OH)_2{\cdot}4H_2O} + \underset{\text{nesquehonite}}{Mg(CO)_3{\cdot}3H_2O} + \underset{\text{opal}}{8SiO_2{\cdot}nH_2O} \quad (2)$$

Table 9 further manifest that the increments of total weight yield of compound products after carbonatization of the sample **GP925** were low and varied from +0.20 % to +0.40 % in reaction duration from 1 to 24 hours. $CaCO_3$ has precipitated in products obtained by drying of filtrates. The highest increase was reached after 24 hours (+0.40 %), though at all durations of reaction (besides that after 1 hour) the XRD analyses proved aragonite (+calcite) in products from filtrates after carbonatization. Hydromagnesite was not identified in any product obtained by drying of filtrate, present there was only brucite. In filtration cakes there were identified two primary input minerals (quartz and talc), as well as new clinoenstatite and olivine(?), which have originated at thermic activation of original sample GP at temperature 925 °C from Mg and Si component from chlorite and partly from talc. The Mg component from the sample GP925 has not reacted with CO_2 at given carbonatization conditions even after 24 hours of reaction.

The results presented in Table 9 manifest that neither mechanical (3 hour milling of the sample GP), nor thermic activation of the sample (annealing of the GP sample grist at 700, resp. 925 °C) has released the Mg component from the lattices of chlorite and talc, resp. released it only in a small extent, therefore the carbonatization reaction was inefficient.

From above stated reasons the input sample GP was milled to such level (amorphization of the sample – **GPA**) that at milling the lattices of talc, chlorite and sericite were destructed, which deliberated Mg component and this reacted with water in suspension transitionally to brucite and brucite at carbonatization reacted with CO_2 to hydromagnesite (Turianicová et al., 2013). After milling of the GP sample the specific surface has increased from former 1.1123 m^2/g to 10.8177 m^2/g – **GPA.**

Carbonatization tests of the sample GPA (amorphized sample GP)

Reactivity tests of CO_2 with MgO component of amorphized sample **GPA** were realized in the high pressure reactor at **five durations of reactions with CO_2** (1, 3, 6, 12 and 24 hours), **four CO_2 pressures** (4, 6, 8 and 10 MPa) and **three suspension densities** (156, 223 and 289 g/l) at stirrer rotations 400 rpm (Tab. 10). The test aimed to approach the theoretical increase of the weight yield of undivided (compound) product (+29.9 %).

Table 10 manifests that at **different duration of reaction with CO_2** the weight yields in compound products have increased after carbonatization of amorphized sample by +3.69 % (1 hour) to +7.54 % (24 hours). In all durations of the CO_2 reaction there was proved by XRD analysis the formation of hydromagnesite (its content of hydromagnesite, resp. CO_2 have increased in relation to prolongation of carbonatization from 80.0 % to 85.3 %, resp. from 30.1 % to 32.1 %). In filtration cakes there remained present only quartz and amorphous phase.

Concerning the different **CO_2 pressures** (4 to 10 MPa; Tab. 10) at 3 hour duration of suspension reaction with CO_2, the increase of total weight yield of compound product was negligible – from +5.09 % to +5.94 %. The suspension temperature at input pressure of CO_2 8.0 MPa and more during increasing pressures has increased from 31 to 35 °C owing to reaching the CO_2 critical state.

The carbonatization products (from filtrates) contained newly formed hydromagnesite in a range 82.1 % up to 90.0 %, in which the CO_2 was bound in the range 30.9 % to 33.9 %.

Testing various densities of suspension from 156 to 289 g/l there is visible (Tab. 10) that increasing density caused negligible decrease of total weight yield of carbonate product (from +5.34 % to +4.76 %). The precipitated products from filtrates contained 87.6–92.4 % of hydromagnesite binding CO_2 from 33.0 to 34.8 %.

Amorphization of the sample GP caused that the sample **GPA** had an increase of the weight yield of compound (undivided) carbonatized products from +3.69 % to +7.54 % (in average 5.62 %), i.e. ca 11-times higher than the value at the sample **GP** (from +0.2 % to 0.82 % – in average 0.51 %).

Next test at temperature **22 °C,** input CO_2 pressure **6 MPa,** suspension density **156 g/l,** stirrer rotation **400 rpm** and reaction duration **3 hours,** applying amorphous sample **GPA,** has produced the filtration cake (Fig. 7c) and filtrate (Fig. 7d). The dried product of filtrate has manifested an increase of the weight yield of compound carbonatized product +5.44 %, which represents 5.5-times lower value than is the value of theoretical increase (+29.9 %). Table 11 summarizes the results of this test. The graphic visualization of the pressure (psi), stirrer rotations (rpm) and temperature (°C) courves, presented in Fig. 10, indicates that immediately after the carbonatization has started (CO_2 purity of 99.9 vol.%) during ca 2–3 minutes, the suspension temperature in the reactor has increased from ca 22 °C to ca 28 °C, which manifests the exothermic reaction course. Decrease of the value of input CO_2 pressure during 3 hours is very slow and gradual and has after 15 minutes to 3 hours ideal linear trend.

As follows from the above stated, the reaction mainly of MgO from amorphized input minerals (chlorite, talc) with CO_2 after 3 hours was more effective than in the case of **GP** sample in corresponding time. In the dry product from the filtrate there is present 86.6 % of hydromagnesite with bound 32.6 % CO_2 (increase in comparison with the input is by 32.53 %).

During amorphization of appropriate input minerals (talc and chlorite) by the sufficiently long milling of GP sample, mainly the dominanting Mg component is activated for the reaction with CO_2. In the case of reacting the whole amount of Mg component and eventually Ca component with CO_2 to hydromagnesite and eventually $CaCO_3$ (100 % conversion), the sequestration potential is 5.031 tonnes of amorphized talc-chlorite schist (sample GPA) for binding of 1 tonne of CO_2.

Metabasic rock from the locality Nižný Klátov (NK1)

The tested sample was taken from the outcrop of exhumed melange of tectonized Paleozoic metabasic rocks of Rakovec Group in tectonic position on Gelnica Group (Gemericum; cf. Grecula et al., 2009) in the cut of the state

Tab. 10
Carbonatization results of **amorphous grind of talc-chlorite schist GPA** at sequentially changed duration of reaction with CO_2, the reaction pressures and suspension density. The temperature **22 °C** and stirrer rotation **400 rpm** are constant

Changed reaction parameter	Product	Total yield (wt.%)	Chemical composition (wt.%)							Mineral composition (wt.%)
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Ign. loss	CO_2	KR – quartz, AF – amorphous phase
GPA	Input	–	51.7	12.7	2.88	0.39	22.4	7.74	0.07	Quartz, amorphous phase
Changed duration of reaction: 1, 3, 6, 12 and 24 hours										
1	Cake – K	+3.69	49.3	12.9	2.94	0.40	20.8	11.1	0.20	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.60	43.1	52.1	30.1	Hydromagnesite 80.0; AF 20.0
3	Cake – K	+5.06	50.2	13.2	3.02	0.29	20.4	10.3	0.14	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.43	42.9	53.6	30.9	Hydromagnesite 82.1; AF 17.9
6	Cake – K	+5.40	50.9	13.3	3.07	0.34	20.3	9.54	0.16	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.41	43.0	53.0	31.4	Hydromagnesite 83.4; AF 16.6
12	Cake – K	+6.56	50.2	12.9	3.05	0.28	20.1	10.7	0.29	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.43	43.1	54.5	31.6	Hydromagnesite 83.9; AF 16.1
24	Cake – K	+7.54	51.3	13.2	3.12	0.29	19.7	9.87	0.07	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.36	42.9	55.3	32.1	Hydromagnesite 85.3; AF 14.7
Changed CO_2 pressures (4, 6, 8 and 10 MPa) at 3 hours duration of reaction										
4	Cake – K	+5.09	–	–	–	0.58	23.6	9.29	0.06	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	1.89	43.4	52.4	32.4	Hydromagnesite 86.1; AF 13.9
6	Cake – K	+5.34	–	–	–	0.36	20.8	9.33	0.02	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.81	44.2	52.8	33.0	Hydromagnesite 87.6; AF 12.4
8	Cake – K	+5.74	–	–	–	0.39	20.7	9.30	0.09	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	1.22	43.9	52.2	30.9	Hydromagnesite 82.1; AF 17.9
10	Cake – K	+5.94	–	–	–	0.38	20.4	9.33	0.01	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.76	42.9	53.8	33.9	Hydromagnesite 90.0; AF 10.0
Changed suspension density (156, 223 and 289 g/l) at 3 hours reaction and CO_2 pressures 6 MPa										
156	Cake – K	+5.34	–	–	–	0.36	20.8	9.33	0.02	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.81	44.2	52.8	33.0	Hydromagnesite 87.6; AF 12.4
223	Cake – K	+4.97	–	–	–	0.36	20.6	9.34	0.10	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.43	43.7	54.6	34.8	Hydromagnesite 92.4; AF 7.6
289	Cake – K	+4.76	–	–	–	0.36	20.2	9.52	0.02	Quartz, amorphous phase
	Filtrate – F		–	–	–	0.40	44.1	54.5	34.7	Hydromagnesite 92.2; AF 7.8

Tab. 11
Chemical and mineral composition of divided carbonatization products of the sample **GPA**

Chemical composition of **filtration cake – K** (wt.%)							
GPA	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+5.44 %	55.4	14.5	3.21	1.01	0.36	14.2	0.90
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
0.01	0.84	<0.2	0.22	0.0042	0.38	9.77	<0.01
Chemical composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
GPA	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+5.44 %	1.92	0.10	0.02	<0.01	0.46	43.9	<0.01
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
0.01	0.05	<0.2	0.02	0.0349	0.26	53.3	32.6
Mineral composition of **filtration cake – K** (wt.%)							
quartz				Si, Al, Fe,...amorphous phase			
Mineral composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
hydromagnesite		86.6		Mg–Si amorphous phase		13.4	

road between villages Nižný Klátov and Hýľov ca 200 m to WNW of the deviated road to Nižný Klátov (Figs. 5a, b and 11a). Coordinates: 48°43`32.70``N, 21°08`29.99``E.

Sampled outcrop (Fig. 11a, b) consisted of a variety of tectonically converged lithological types (basalts, metagabbros, chloritic schists). They, similarly as in the case of other occurrences of basaltic to gabbroid rocks in the Rakovec Group in Gemericum, represent the exhumed tectonic mélange. Rocks in outcrop manifest double tectonometamorphic overprint: The prograde and retrograde metamorphism related to Variscan exhumation deformation phase VD_1 (sensu Németh in Radvanec et al., 2007) is represented with plastic foliation planes dipping generally to NNE. The younger Alpine overprints during the overthrust phase AD_1 and strike-slips during the phase AD_3 (l.c.) have produced the cleavage planes dipping to SSW, bearing the indications of subhorizontal transpression shears (Fig. 11b).

Input sample **NK1** (Fig. 13a) is characteristic with distinct plastic deformation (Fig. 12) with asymmetric microstructures (rotated porphyroclasts, etc.). Minerals having light interference colours are represented with dominantly present basic plagioclases, as well as calcite, dark grains are formed with amphiboles (actinolite) and chlorite. Less abundant are epidote and titanite.

The pre-reaction laboratory preparatory procedures were the same as at samples **MT** and **GP.** The chemical and mineral compositions of the sample **NK1** is stated in Table 1, the wet granulometric analysis of the grist is in the Table 8.

As manifested in Tab. 8, the grist of the input sample **NK1** with the grain-size <0.5 mm contains 46.52 % of the finest class (<0.02 mm), which represents nearly half of the whole sample amount. From chemical and mineral composition (Tab. 1) there follows that the sample contains amphibole with Ca, Mg and Fe^{2+} bound in its structure, next chlorite – Mg and Fe^{2+} components and plagioclase (Ca components), being appropriate for reaction with CO_2. Next present minerals – calcite and further Si-, Al- and Fe-oxides do not provide suitable components for carbonatization reactions.

The sequestration potential of the **NK1** sample grist is manifested with a total value of 19.72 % of Ca, Mg and Fe^{2+} oxides.

Carbonatization tests of the grist of NK1 sample

The CO_2 reactivity tests with the "free" CaO and all MgO, event. Fe^{2+} components of the sample **NK1** were done in the high-pressure reactor at **five CO_2 reaction times** (1, 3, 6, 12 and 24 hours), **five input CO_2 pressures** (2, 4, 6, 8 and 10 MPa) and **four suspension densities** (156, 230, 299 and 368 g/l; Tab. 12) at stirrer rotations 400 rpm (optimum rotations found at experiments with the waste material **MT**).

In the optimum case of reacting the whole MgO content (7.57 %) and "free" CaO (4.56 %) of the sample **NK1** for Mg and Ca carbonates (without reaction of FeO), the maximum theoretical increase of the weight yield of undivided product after reaction with CO_2 would represent an increase +13.6 %, i.e. from 1 kg of the sample with the grain-size <0.5 mm there would originate 1.136 kg of carbonatized product.

The artificial carbonatization of metabasic rock with the mixture of H_2O + CO_2 proceeds in limited extent according to following reactions (3) and (4).

As demonstrated in Table 12, at **different durations of reactions with CO_2** (1–24 hours) the increases of weight yields of carbonatization products were low and varied in the range from +1.28 % to +1.48 %. The products obtained by drying contain $CaCO_3$. The biggest increase was provided by 6 hours lasting reaction (+1.48 %). In filtrates, the XRD analyses of carbonatization products of all reactions durations have manifested the presence of newly formed aragonite + calcite. In filtration cakes there were identified also former input minerals, which Ca and Mg components did not react with CO_2 at given carbonatization conditions even after 24 hours of reaction due to their insufficient deliberation from the lattice of given minerals.

Testing at **different CO_2 pressures** (2–10 MPa) during 1 hour reaction (Tab. 12) revealed that at input

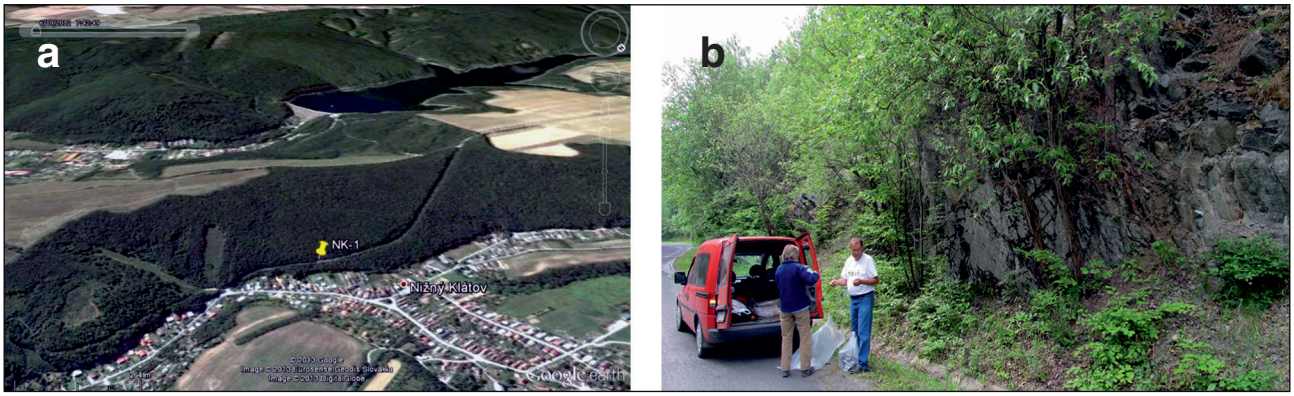


Fig. 11. a – Location of sampled mélange-type outcrop of exhumed metagabbro in the southern vicinity of the Nižný Klátov village. Orthophotomap is from the Google Earth. **b** – Double tectonic overprint in sampled outcrop: Younger Alpine brittle-ductile cleavage is a result of transpression deformation. The sample **NK1** was taken from the rigid block with pervasive Variscan ductile deformation and recrystallization, being less deformed by the younger Alpine shearing.

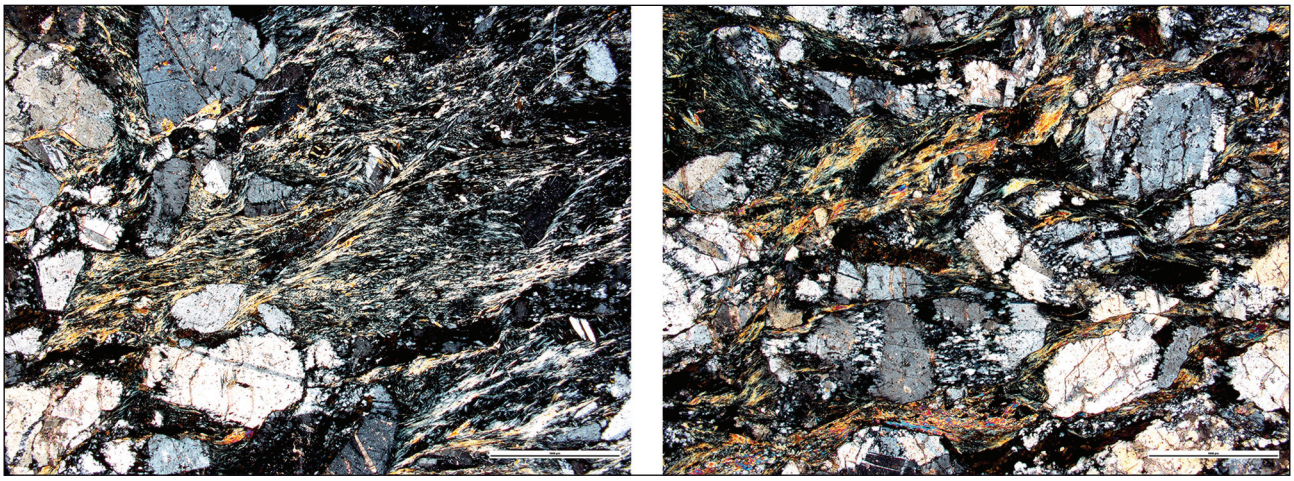


Fig. 12. Ductile deformation in mylonitized metabasic rock **NK1** during the VD_1 phase is manifested by rotated porphyroclasts of rheologically harder minerals (preferably plagioclase and diopside) in soft phyllosilicate matrix. Cross-polarized light, width of view 4.75 mm.

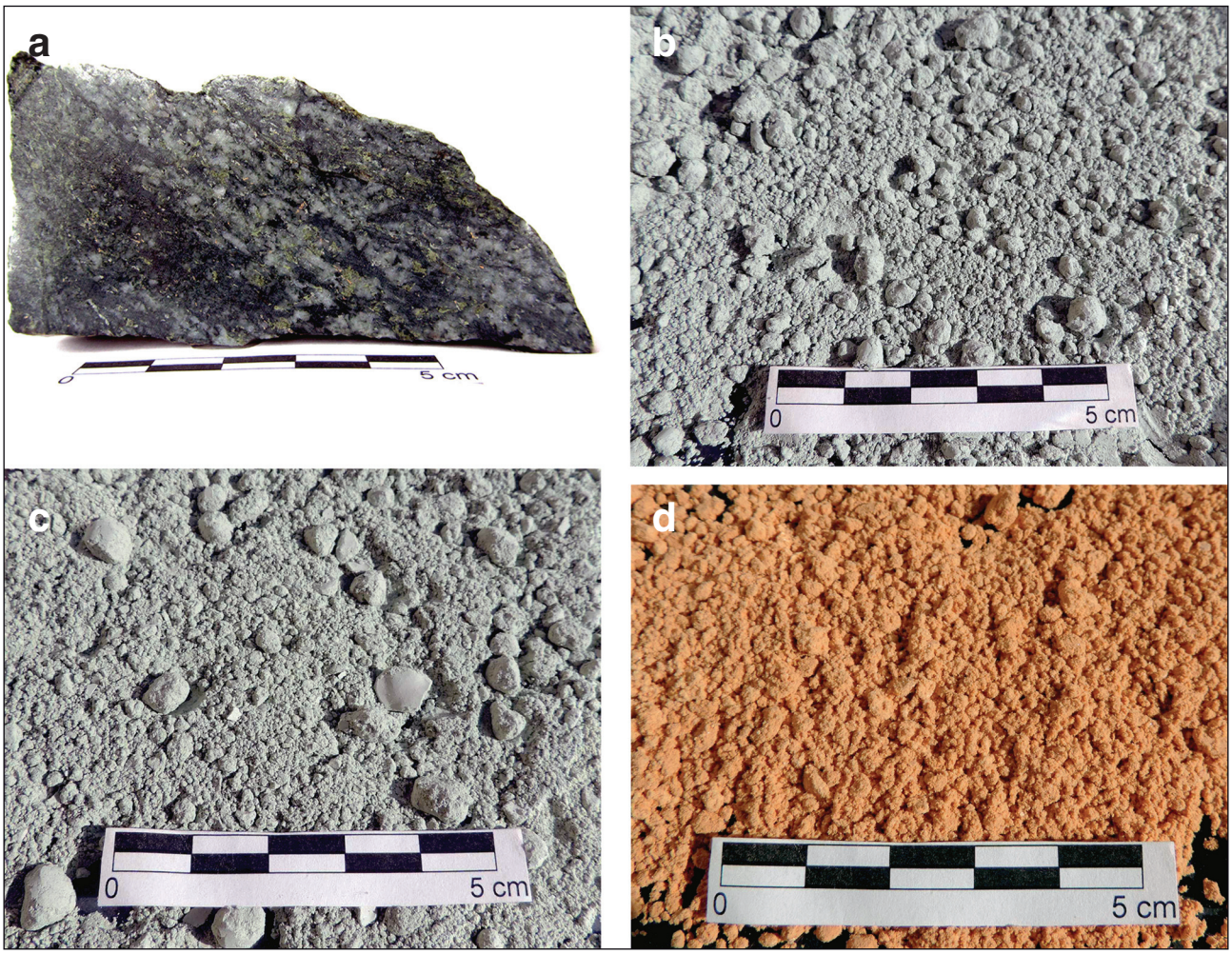


Fig. 13. Tested sample of the metabasic rock NK1. **a** – hand-sample; **b** – input grist <0.5 mm; **c–d** – carbonatization products: c – filtration cake, d – filtrate.

CO_2 pressure ≤4 MPa the total increase of the weight yield of carbonatization product was beneath +1.0 %. At pressures ≥6 MPa it was above 1.0 %. Achieving of the CO_2 supercritical state (temperature above 31.1 °C and pressure above 7.39 MPa) is relatively demanding from economical, time and technical viewpoints. Taking into account this fact and the results in Tab. 12, as the most appropriate there was determined the CO_2 pressure 6 MPa. Carbonatization products from filtrates contain newly formed aragonite + calcite, though the former input minerals still remained in filtration cakes.

Tests at **different suspension densities** (Tab. 12) revealed that the total increase of the weight yield in each case was corresponding to ca +1.1 %. The dried products from filtrates contained $CaCO_3$ in the form of aragonite and calcite. Therefore as appropriate there can be supposed the suspension densities in the range 156–368 g/l.

As Table 12 clearly manifests, the increase of the weight yield of majority of undivided carbonatized products was only around +1.1 to +1.4 %, i.e. ca 10-times lower that the value of theoretical increase (+13.6 %). For the complete chemical and mineralogical characteristic of the NK1 carbonatization course, we did a test at with **NK1** sample grist <0.5 mm at following conditions: temperature **22 °C,** input CO_2 pressure **6 MPa,** suspension density **156 g/l,** stirrer rotation **400 rpm** and duration of CO_2 reaction **3 hours.** Products after subsequent filtration of suspension and obtaining the filtration cake and filtrate are shown in Fig. 13c, d. The increase of the weight yield of carbonatized product was +1.3 %. The summarized results of this test with CO_2 of purity 99.9 % are provided by Table 13. From the courses of pressure, temperature and rotations during this carbonatization, shown in Fig. 16, there is visible that during first ca 1 minute the suspension temperature in the reactor has increased from ca 22 °C to ca 27 °C, which proves the exothermic reaction. The pressure drop during 3 hour lasting reaction was very slow, and in time interval from 10 minutes to 3 hours has a linear trend.

$$\underset{\text{plagioclase}}{CaAl_2Si_3O_8} + CO_2 + 5H_2O \rightarrow \underset{\text{calcite}}{CaCO_3} + \underset{\text{allophanite-amorphous phase}}{Al_2O_3{\cdot}(SiO_2)_{1.3-3}{\cdot}(H_2O)_{2.5-3}} \quad (3)$$

$$\textbf{Epidote-zoisite} + CO_2 + H_2O \rightarrow \textbf{calcite + Al-Si-OH amorphous phases} \quad (4)$$

Tab. 12
Carbonatization results of the grist of metabasic rock sample **NK1,** applying reactions at temperature **22 °C,** stirrer rotations **400 rpm** and differing duration of reactions, CO_2 pressure and density of suspension

Changed reaction parameter	Product	Total yield (wt.%)	Mineral composition (wt.%)
			PL – plagioclase; AM – amphibole; CHL – chlorite; CC – calcite; OC – other components
NK1	Input	–	PL 42.9; AM 31.5; CHL 21.1; CC 3.2; OC 1.3
Changed duration of reaction (1, 3, 6, 12, 24 hours) at pressure 6 MPa and suspension density 156 g/l			
	Cake	–	Plagioclase, amphibole, chlorite, calcite
1	Filtrate	+1.28	Aragonite, calcite, amorphous phase
3	Filtrate	+1.28	Aragonite, calcite, amorphous phase
6	Filtrate	+1.48	Aragonite, calcite, amorphous phase
12	Filtrate	+1.38	Aragonite, calcite, amorphous phase
24	Filtrate	+1.34	Aragonite, calcite, amorphous phase
Changed CO_2 pressures (2, 4, 6, 8, 10 MPa) at 1 hour lasting reactions and suspension density 156 g/l			
	Cake	–	Plagioclase, amphibole, chlorite, calcite
2	Filtrate	+0.74	Aragonite, calcite, amorphous phase
4	Filtrate	+0.90	Aragonite, calcite, amorphous phase
6	Filtrate	+1.14	Aragonite, calcite, amorphous phase
8	Filtrate	+1.24	Aragonite, calcite, amorphous phase
10	Filtrate	+1.40	Aragonite, calcite, amorphous phase
Changed suspension density (156, 230, 299 and 368 g/l) at 1 hour lasting reactions and CO_2 pressures 6 MPa			
	Cake	–	Plagioclase, amphibole, chlorite, calcite
156	Filtrate	+1.08	Aragonite, calcite, amorphous phase
230	Filtrate	+1.14	Aragonite, calcite, amorphous phase
299	Filtrate	+1.16	Aragonite, calcite, amorphous phase
368	Filtrate	+1.12	Aragonite, calcite, amorphous phase

Note: OC – other components (Si, Al, Fe, ... oxides)

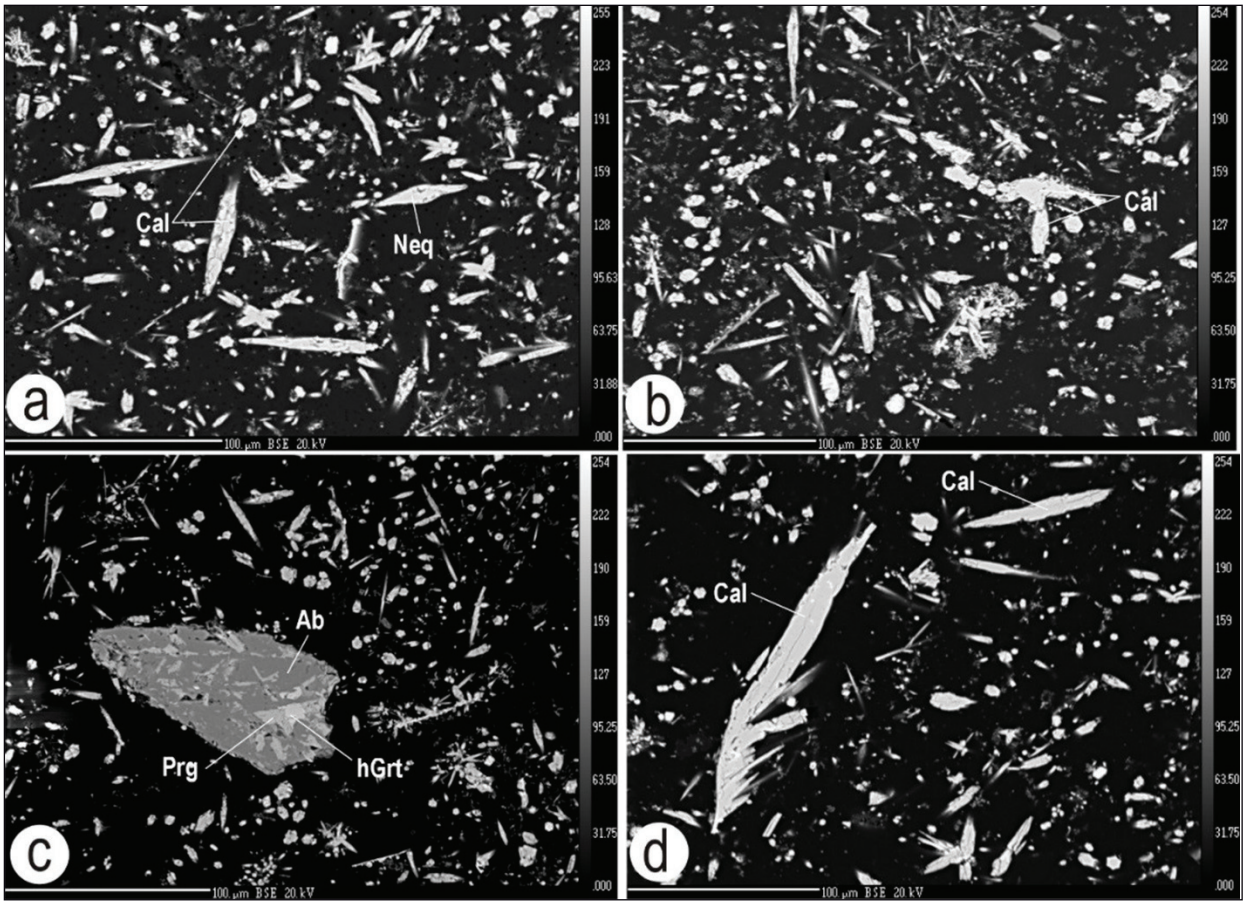


Fig. 14. Mineral composition of the carbonatization product of the metabasic rock **NK1.** Cal – calcite; Neq – nesquehonite. Crystallized filtrate **NK1** contains unreacted relics of albite (Ab), pargasite (Prg) and hydrated garnet (hGrt). BSE.

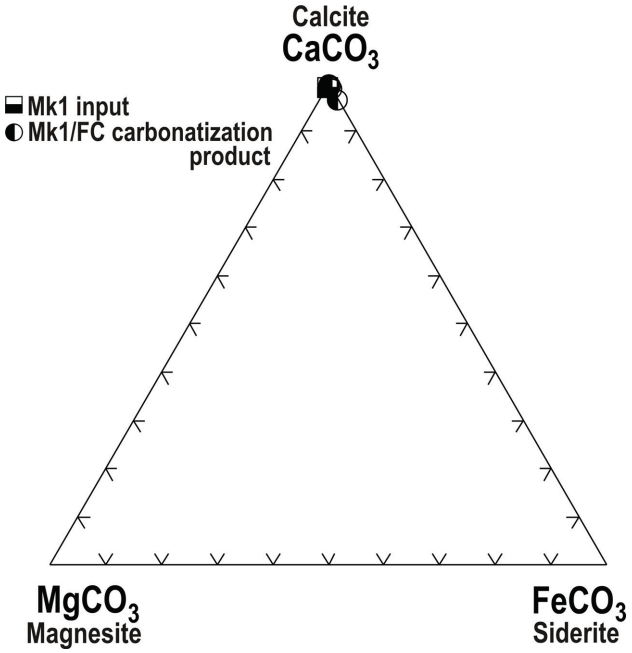


Fig. 15. Chemical classification of calcite and comparison of calcite in metabasic rock (input NK1) and calcite in the carbonatization product (NK1 – filtrate).

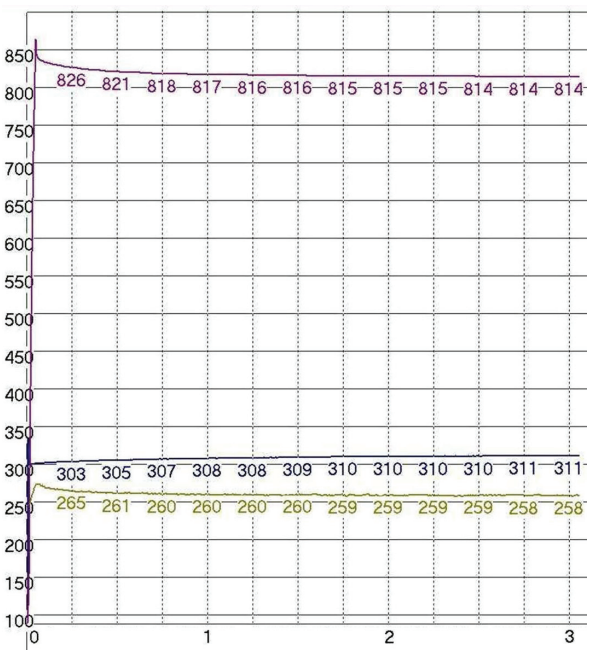


Fig. 16. Curve of pressure (psi, upper curve), stirrer rotation (rpm, middle curve) and temperature (°C, lower curve) during 3 hour carbonatization of the sample **NK1,** applying CO_2 with the purity 99.9 %.

The research in the case of metabasic rock NK1 found that the reaction of the "free" CaO and MgO from input minerals with CO_2 took place only to a minor extent due to their insufficient deliberation from the lattice of input minerals, despite that in the grist the grain-size beneath 20 μm formed nearly 50 %. The dried product from the filtrate contains 86.6 % $CaCO_3$ in the form of aragonite and calcite, binding 38.1 % of CO_2 (increase in comparison with the input is by 36.71 %).

In the case of total amorphization of input minerals (amphibole, chlorite, plagioclase) by sufficiently long milling, resulting in total lattice destruction of the minerals of **NK1** sample, resulting to full activation of Ca and Mg component for reaction with CO_2 and synthesizing $CaCO_3$ and hydromagnesite (100 % conversion), the 1 tonne of CO_2 will be bound by 9.806 tonnes of the sample NK1.

Chlorite schist from locality Gelnica (GE)

Chlorite schist **GE** from the locality Gelnica (Figs. 5a, b and 17a, b) represents the grey-green schistose pelitic rock with sandy and silty intercalations of grey colour and frequent ochre colouration (Fig. 18a). Phyllosilicates (chlorite, sericite) prevail in the mineral compositon. The sampled chlorite schists belong to Lower Paleozoic of Gemericum, Gelnica Group, Smolník Formation (cf. Grecula et al., 2009). Elongated outcrop of these rocks is located 250 m to WSW from railway station in the town of Gelnica. Coordinates: 49°51`24.43``N, 20°56`41.34``E. The sample of chlorite schist we took into the investigation due to its high content of FeO (4.46 wt.%) at low contents of CaO and MgO, and also owing our earlier findings that binding of CO_2 on FeO generates siderite (cf. Tuček et al., 2010).

Chlorite schists represents a dominating rock type in Gemericum. Usually they represent the tectonites of chlorite phyllite, which protolith was associated also with the extrusive volcanic material, resp. they represent diaftorites (mylonites) of other foliated rocks with dominating chlorite (Fig. 17c, d). The former Variscan deformation VD_1, caused by the WSW-vergent overthrust of exhumed Rakovec mélange in the hanging wall of the outcrop of sampled chlorite schist **GE,** is overprinted by the Alpine north-vergent imbrication in the deformation phase AD_1 and the strike-slips in the phase AD_3 (cf. Németh in Radvanec et al., 2007; Németh et al., 2012). Chlorite schists of the Smolník Formation (sensu Grecula et al., 2009) are present in tectonic unit Gemericum in several zones and represent very abundant lithological type.

The sample GE was prepared for reaction applying the same procedure as stated in previous samples. The input chemical and mineral compositions are available in Table 1. Investigated sample contained only one mineral (chlorite 16.6 %), binding in its structure Mg and Fe^{2+} components, potentially appropriate for binding CO_2 (Table 1). A small amount of CaO (0.16 %) is bound in calcite (0.3 %).

As seen from the Table 8, the input **GE** sample grist (Fig. 18a) with the grain-size <0.5 mm contains 54.57 % of the finest class (<0.02 mm), which represents more than half of the total amount. The carbonatization potential of the grist, expressed by the sum of Mg and Fe^{2+} oxides, is 6.05 %.

Carbonatization tests of the GE sample

The CO_2 reactivity tests with whole MgO and Fe^{2+} components of the sample GE were done in the high-pressure reactor at **five durations of reactions with CO_2** (1, 3, 6, 12 and 24 hours), **five input CO_2 pressures** (2, 4, 6, 8 and 10 MPa) and **four suspension densities** (156, 230, 297 and 368 g/l) at optimum stirrer rotations 400 rpm (Tab. 14).

In the case of reacting the whole amount of MgO (1.59 %) and FeO (4.46 %) with the origin of Mg and Fe carbonates, the maximum theoretical increase of the weight yield of the product after reaction with CO_2 would

Tab. 13
Chemical and mineral composition of divided carbonatization products of the sample **NK1** tests at reaction parameters: **22 °C, 6 MPa, 156 g/l, 400 rpm** and **3 hours reaction**

Chemical composition of **filtration cake – K** (wt.%)							
NK1	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+1.30 %	52.3	15.2	8.98	6.04	5.58	6.89	1.06
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
0.12	0.24	5.8	0.10	0.0007	<0.01	3.49	0.61
Chemical composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
NK1	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+1.30 %	2.27	0.07	3.19	0.36	49.7	2.47	<0.01
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
0.31	0.11	<0.2	<0.01	0.0586	<0.01	41.8	38.1
Mineral composition of the **filtration cake – K** (wt.%)							
plagioclase		amphibole		chlorite		calcite	
Mineral composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
aragonite + calcite		86.6		amorphous phase		13.4	

Note: AF – Amorphous phase formed by Si, Fe, ... oxides

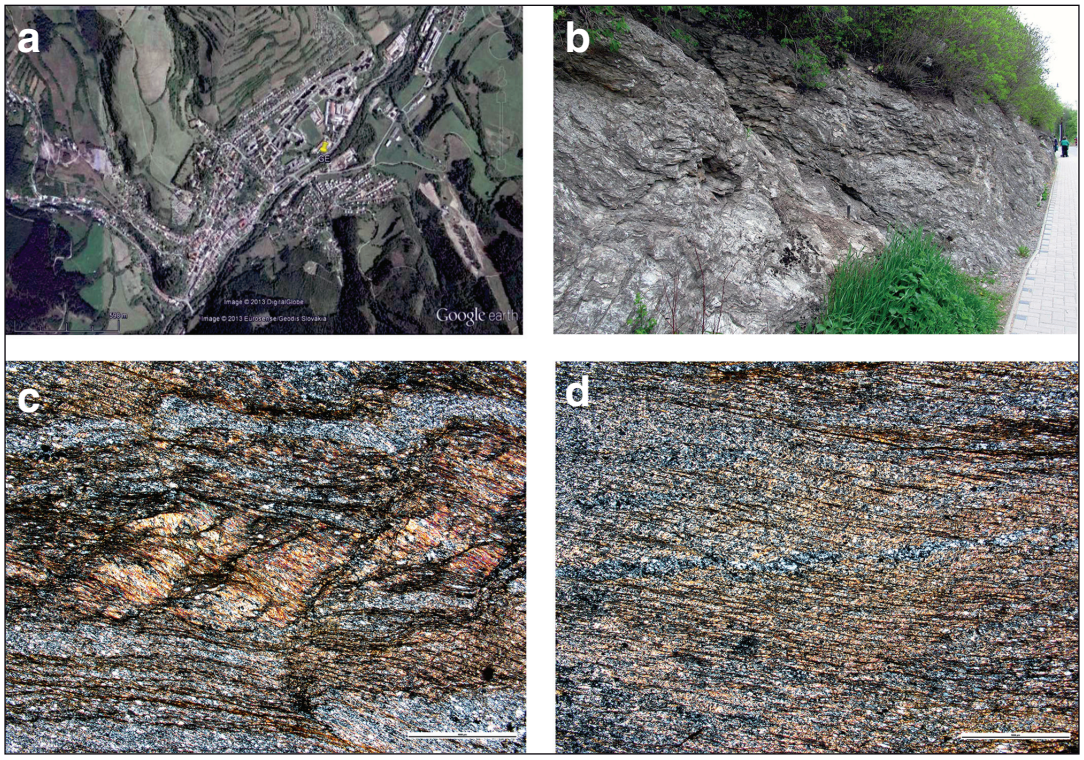


Fig. 17. The chlorite schist **GE** from the NE part of the Gelnica town (a) sampled in the elongated strongly tectonized rock outcrop (b), represents a strongly foliated rock (c, d), where the secondary foliation is segmenting the former bedding, consisting of alternating pelitic and psammitic beds. Plane polarized light, crossed nicols. Width of view 4.7 mm. Orthophotomap (a) is from Google Earth.

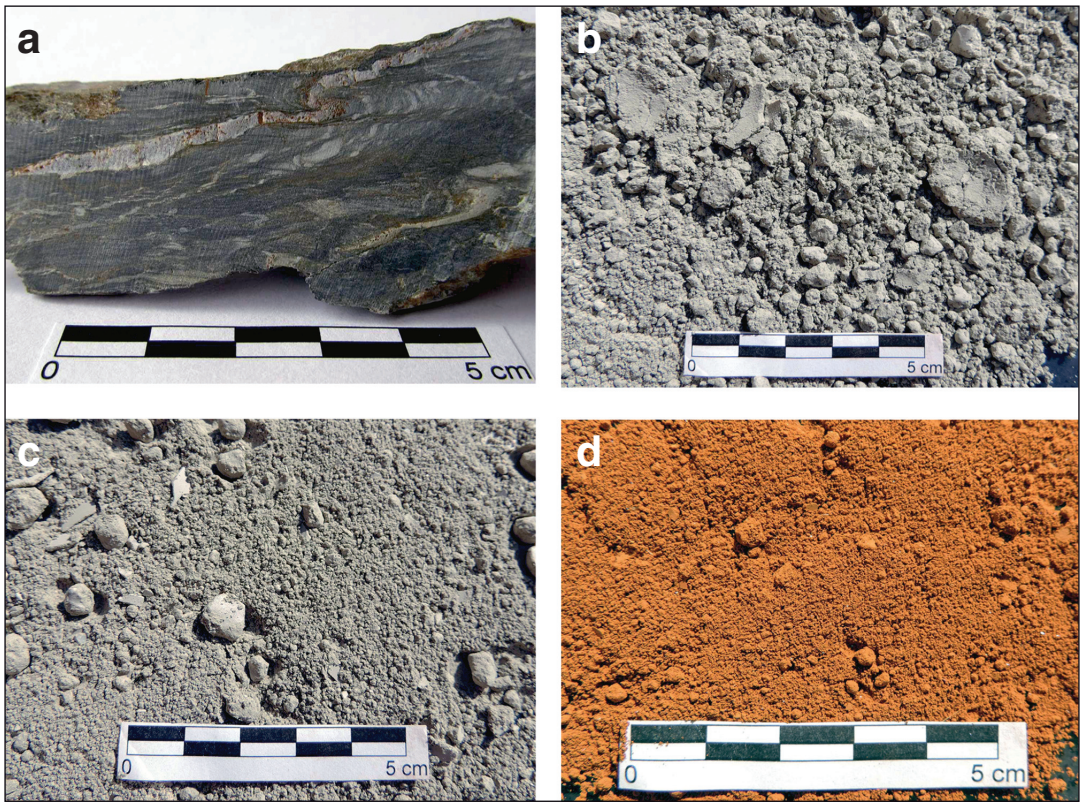


Fig. 18. Tested sample of the chlorite schist GE. **a** – hand-sample; **b** – input grist <0.5 mm; **c–d** – carbonatization products: c – filtration cake, d – filtrate.

represent an increase by +4.84 %, i.e. from 1 kg of the sample grist <0.5 mm there would originate 1.0484 kg of carbonatized product.

Artificial reaction of chlorite bearing schist with a mixture H_2O + CO_2 proceeds in limited extent according to reaction (5).

Reactions at differing durations of CO_2 reactions have demonstrated that the increases of the total weight yield of carbonatization products (Tab. 14) were low and were growing slightly in the range from +0.24 % to +0.80 % in duration from 1 to 24 hours. Dried filtrates contained precipitated calcite, manganocalcite and aragonite. The filtration cakes contained still all input minerals, because the Mg and Fe^{2+} components from chlorite practically did not react with CO_2 at given carbonatization conditions due to their insufficient deliberation from the lattice of this mineral.

At increasing pressures (2–10 MPa; Tab. 14) during 1 hour reaction the total increases of the weight yield were low (0.08 % to 0.20 %) with the origin of manganocalcite (kutnahorite) and aragonite besides some amount of amorphous phase. The filtration cakes were bearing the input minerals, including chlorite. The starting suspension temperature during the CO_2 pressure increase became higher and varied in the range 31–35 °C due to reaching the CO_2 critical state.

The increase of the suspension density (Tab. 14) caused the decrease of total amount of carbonatized product from +0.28 % to +0.15 %. The dried products from filtrates contained manganocalcite (kutnahorite) and amorphous phase (Fig. 19). The suspension density 156 g/l was proved to be sufficient.

As demonstrated in Tab. 14, the increase of the weight yield of carbonatized products is only around +0.08 % to +0.80 % (in average 0.44 %), which represents the value ca 11-times lower that the theoretically possible value (+4.84 %). The final test at the temperature **22 °C,** CO_2 pressure **6 MPa,** suspension density **156 g/l,** stirrer rotations **400 rpm** and reaction duration **3 hours,** applying the **GE** grists with the grain-size <0.5 mm with following suspension filtration has produced the filtration cake (Fig. 18c) and filtrate (Fig. 18d). The increase of the weight yield of this compound carbonatization product was +0.4 %. Its chemical and mineral compositions are summarized in Table 15.

As manifested in Fig. 21, during first 1–2 minutes of reaction with CO_2 (purity 99.9 vol.%) the suspension

$$\underset{\text{chlorite}}{(MgMnAl)_{12}(Al_2Si_6)_8O_{20}(OH)_{16}} + 6CO_2 + 3H_2O \rightarrow \underset{\text{kutnahorite}}{3MnMg(CO_3)_2} + \underset{\text{allophanite-amorphous phase}}{2Al_2O_3{\cdot}(SiO_2)_{1.3-3}{\cdot}(H_2O)_{2.5-3}} \quad (5)$$

Tab. 14
Carbonatization results of the grist of chlorite schists sample **GE,** applying reactions at temperature 22 °C, stirrer rotation **400 rpm** and differing durations of reactions, CO_2 pressure and density of suspension

Changed reaction parameter	Product	Total yield (wt.%)	Mineral composition (wt.%)
			PL – plagioclase; CHL – chlorite; QTZ – quartz; CC – calcite; MCA – mica; KFS – K-feldspar; AF – amorphous phase; OC – other components
GE	Input	–	PL 10.8; CHL 16.6; QTZ 20.2; MCA 47.0; KA 0.3; KFS 1.7; OC 3.4
Changed duration of reaction (1, 3, 6, 12, 24 hours) at pressure 6 MPa and suspension density 156 g/l			
	Cake	–	Quartz, chlorite, mica, plagioclase, K-feldspar
1	Filtrate	+0.24	Manganocalcite (kutnahorite), aragonite, amorphous phase
3	Filtrate	+0.24	Manganocalcite (kutnahorite), amorphous phase
6	Filtrate	+0.24	Manganocalcite (kutnahorite), amorphous phase
12	Filtrate	+0.44	Manganocalcite (kutnahorite), amorphous phase
24	Filtrate	+0.80	Calcite, manganocalcite (kutnahorite), aragonite, AF
Changed CO_2 pressures (2, 4, 6, 8, 10 MPa) at 1 hour lasting reactions and suspension density 156 g/l			
	Cake	–	Quartz, chlorite, mica, plagioclase, K-feldspar
2	Filtrate	+0.08	Manganocalcite (kutnahorite), aragonite, AF
4	Filtrate	+0.12	Manganocalcite (kutnahorite), aragonite, AF
6	Filtrate	+0.16	Manganocalcite (kutnahorite), aragonite, AF
8	Filtrate	+0.20	Manganocalcite (kutnahorite), aragonite, AF
10	Filtrate	+0.20	Manganocalcite (kutnahorite), aragonite, AF
Changed suspension density (156, 230, 297 and 368 g/l) at 1 hour lasting reactions and CO_2 pressures 6 MPa			
	Cake	–	Quartz, chlorite, mica, plagioclase, K-feldspar
156	Filtrate	+0.28	Manganocalcite (kutnahorite), amorphous phase
230	Filtrate	+0.19	Manganocalcite (kutnahorite), amorphous phase
297	Filtrate	+0.16	Manganocalcite (kutnahorite), amorphous phase
368	Filtrate	+0.15	Manganocalcite (kutnahorite), amorphous phase

Note: OC – other components (Si, Al, Fe, ... oxides), MCA – mica (sericite); AF – amorphous phase

temperature in reactor has increased from ca 22 °C to ca 27 °C due to indistinct exothermic reaction course. The decrease of the input CO_2 pressure during 3 hours is very slow, and from the 15. minute to 3 hours it has linear trend.

The research in the case of the GE sample has found that reaction of Mg and Fe^{2+} oxides from input chlorite with CO_2 has progressed in a very small extent due to their insufficient deliberation from the chlorite lattice despite the fact that in the grist the grain-size class <20 μm represented nearly 55 %. The dried product from filtrate contains 41.4 % of manganocalcite (+kutnahorite), with bound 18.2 % of CO_2 (increase in comparison with input by 18.04 %).

In the case of full amorphization of input minerals, preferably of chlorite, by sufficiently long milling of the sample GE, causing the total destruction of the lattice of this mineral, and by this way the full activation of Mg and Fe^{2+} components for reaction with CO_2 (100 % conversion) there would be necessary 24.258 tonnes of the GE sample for binding of 1 tonne of CO_2.

Pyroxenic andesite from Slanec locality (SL)

The sample **SL** of pyroxenic andesite (Fig. 23a) was taken from the active quarry at the village of Slanec (Fig. 22a). The pyroxenic andesite in this locality represents a part of the Neogene lava flows of andesite stratovolcano Hradisko (the Hradisko Formation; cf. Kaličiak et al., 1996).

In mineral composition of input sample there prevail mafic minerals (amphibole, pyroxene, chlorite), light minerals are represented with intermediate plagioclases

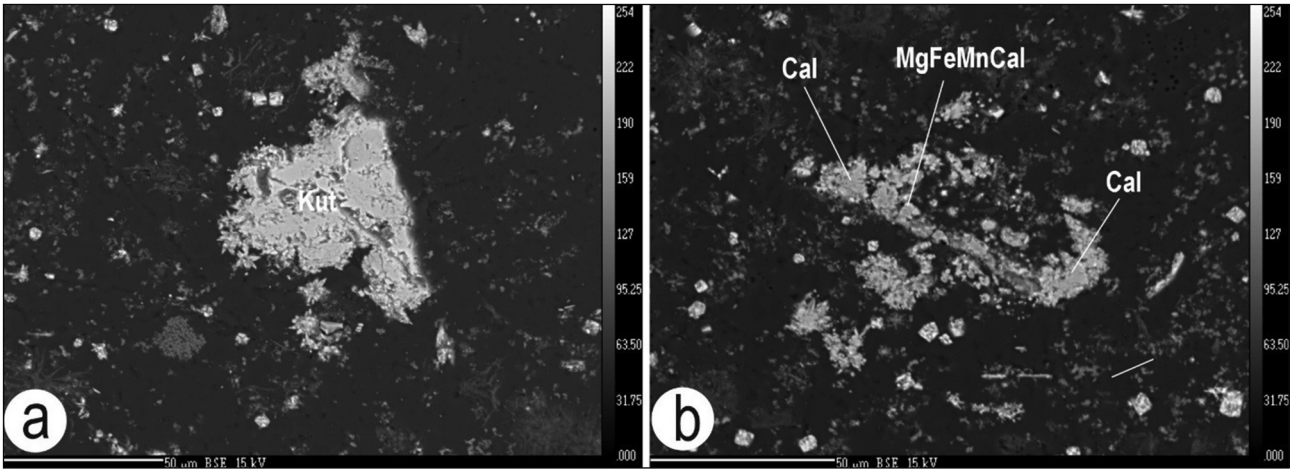


Fig. 19. Mineral composition of the product of artificial carbonatization of the chlorite schist GE (filtrate). Cal – calcite; Kut – kutnahorite; MgFeMnCal – MgFeMn calcite. BSE image.

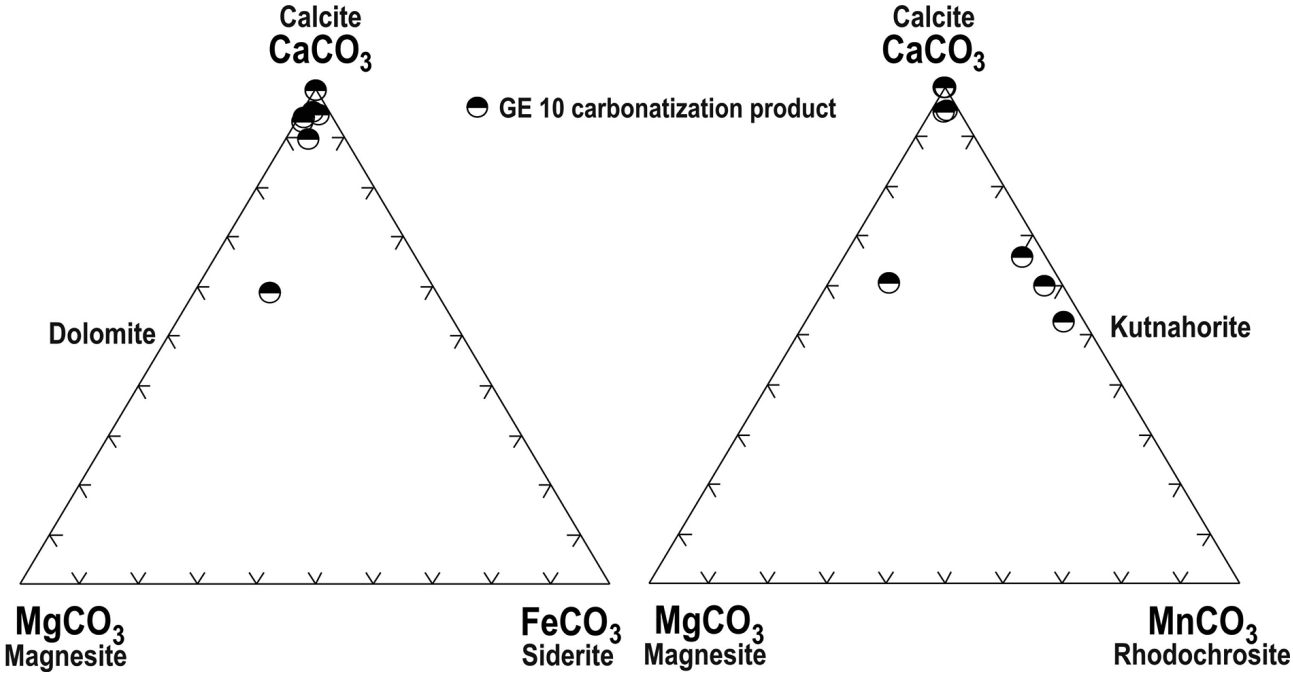


Fig. 20. Chemical classification of calcite, kutnahorite and dolomite, present in the artificial carbonatization product (filtrate) of the sample GE.

Tab. 15
Chemical and mineral composition of divided carbonatization products of the sample GE at following reaction parameters: **22 °C, 6 MPa, 156 g/l, 400 rpm** and **3 hours reaction**

Chemical composition of **filtration cake – K** (wt.%)							
GE	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+0.40 %	56.7	22.7	7.66	4.96	0.15	1.78	0.91
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
0.04	4.64	1.10	0.12	0.0136	<0.01	3.99	<0.01
Chemical composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
GE	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+0.40 %	14.5	0.54	3.00	–	16.6	4.43	0.01
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
7.69	1.04	1.10	0.04	–	<0.01	23.9	18.2
Mineral composition of the **filtration cake – K** (wt.%)							
quartz		mica (sericite)		chlorite		plagioclase and K-feldspar	
Mineral composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
manganocalcite (+KT)		41.4		amorphous phase		58.6	

Note: AF – amorphous phase formed by Si, Fe, ... oxides; KT – kutnahorite

and quartz (Tab. 1, Fig. 22b). Amorphous phase is represented with volcanic glass.

In this sample, the sources of Ca, Mg and Fe^{2+} components are these minerals: plagioclase (61.8 %), amorphic phase of non-stoichiometric composition (6.3 %) and futher minerals (6.2 %). Quartz (24.8 %) and calcite (0.9 %) are not appropriate for reaction with CO_2.

The sample **SL** underwent the same preparatory procedures as the samples GP, NK1 and GE. Its chemical and mineral composition is stated in Table 1 and grain-size composition in Table 8.

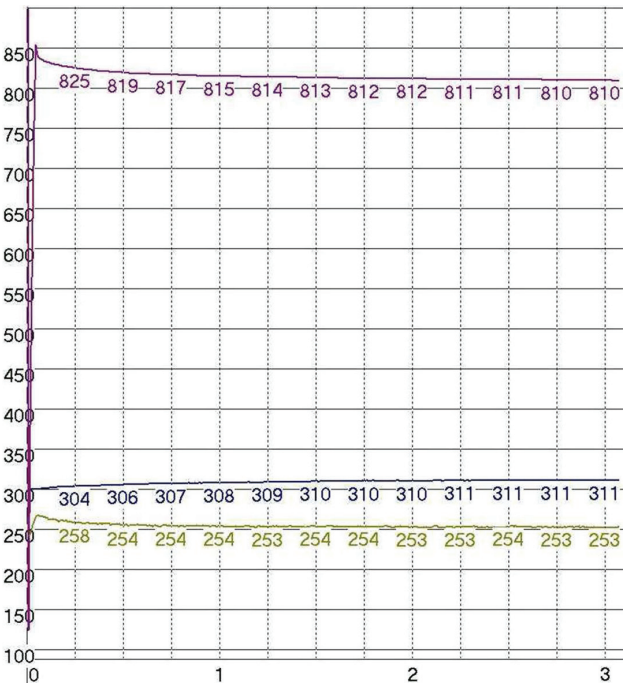


Fig. 21. Curve of pressure (psi, upper curve), stirrer rotation (rpm, middle curve) and temperature (°C, lower curve) during 3 hour carbonatization of the sample **NK1,** applying CO_2 with the purity 99.9 %.

A shown in Table 8, in the grist of the input sample SL with granularity <0.5 mm (Fig. 23b), the content of the finest grain-size class (<0.02 mm) is 34.91 %, which represents one third of the total amount of the sample. Concerning the efficiency of the reaction with CO_2, in sample is present prevailingly the dominating plagioclase (Tab. 1), binding in its structure Ca component. The Mg and Fe^{2+} components can be present also in amorphous phase and further non-specied phases. Futher present minerals like quartz and calcite do not provide appropriate chemical components for carbonatization reactions.

From above stated there follows that the SL sample grist (Fig. 23a) has a carbonatization potential, containing together up to 12.71 % of Ca, Mg and Fe^{2+} oxides, where from the input CaO content 7.71 % the "free" CaO represents 7.17 %.

Carbonatization tests of the SL sample grist

Correspondingly with previous samples, the SL sample carbonatization tests with "free" CaO and whole MgO, eventually Fe^{2+} components of the sample SL were performed in the high pressure reactor at **five durations of reactions with CO_2** (1, 3, 6, 12 and 24 hours), **five input CO_2 pressures** (2, 4, 6, 8 and 10 MPa) and **four suspension densities** (156, 230, 297 and 368 g/l; Tab. 16) at optimum stirrer rotations 400 rpm.

In the case of reacting of the whole share of MgO (2.73 %), FeO (2.80 %) and "free" CaO (7.17 %) from the input grist of the SL sample to Mg, Fe and Ca carbonates, the theoretical maximum increase of the weight yield of undivided carbonatization product would represent +10.94 %, i.e. from 1 kg of sample grist of the grain-size <0.5 mm there would originate 1.1094 kg of

carbonatized product. Tests aimed to reach this yield and to reduce or totally eliminate the plagioclase content in the carbonatization product.

The artificial carbonatization of andesite with a mixture $H_2O + CO_2$ proceeds in limited extent according to reaction (6).

The increases of the weight yields after carbonatization of the SL sample grist in the reactor (preferably of $CaCO_3$; Tab. 16) were low and varied in the range from +0.62 % to +0.84 % in duration of reaction from 1 to 24 hours. The highest increase was achieved after 1 hour (+0.84 %). At all durations of reactions the XRD analyses demonstrated the formation of aragonite + calcite in reaction products from filtrates. In filtration cakes there was identified also plagioclase, which substantial part of Ca component did not react with CO_2 at given carbonatization conditions even after 24 hours due to its insufficient deliberation of Ca from the plagioclase lattice.

As shown in Tab. 16, at input CO_2 pressure ≤6 MPa the total increase of the weight yield in the carbonatization product was 0.30–0.34 %, at pressures ≥8 MPa it was 0.52–0,66 %, though the reaching of supercritical CO_2 parameters (temperature above 31.1 °C and pressure above 7.39 MPa) is demanding from economic, time, as well as technical aspects. Concerning this fact and taking into account the results in Tab. 16, as appropriate CO_2 pressure we have determined the value 6 MPa. The carbonatization products (from filtrates) contained newly originated aragonite + calcite, and in the filtration cakes there was present plagioclase.

At all suspension densities (Tab. 16), the total increase of the weight yield of carbonatization product was low (from +0.20 to +0.48 %). The dried products from filtrates contained $CaCO_3$ in the form of aragonite and calcite. As sufficient suspension density we determined the value 230 g/l.

In all cases (Tab. 14) the increase of weight yields of undivided carbonatization products was low (from +0.20 to +0.84 %; in average +0.52 %), which means ca 20-times lower than theoretically possible (+10.94 %). The final test was carried out at following conditions: 22 °C, 6 MPa, 230 g/l, 400 rpm and 3 hours lasting reaction. After reaction, the increase of the weight yield of this carbonatization product was +0.6 %. The chemical and mineral composition of its divided carbonatization products are stated in Table 17 and shown in Figs. 23c, d; 24a, b and 25.

Correspondingly with previous lithological samples the exothermic trend of reaction is demonstrated with abrupt increase of the suspension temperature from ca 22 °C to ca 27 °C. Decrease of input CO_2 pressure is during 3 hours very slow, and after 15 minutes up to three hours it has a linear trend.

From above stated there follows that the reaction of the "free" CaO, MgO, event. FeO from the input grist with CO_2 proceeds only in small extent due to their insufficient deliberation from the lattice of their bearers, despite the grain-size <20 μm represented one third of its amount (34.91 %). In the dried product from the filtrate totally 86.6 % of $CaCO_3$ in the form of aragonite and calcite are present, binding 38.1 % of CO_2 (increase in comparison with input values by 36.71 %).

In the case of total amorphization of suitable input mineral components, prevailingly plagioclase by sufficiently long milling of the sample SL, when the total destruction of the mineral lattice takes part, resulting in full activation mainly of Ca, event. Mg and Fe^{2+} components for reaction with CO_2. If 100 % conversion occurs, the all "free" part of Ca component and whole amount of Mg and Fe^{2+} react with CO_2 with origin of $CaCO_3$, hydromagnesite and siderite. In such case 10.267 tonnes of the andesite of sample SL can bind 1 tonne of CO_2.

Summary of the carbonatization results of four lithological types

Comparing of four tested rock types (Table 1), it is obvious that all have a carbonatization potential expressed by the sum of Ca, Mg and Fe^{2+} oxides from 6.21 % **(GE)** to 24.69 % **(GP).** The input suspensions of the samples manifested a neutral reaction (pH ~ 6.5–7), besides the amorphized sample **GPA** with the suspension pH ~ 9,5.

Table 18 provides the final results of the four rock samples carbonatization in the high-pressure reactor. The best results of the rock samples were obtained by the sample **GP** with the subsequent amorphization of the talc and chlorite **(GPA),** where the Mg component from these minerals has reacted with CO_2 to hydromagnesite. At appropriate carbonatization conditions during three hours a new carbonate product has crystallized from the filtrate with the content of 86.6 % hydromagnesite, in which structure is fixed 32.6 % CO_2 with an increase of weight yield of the compound product +5.44 %. Table 18 further shows that for liquidation of 1 tonne of CO_2 by the methodology of carbonatization there is real need of 5.031 tonnes of material of the sample **GPA.** The sample suspension after carbonatization at conditions stated in Tab. 18 changed from pH 9.5 to 8.

The second positive sample **NK1** allowed to prepare after 3 hour carbonatization a new carbonate product with the $CaCO_3$ content 86,6 %, in which structure totally 38.1 % CO_2 was bound with the low increase of the weight yield of compound product +1.3 %. The liquidation of 1 tonne of CO_2 requires 9.806 tonnes of amorphized metabasic rock of the sample **NK1.** The sample suspension after carbonatization manifested pH around 7.5.

Third sample – andesite **SL** has provided a new carbonate product with 71.1 % $CaCO_3$, having bind in its lattice 31.3 % of CO_2 with very low increase of the weight yield of compound product +0.6 %. The liquidation of 1 tonne of CO_2 requires in this case 10.267 tonnes of amorphized material of the sample **SL.**

The worst carbonatization potential was found in the case of the chlorite schist sample **GE,** providing carbonate product with 41.4 % of manganocalcite (+kutnahorite).

$$\underset{\text{plagioclase}}{CaAl_2Si_3O_8} + CO_2 + 5H_2O \rightarrow \underset{\text{calcite}}{CaCO_3} + \underset{\text{allophanite-amorphous phase}}{Al_2O_3\cdot(SiO_2)_{1.3-3}\cdot(H_2O)_{2.5-3}} \quad (6)$$

Tab. 16
Carbonatization results of the grist of pyroxenic andesite sample **SL,** applying reactions at temperature **22 °C,** stirrer rotations **400 rpm** and differing durations of reactions, CO_2 pressure and density of suspension

Changed reaction parameter	Product	Total yield (wt.%)	Mineral composition (wt.%)
			PL – plagioclase; QTZ – quartz; CC – calcite; OC – other components; AF – amorphous phase
SL	Input	–	PL 61.8; QTZ 24.8; CC 0.9; OC 6.2; AF 6.3
	Cake	–	Plagioclase, quartz, amorphous phase
1	Filtrate	+0.84	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
3	Filtrate	+0.80	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
6	Filtrate	+0.80	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
12	Filtrate	+0.62	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
24	Filtrate	+0.74	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
Changed CO_2 pressures (2, 4, 6, 8, 10 MPa) at 1 hour lasting reactions and suspension density 156 g/l			
	Cake	–	Plagioclase, quartz, amorphous phase
2	Filtrate	+0.34	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
4	Filtrate	+0.32	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
6	Filtrate	+0.30	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
8	Filtrate	+0.52	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
10	Filtrate	+0.66	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
Changed suspension density (156, 230, 297 and 368 g/l) at 1 hour lasting reactions and CO_2 pressures 6 MPa			
	Cake	–	Plagioclase, quartz, amorphous phase
156	Filtrate	+0.24	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
230	Filtrate	+0.48	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
297	Filtrate	+0.31	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?
368	Filtrate	+0.20	Aragonite, calcite, AF, kutnahorite?

Note: OC – other components (Si, Al, Fe, ... oxides)

Tab. 17
Chemical and mineral composition of divided carbonatization products of the andesite sample **SL** obtained at carbonatization parameters: **22 °C, 6 MPa, 230 g/l, 400 rpm** and **3 hours** lasting reaction

Chemical composition of **filtration cake – K** (wt.%)							
SL	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+0.60 %	58.3	18.5	6.93	3.09	7.48	2.84	0.71
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
0.08	1.14	3.0	0.09	0.0020	0.23	0.52	<0.01
Chemical composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
SL	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	TiO_2
+0.60 %	5.35	0.22	8.66	0.72	40.5	5.73	<0.01
MnO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	SO_3	Ign. loss	CO_2
1.56	0.11	0.3	<0.01	0.0979	1.61	36.0	31.3
Mineral composition of the **filtration cake – K** (wt.%)							
plagioclase		quartz		amorphous phase		other unspecified components	
Mineral composition of the **product from filtrate – F** (wt.%)							
aragonite + calcite		71.1		amorphous phase		28.9	

Note: AF – amorphous phase formed by Si, Fe, ... oxides

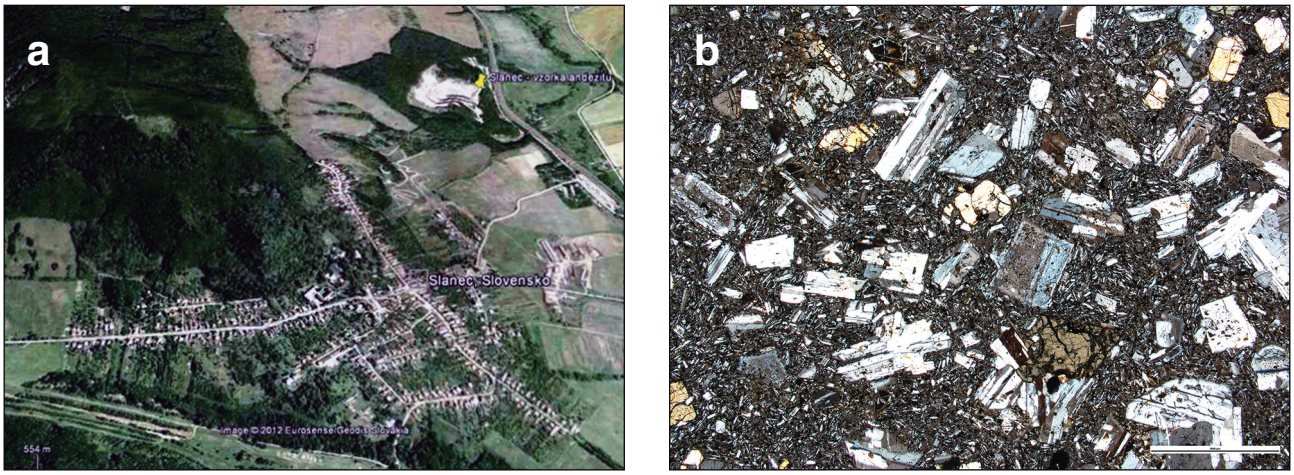


Fig. 22. a – Location of the pyroxenic andesite quarry (sampling site of the SL sample) ca 500 m NNE of the Slanec village center; **b** – Microphotograph of studied pyroxenic andesite with dominating pyroxene, plagioclase and olivine phenocrysts in the fine-grained matrix. Width of view 4.6 mm. Orthophotomap (a) is from Google Earth.

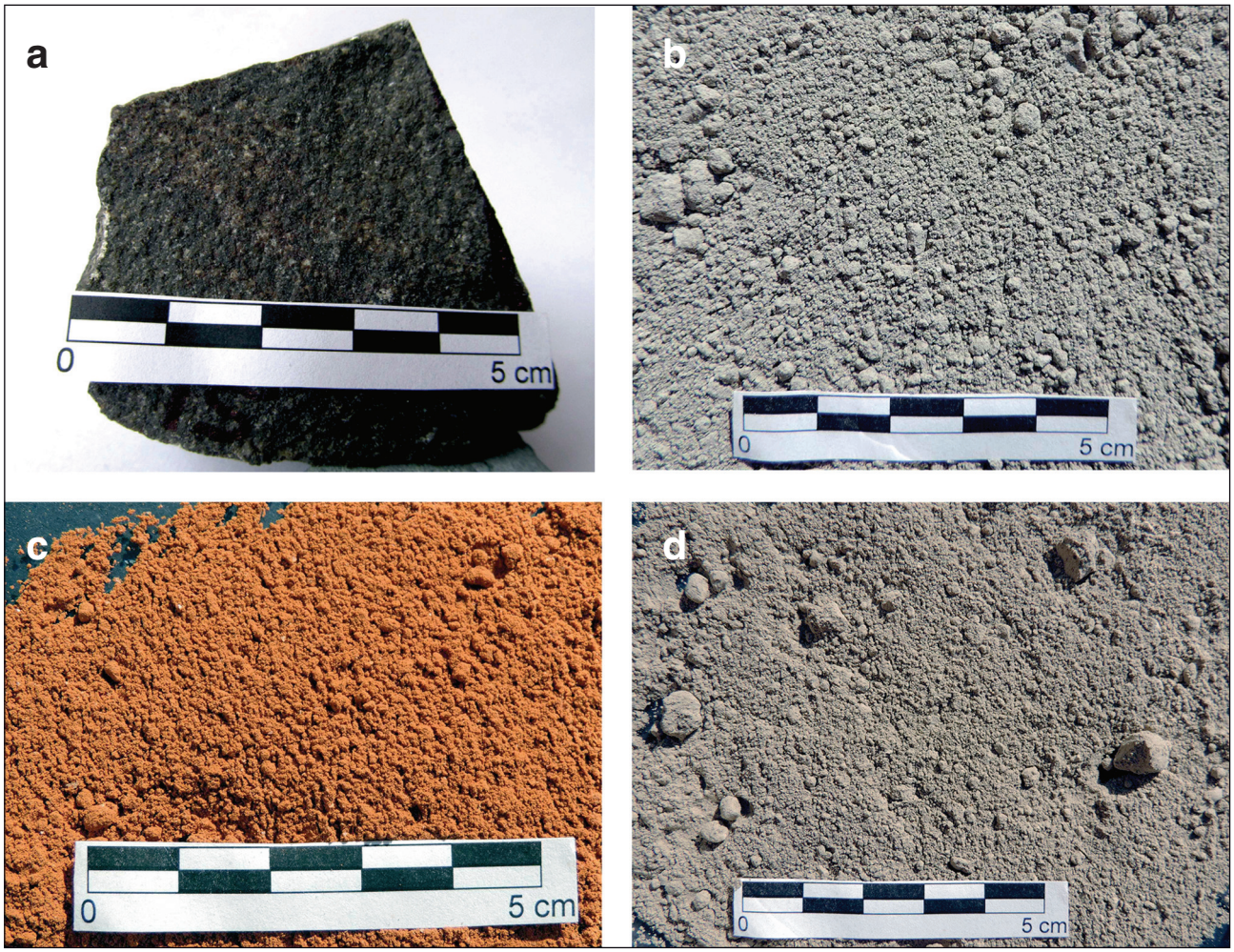


Fig. 23. Pyroxenic andesite SL: **a** – rock-sample; **b** – input grist <0.5 mm; **c –** filtrate after carbonatization; **d** – filtration cake.

In their lattices 18.2 % of CO_2 was bound with very low increase of the weight yield of compound product +0.4 %. The liquidation of 1 tonne of CO_2 by the chlorite schists of the sample GE type requires 24.258 tonnes of amorphized material of the sample **GE.**

The necessary chemical compounds of appropriate input minerals in tested rock types can be deliberated by intensive milling, reaching their amorphization, but it is unviable due to the huge quantities of necessary rocks for liquidation of 1 tonne of CO_2 – from 5.031 tonnes **(GPA)** up to 24.258 tonnes **(GE).**

Conclusions

The possibilities of permanent liquidation of CO_2 by artificial carbonatization were tested applying one industrial waste (chromium-magnesium brick) sample, and four rock samples. Their carbonatization conditions are stated in Table 19. Tested materials contain minerals with Ca, Mg, resp. Fe^{2+} components, which at appropriate temperature--pressure-time conditions are suitable to liquidate CO_2 binding it to lattice of newly formed carbonates.

In the case of the sample of chromium-magnesium waste **(MT)** the sum of CaO, MgO and FeO components is up to ca 81 %. In rock samples the sum of Ca, Mg and Fe^{2+} oxides was in the range from ca 6 % **(GE)** up to ca 25 % **(GP):** GP – 22.4 % MgO, NK1 – 7.57 % MgO, GE – 4.46 % FeO and SL – 7.71 % CaO (Tab. 1). Mg component was present prevailingly in talc **(GP)** and chlorite **(GP, NK1, GE),** Ca component prevailingly in plagioclase **(NK1, SL)** and Fe^{2+}, resp. Ca component prevailingly in amphibole structure **(NK1).**

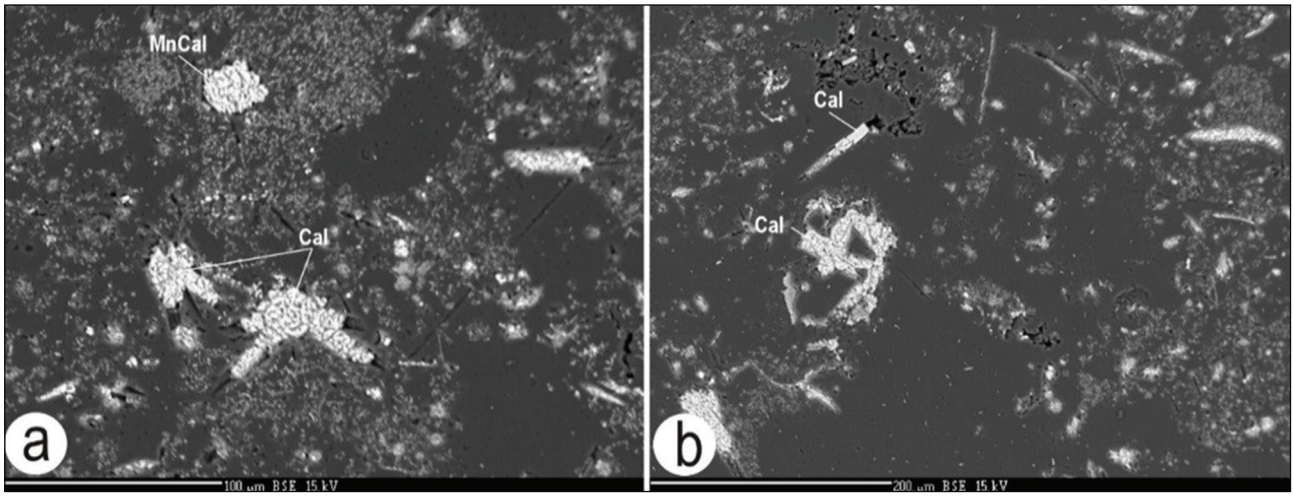


Fig. 24. a–b – Mineral composition of the andesite sample SL artificial carbonatization product. Cal – calcite; Dol – dolomite; MnCal – Mn calcite. BSE image.

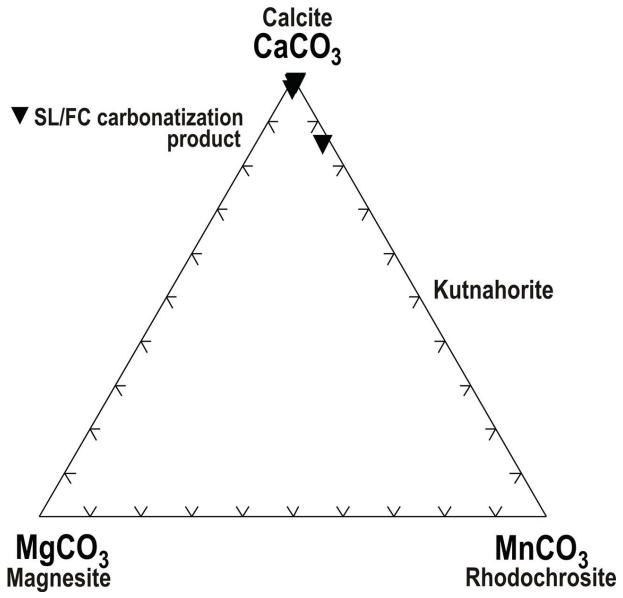


Fig. 25. Chemical classification of calcite and Mn calcite, being the products of artificial carbonatization of the andesite sample SL.

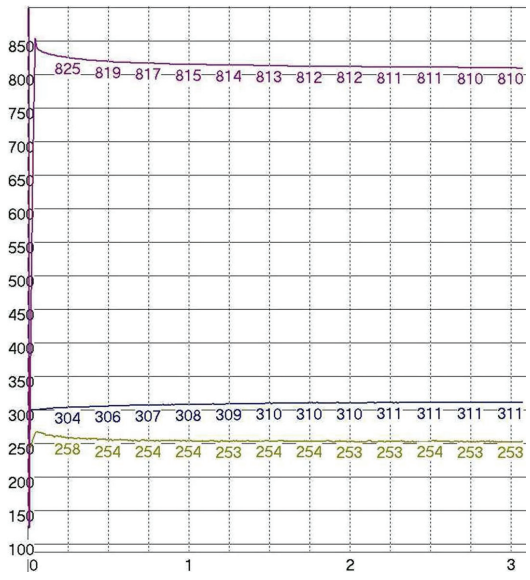


Fig. 26. Curve of pressure (psi, upper curve), stirrer rotation (rpm, middle curve) and temperature (°C, lower curve) during 3 hour carbonatization of the sample **SL,** applying CO_2 with the purity 99.9 %.

The **MT** sample has a high carbonatization potential (Tab. 19), being expressed by a high content of MgO (78.3 %). The strongly alkaline reaction of input suspension of the sample MT (pH ~ 9.5 to 11.0) was lowered by the reaction to pH ~ 7.5.

In the waste sample **MT** with the Mg component from input reacted with CO_2 to hydromagnesite with relatively high conversion rate – 83.2 %, and a new carbonate product with contents of 73.5 % of hydromagnesite and 1.1 % of $CaCO_3$ (together 74.6 %), can bound 28.2 % of CO_2. **For liquidation of 1 tonne of CO_2 there is a need of 1.757 tonne of MT sample material,** which is the better result than was obtained at previous research applying serpentinite (metaperidotite) rock (Radvanec et al., 2008, 2013; Tuček et al., 2013). The positive fact is that the sample suspension after carbonatization had pH ~ 7.5. When comparing these result with those of tested rocks **GP, NK1, GE** and **SL** (Tab. 18), all samples have certain carbonatization potential, though worse than in the case of waste sample **MT.**

Conclusion and suggestions

The most significant contribution of tested methodology is the revealing and defining the optimum carbonatization conditions in the case of **MT** sample and proving of crystallization of new carbonates in the case of samples **GP, NK1, GE** and **SL,** leading to stable liquidation of CO_2 by artificial carbonatization, applying the **industrial waste as well as the natural materials** in laboratory conditions. After carbonatization, CO_2 remains permanently and safely bound in new products, in which the newly formed carbonates (prevailingly hydromagnesite, calcite and aragonite) thermodynamically stabilize CO_2 and allow its permanent deposition. Concerning the input materials for carbonatization, these should be inexpensive, and their

Tab. 18
Summary of carbonatization results of the samples of four rock types

Locality	Gemerská Poloma	Nižný Klátov	Gelnica	Slanec
Sample designation	**GP (GPA*)**	**NK1**	**GE**	**SL**
Lithotype	Talc-chlorite schist	Metabasic rock	Chlorite schist	Pyroxenic andesite
Minerals appropriate for carbonatization	Talc, chlorite	Amphibole, chlorite, plagioclase	Chlorite	Plagioclase, Mg-Ca amorphous phase
pH of suspension – input	~7 (~9.5*)	~7	~6.5	~7
CaO total content (%)	0.39	6.33	0.16	7.71
Content of free CaO (%)	0.39	4.56	0.16	7.17
MgO total content (%)	22.40	7.57	1.59	2.73
FeO content (%)	1.90	5.82	4.46	2.80
Maximum theoretical increase of undivided carbonatization products	+29.90 %	+13.60 %	+4.84 %	+10.94 %
Real increase of undivided carbonatization product – proved conditions	+5.44 %*	+1.30 %	+0.40 %	+0.60 %
Theoretical amount of sample material (t) per 1 t of CO_2	5.031*	9.806	24.258	10.267
Grain-size of input	beneath 0.5 mm	beneath 0.5 mm	beneath 0.5 mm	beneath 0.5 mm
Input CO_2 pressure (MPa)	6	6	6	6
Duration of reaction with CO_2 (hour)	3	3	3	3
Temperature of suspension (°C)	22	22	22	22
Stirrer rotation (rpm)	400	400	400	400
Suspension density (g/l)	156	156	156	230
pH of suspension after carbonatization	~7 (~8*)	~7.5	~6.5	~7
$CaCO_3$ content (wt.%)	–	86.6	41.4	71.1
Hydromagnesite content (wt.%)	86.6*	–	–	–
Content of all carbonates (wt.%)	86.6*	86.6	41.4**	71.1
CO_2 content (wt.%)	32.6*	38.1	18.2	31.3
Increase of CO_2 content in comparison with input (wt.% and multiplication)	+32.53* 465.7 x*	+36.71 27.4 x	+18.04 113.8 x	+36.71 74.5 x

Note: *Amorphous state of the grist of sample GP (GPA) was reached by milling; **manganocalcite (+kutnahorite)

source should be present closely to the facility producing CO_2 emissions (metallurgical plant, power plant, etc.). Positive is also revealing the exothermic character of the reaction with CO_2, so the heat produced by carbonatization reaction can be meaningfully used.

The **MT** grist suspensions had before carbonatization highly alkaline reaction – pH around 9.5–11, but carbonatization lowered this value to 7.5 (standard waste). Study of the hydromagnesite thermic stability has demonstrated that hydromagnesite is safe and stable medium for deposition of CO_2 in temperatures up to 300 °C (Teir, 2008). The products prepared from the MT waste sample contained ca 75 % of hydromagnesite. Simultaneously the precipitated hydromagnesite can be used e.g. as a semi-product for the production of chemically pure Mg compounds, as well the inorganic white filling to colours, paper, cements, and potentially it can be used also in other industrial branches like rubber industry, cosmetics and pharmacy (medicaments).

Table 19 comprendiously states the conditions of mineral sequestration of CO_2 at final demonstrative tests applying **rock samples GP, NK1, GE** and **SL:** grain-size <0.5 mm, input CO_2 pressure 6 MPa, duration of reaction 3.0 hours, temperature of suspension 22 ˚C, stirrer rotation 400 rpm and suspension density 156 to 230 g/l. New Ca (Mn)--Mg carbonatization products of the rock samples with carbonates contents 41.4–86.6 % had in their structure fixed 18.2–38.1 % CO_2. The conversions of given oxides due to their input into the lattice of carbonate minerals were very low, which is documented also by very low increase of the weight yield of products 0.40–5.44 % (for the sample of chromium-magnesium waste it was 69.28 %). For the process of CO_2 sequestration it is really necessary to apply **5.031–24.258 tonnes** of tested four rocks with input minerals in amorphous state for 1 tonne of CO_2, which is, concerning the expense for the whole process of mineral sequestration of CO_2 uneconomic. Suspensions of samples after the carbonatization have manifested pH around 6.5 to 8.

The above presented results we suggest in the future research (mainly for waste materials):

– use the carbonatization method for resolving the deposition of waste materials with harmful parameters, changing their physical-chemical parameters (e.g. asbestos-cement waste, waste after the thermic modification of carbonatic raw materials, etc.) applying internationally accepted test TCLP (toxicity characteristics leaching procedure), including the detection of their amounts, production and use in recycling processes;

– from the viewpoint of urgent problem related to the lack of some critical raw materials in European Union there is possible to use the carbonatization method mainly of the waste materials for preparation of enriched products usable in various industrial branches (saving of raw material sources) according to lately defined CCU (Carbon Capture utilization) conception, i.e. using the CO_2 mineral sequestration for preparation of new products;

– regarding the unreacted remains (solid remnants after

Tab. 19
Carbonatization at optimum conditions (**MT** sample) and tests for providing newly crystallized carbonates, products of carbonatization reaction with CO_2 in the case of four lithological samples (**GP, NK1, GE** and **SL**)

Locality	Jelšava	Gemerská Poloma	Nižný Klátov	Gelnica	Slanec
Sample designation	**MT**	**GP (GPA*)**	**NK1**	**GE**	**SL**
pH of suspension – input	~10	~7 (~9.5*)	~7	~6.5	~7
CaO+MgO content (%)	80.39	22.79	13.90	1.75	10.44
Free CaO content (%)	1.67	0.39	4.56	0.16	7.17
FeO content (%)	–	1.90	5.82	4.46	2.80
Real increase of carbonatic product	+69.28 %	+5.44 %*	+1.30 %	+0.40 %	+0.60 %
Theoretical amount of sample t/1 t CO_2	1.757	5.031*	9.806	24.258	10.267
Conversion of Ca, Mg, Fe^{2+} component	83.2 %	–	–	–	–
Optimum conditions of CO_2 mineral sequestration (carbonatization) applying the high-pressure reactor					
Grain-size of input material	below 0.1 mm	below 0.5 mm	below 0.5 mm	below 0.5 mm	below 0.5 mm
Input pressure CO_2 (MPa)	7	6	6	6	6
Duration of reactions with CO_2 (hour)	2.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Suspension temperature (°C)	22	22	22	22	22
Stirrer rotation (rpm)	400	400	400	400	400
Suspension density (g/l)	159	156	156	156	230
Final carbonatized products					
pH of suspension after carbonatization	~7.5	~7 (~8**)	~7.5	~6.5	~7
Total content of carbonates (wt.%)	**74.6***	86.6**	86.6	41.4***	71.1
Content of CO_2 (wt.%)	**28.2***	32.6**	38.1	18.2	31.3

Note: ***joint carbonate products;** **intensive milling of the sample GP produced amorphous material (GPA); ***manganocalcite (+kutnahorite)

the waste carbonatization), there is necessary to monitor such elements in remains that are supposed as critical according to EU classification and focus further activities on methodology of their obtaining from appropriate remains after the waste carbonatization.

Finally we can conclude that use of the results of CO_2 sequestration by carbonatization can in the future contribute to four positive results for the environment and economy:

(1) lowering the amount of industrial CO_2 emitted to atmosphere, (2) lowering amounts and change of parameters of waste materials, (3) saving raw material sources for preparation of products usable in industry and (4) effective protection of the environment.

Acknowledgements. Authors express their thanks to Ministry of Environment of the Slovak Republic for financing the research in the project "Determination of optimum conditions for permanent disposal of CO_2 by the method of mineral sequestration", which has brought a new valuable data for environmental protection and geosciences.

References

Čechovská, K., Tuček, Ľ., Radvanec, M., Németh, Z. & Derco, J., 2013: Determination of optimum conditions for permanent disposal of CO_2 by the method of mineral sequestration. Final Report. *Archives of the State Geological Institute of Dionýz Štúr, Bratislava.*

Grecula, P. (ed.), Kobulský, J., Gazdačko, Ľ., Németh, Z., Hraško, Ľ., Novotný, L. & Maglay, J., 2009: Geological map of the Spiš-Gemer Ore Mts. 1 : 50 000. *State Geological Institute of Dionýz Štúr, Bratislava.*

Kaličiak, M. (ed.), Baňacký, V., Janočko, J., Karoli, S., Petro, Ľ., Spišák, Z., Vozár, J. & Žec, B., 1996: Geological map of the Slanské vrchy Hills and Košická kotlina Depression – southern part – 1 : 50 000. *Geological Survey of Slovak Republic, Bratislava.*

Němec, J., 2011: Limiting of CO_2 emissions from energetic processes. *Uhlí a Rudy, 18, 2, 14 – 17. (In Czech.)*

Németh, Z., Radvanec, M., Gazdačko, Ľ. & Kobulský, J., 2012: Variscan tectonic setting vs. Alpine overprint in Gemericum (Inner Western Carpathians): Their role in the recent distribution of tectonic units in the eastern part of the territory as expressed in significant localities. *Miner. Slov., 44, 1, Geovest., 8 – 15.*

Radvanec, M., Konečný, P., Németh, Z. & Grecula, P., 2007: P-T-t path and local anatectic melting of the Lower Paleozoic metapelite with the admixture of psammitic quartz in Variscan metamorphism in Gemericum. *Miner. Slov., 39, 1, 1 – 44.*

Radvanec, M., Tuček, Ľ., Čechovská, K., Derco, J. & Kucharič, L., 2008: Permanent disposal of CO_2 industrial emission via artificial carbonatization of metaperidotite, metawehrlite and metawebsterite. *Slovak Geol. Mag., 53 – 65.*

Radvanec, M., Tuček, Ľ., Čechovská, K., Derco, J. & Németh, Z., 2013: Change of carcinogenic fibers in the asbestos cement (eternit) to harmless waste by artificial carbonatization: Petrological and technological results. *Journal of Hazardous Materials, 252 – 253, 390 – 400.*

Radvanec, M., 2013: Petrological study of CO_2 industrial emission bonding in minerals via artificial carbonatization of metaperidotite. *In: Kucharič, Ľ. (ed.): Potential, capacities estimation and legislation for CO_2 storage in the geological formations of the Slovak Republic. Slovak Geol. Mag., 101 – 110.*

Sipilä, J., Teir, S. & Zevenhoven, R., 2008: Carbon dioxide sequestration by mineral carbonation: Literature review update 2005–2007, Report 2008-1, Abo Akademis Tryckeri, Finland, 1 – 52.

Teir, S., 2008: Fixation of carbon dioxide by producing carbonates from minerals and steelmaking slags. Helsinki University of Technology, Faculty of Engineering and Architecture, TKK Dissertations 119, Espoo 2008.

Tuček, Ľ., Čechovská, K., Derco, J., Németh, Z., Radvanec, M. & Kucharič, L., 2008: CO_2 sequestration by carbonatization: Origin of new stable products using serpentinite and their potential use in industry. *Slovak Geol. Mag., 67 – 72.*

Tuček, Ľ., Čechovská, K., Derco, J., Németh, Z., Radvanec, M., Kucharič, Ľ. & Antal, B., 2010: Synthesizing carbonates with added value for industrial use from the former industrial waste applying methodology of CO_2 mineral sequestration. *In: Chatzipetros, A., Melfos, V., Marchev, P. & Lakova, I. (eds.): XIX Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Thessaloniki, Greece, 23–26 September 2010. Abstracts volume. Geological Balcanica, 39, 1 – 2, 402 – 403.*

Tuček, Ľ., Radvanec, M., Derco, J., Čechovská, K., Németh, Z. & Šťastný, P., 2011a: Stabilization of the fly ash emission after the combustion of black coal by the reaction with H_2O and CO_2: The temperature and pressure conditions and time duration of artificial carbonatization in the experimental study. *Miner. Slov., 43, 2, 83 – 94.*

Tuček, Ľ., Radvanec, M., Derco, J., Čechovská, K., Németh, Z., Šťastný, P., Nejedlík, P. & Hraško, Ľ., 2011b: Carbon dioxide capture in the industrial waste materials. *Proceedings from 19th International Congress of Biometeorology, 4–8 December 2011, University of Auckland, New Zealand.*

Tuček, Ľ., Čechovská, K., Derco, J. & Németh, Z., 2013: Mineral sequestration of carbon dioxide in a way of carbonatization. *In: Kucharič, Ľ. (ed.): Potential, capacities estimation and legislation for CO_2 storage in the geological formations of the Slovak Republic. Slovak Geol. Mag., 75 – 100.*

Turianicová, E., Baláž, P., Tuček, Ľ., Zorkovská, A., Zeleňák, V., Németh, Z., Šatka, A. & Kováč, J., 2013: A comparison of the reactivity of activated and non-activated olivine with CO_2. *Int. J. Mineral Processing, 123, 73 – 77.*

www.CO2Now.org, 20. 11. 2014

Received 1. 12. 2014
Accepted for publishing 15. 12. 2014

Mineralia Slovaca, 46 (2014), 117 – 126
Web ISSN 1338-3523, ISSN 0369-2086

Charakteristika geogénneho a antropogénneho pôvodu potenciálne toxických stopových prvkov vo vybratých riečnych sedimentoch Slovenska na základe geochemického a mineralogického hodnotenia

ALEXANDRA PAŽICKÁ[1, 2], JANA BRČEKOVÁ[2], TOMÁŠ KLIMKO[3], ĽUBOMÍR JURKOVIČ[2], KATARÍNA PEŤKOVÁ[2], JOZEF KORDÍK[1] a IGOR SLANINKA[1]

[1]Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava
[2]Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava
[3]VŠB – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut environmentálního inženýrství, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika

Characteristics of geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic trace elements in selected stream sediments of Slovakia based on geochemical and mineralogical evaluation

Chemical analyses of the Malý Dunaj-Kolárovo, Hron-Sliač, and Nitra-Chalmová stream sediments showed higher content of selected potentially toxic trace elements (PTTE, As, Sb, Hg, Cu, Pb) in comparison with the background concentrations. X-ray diffraction analyses and ore microscopy were used to evaluate the mineralogical composition of sampled stream sediments. A 4-hour 1M HCl extraction was used to identify the mobile fraction of selected potentially toxic trace elements.These methods allowed to determine the origin (geogenic vs. anthropogenic) of these elements. The results show that Malý Dunaj sediments are mostly affected by the anthropogenic sources of contamination – agriculture, viticulture, and industry within the watershed. Stream sediments of the Hron river are greatly influenced by the source area geological setting (Neogene volcanics, deposits in the Low Tatra Mts.). Anthropogenic inputs are also present, especially for Hg (paper mills in Brezno and Harmanec municipalities). Heavy minerals identified in Nitra-Chalmová suggest naturally higher concentrations of Cu and Pb. Significant As and Hg contamination is caused mainly by the human activities. The main sources of As seem to be the coal ash impoundments in Zemianske Kostoľany and Chalmová, important Hg source is derived from the Novácke chemické závody, Comp.

Key words: stream sediments, Malý Dunaj, Hron, Nitra, potentially toxic trace elements

Úvod

Riečne sedimenty z geochemického hľadiska predstavujú najjemnejšiu časť aktívnych sedimentov s tesným kontaktom s vodou povrchového toku. Svojím zložením reprezentujú častice z hornín alebo biologických materiálov znosovej oblasti (Bodiš a Rapant, 1998). Keďže ako jemnozrnný materiál dobre adsorbujú látky, predstavujú z hľadiska hodnotenia životného prostredia dôležité médium, ktoré odráža informáciu (časovo stabilnejšiu ako samotná voda) o stave okolitého vodného, geologického a pôdneho prostredia, resp. o jeho antropogénnom znečistení.

Za bežných podmienok dochádza v sedimentoch povrchových tokov k akumulácii potenciálne toxických stopových prvkov (PTSP), avšak pri zmene podmienok geochemického prostredia môže dôjsť k ich spätnému uvoľňovaniu do roztoku (Rauret, 1997). Sediment so zvýšeným obsahom PTSP sa tak stáva zdrojom znečistenia a predstavuje potenciálne riziko pre ostatné zložky životného prostredia.

PTSP sú prvky geogénneho alebo antropogénneho pôvodu, ktoré môžu mať od určitej koncentrácie toxické účinky na živé organizmy, sú za určitých podmienok mobilné, môžu sa bioakumulovať a pretrvávať v prostredí (Čurlík, 2011). Správanie jednotlivých stopových prvkov nie je v prostredí sedimentu rovnaké. Všeobecne pre väčšinu PTSP platí, že sa dobre adsorbujú na ílové minerály, ktoré sú charakteristické veľkým špecifickým povrchom, a teda aj sorpčnou kapacitou, niektoré PTSP (napr. Hg) preukazujú vysokú afinitu k organickej hmote (Alloway, 1990; Alloway a Ayres, 1993; Kabata-Pendias a Pendias, 2001).

Mobilita rizikových prvkov nezávisí len od faktorov prostredia, ale aj od formy, v akej sú v sedimentoch prítomné. Všeobecne PTSP geogénneho pôvodu prítomné v kryštálovej mriežke minerálov sú menej mobilné ako prvky sekundárne sorbované z vodného prostredia (Maiz et al., 1997; Li et al., 2001). Okrem celkového obsahu prvkov je preto dôležité poznať aj spôsob ich väzby v riečnom sedimente a mieru rizika ich uvoľnenia do vodného prostredia. Na tieto účely je nevyhnutné realizovať podrobný mineralogický výskum prítomných

pevných fáz a súčasne experimentálny geochemický výskum zameraný na definovanie miery mobilizácie PTSP z riečnych sedimentov.

Mineralogický výskum poskytuje dôležitý podklad k poznaniu charakteru riečneho sedimentu. Vysoký podiel ťažkých minerálov v pevnej fáze riečneho sedimentu umožňuje predpokladať, že vyšší obsah PTSP má prirodzený pôvod a vyskytuje sa v stabilnej forme s nižšou mierou mobilizácie. Takéto sedimenty predstavujú pre vodné prostredie nižšie riziko ako sedimenty s rovnakým obsahom PTSP, ktoré sú prítomné v adsorbovanej forme na pevné fázy sedimentu, a teda sa ľahšie spätne uvoľnia do vodného prostredia. Extrakčné experimenty v laboratórnych podmienkach imitujú zmenu podmienok v prostredí a pomáhajú predpovedať riziko mobilizácie PTSP z pevných fáz sedimentov (Quevauviller, 2002; Piatak et al., 2007).

Monitorovanie riečnych sedimentov v rámci Čiastkového monitorovacieho systému geologických faktorov (Kordík et al., 2011) preukázal na viacerých odberných miestach monitorovacej siete zvýšený obsah PTSP v porovnaní s fónovými hodnotami udávanými v Geochemickom atlase SR (Bodiš a Rapant, 1999), prípadne s nariadenými limitmi (MP SR, 1994). Z nich boli na účely ďalšieho výskumu vybraté tri lokality s rôznymi geologickými vlastnosťami znosovej oblasti a rôznym charakterom a stupňom antropogénneho zaťaženia vody povrchového toku. Ide o riečne sedimenty toku Malý Dunaj v Kolárove, toku Hron v Sliači a toku Nitra pod obcou Chalmová.

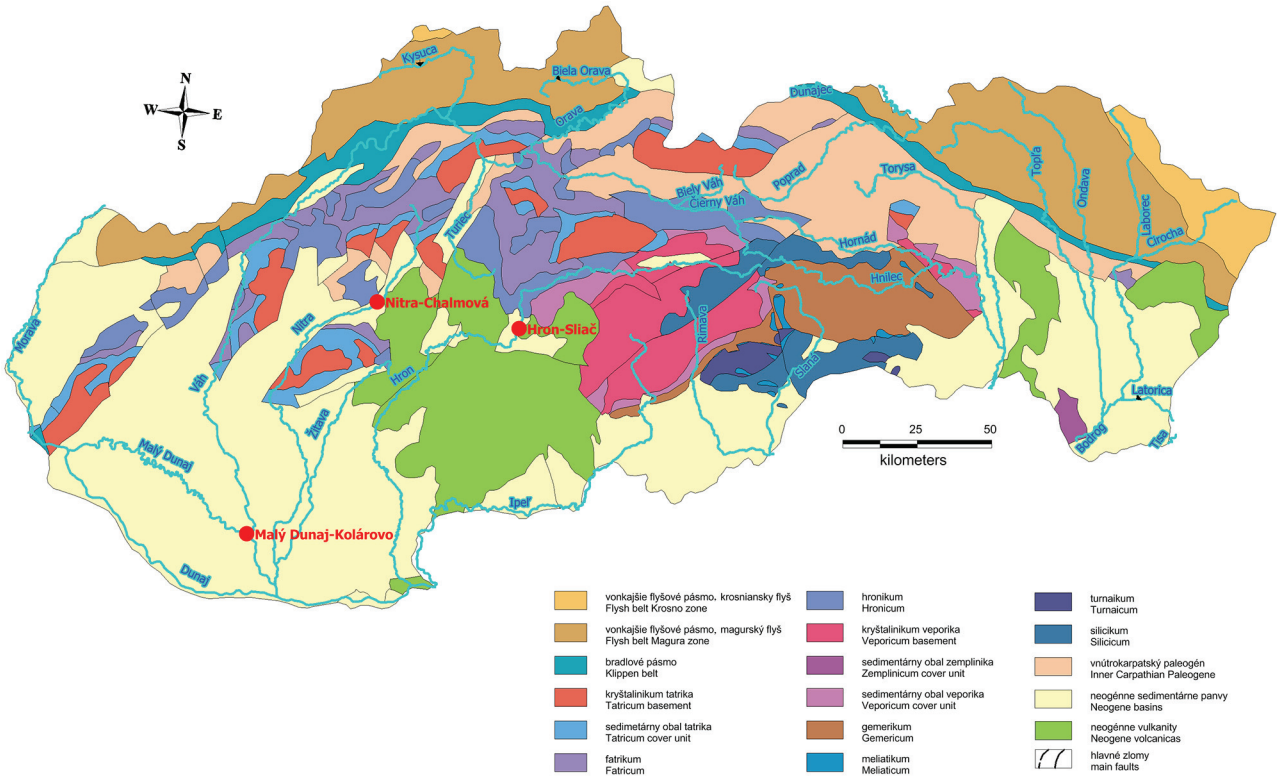
Cieľom práce je na základe geochemického a mineralogického zhodnotenia riečnych sedimentov vo vybratých modelových lokalitách charakterizovať geogénny, resp. antropogénny pôvod zvýšeného obsahu vybratých potenciálne toxických stopových prvkov (As, Sb, Hg, Cu, Pb).

Vybraté modelové lokality

Malý Dunaj-Kolárovo

Malý Dunaj sa od hlavného toku Dunaja oddeľuje v Bratislave. Preteká neogénnymi sedimentmi Podunajskej nížiny. Okrem dunajských vôd však odvádza aj vody z juhovýchodných svahov Malých Karpát, jeho najväčším prítokom je Čierna voda. Riečne sedimenty sú tak geogénne ovplyvnené aj horninami tohto jadrového pohoria a prípadným zrudnením v znosovej oblasti prítokov Malého Dunaja.

Antropogénne sú vody a riečne sedimenty Malého Dunaja ovplyvnené intenzívnou poľnohospodárskou činnosťou a vinohradníctvom – používaním hnojív a pesticídov (Ďuričková et al., 2010). K významným zdrojom priemyselného znečistenia patria priemyselné odpadové vody z Peugeot Citroen Slovakia, s. r. o., Trnava (automobilové závody), Comax TT, a. s., v Trnave (výrobca plechových výliskov a špeciálneho náradia pre automobilový priemysel), Chemolak, a. s., Smolenice (výrobca náterových hmôt, lepidiel a riedidiel), Mraziarne,



Obr. 1. Schematická geologická mapa (1 : 5 000 000) s vyznačenými miestami odberu vzoriek.

Fig. 1. Schematic geological map (1 : 5 000 000) with locations of sampling sites.

a. s., Sládkovičovo, Enviral, a. s., Leopoldov (výrobca palivových liehovín) a mliekareň Euromilk, a. s., Veľký Meder. Kvalitatívne na vody a sedimenty vplývajú aj komunálne odpadové vody z ČOV miest Bratislava, Pezinok, Senec, Modra, Piešťany, Dunajská Streda a Šaľa (SHMÚ, 2009). Keďže ide o rameno Dunaja, treba brať do úvahy aj antropogénny vplyv z časti povodia Dunaja nad Bratislavou.

Hron-Sliač

Hron pramení nad obcou Telgárt. Z geogénneho hľadiska na mineralogické a chemické zloženie jeho sedimentov vplýva najmä geologická stavba Nízkych Tatier. Z pohľadu potenciálne toxických stopových prvkov prítomných v ťažkých mineráloch je to najmä Sb-Au zrudnenie v kryštaliniku, reprezentované ložiskom v Medzibrode (Chovan et al., 2010; Petrák et al., 2011), a Cu zrudnenie v okolí Starých Hôr a Španej doliny (Michňová a Ozdín, 2010; Števko et al., 2013).

K antropogénnym znečisťovateľom Hrona patria najmä odpadové vody z výroby rafinovaných ropných produktov v podniku Petrochema, a. s., v Nemeckej, strojárska a papierenská výroba v Brezne a železiarne v Podbrezovej. Prítoky Hrona (Čierny Hron, Bystrianka a Jaseniansky potok) prinášajú odpadové vody zo zlievarní v Hronci. Prítok Bystrica prináša do Hrona priemyselné vody z Harmaneckých papierní. Okrem priemyselných zdrojov treba zohľadňovať aj odpadové vody z verejnej kanalizácie Banskej Bystrice (SHMÚ, 2009).

Nitra-Chalmová

Znosovou oblasťou horného toku Nitry sú Malá Fatra, Žiar, Strážovské vrchy a Vtáčnik, ktoré vplývajú na prirodzené zloženie riečnych sedimentov. V Handlovsko-nováckej panve (stredná časť Hornonitrianskej kotliny) sa nachádza najvýznamnejšie hnedouhoľné ložisko v Slovenskej republike. Uhlie z tejto oblasti je charakteristické vysokým obsahom arzénu (Špaldon a Turčániová, 1998). Do vôd Nitry sa však dostáva skôr antropogénnou cestou súvisiacou so spracovaním uhlia a odkaliskami s produktmi po spaľovaní. Ďalšou cestou šírenia arzénu sú emisie vznikajúce počas spaľovania uhlia v tepelnej elektrárni SE a ENO a v domácnostiach. Počas uplynulých desaťročí bol spadom kontaminovaný pôdny horizont. Povrchovými splachmi môže pôda so zvýšeným obsahom arzénu ďalej kontaminovať vody a sedimenty rieky Nitra v danej oblasti (Bodiš et al., 2006).

Ľudská činnosť v povodí rieky Nitra má výrazný vplyv na kvalitu jej vôd. Nitra sa radí medzi najviac znečistené rieky v strednej Európe (Jánová a Panenka, 2010). K najvýznamnejším zdrojom znečistenia horného úseku rieky Nitra patria Hornonitrianske bane Prievidza, a. s., bane v Handlovej a Novákoch, tepelná elektráreň SE, a. s., ENO Zemianske Kostoľany a odkaliská v Zemianskych Kostoľanoch a Chalmovej (Jurkovič et al., 2008; Jurkovič et al., 2011; Peťková et al., 2011). Z iných odvetví sú to hlavne Novácke chemické závody, a. s., Nováky s výrobou plastov a ťažkej chémie, v Bošanoch závod na spracovanie kože ZDA Holding Slovakia (Výboch a Földesová, 2003; SHMÚ, 2009).

Materiál a metódy

Vzorky z vybratých troch lokalít – Malý Dunaj-Kolárovo, Nitra-Chalmová a Hron-Sliač – boli odobraté v rámci monitoringu riečnych sedimentov ŠGÚDŠ za rok 2010 (Kordík et al., 2011). Odber jemnozrnného sedimentu bol realizovaný metódou tzv. zmesnej (asociačnej) vzorky pozdĺž brehu povrchového toku (zvyčajne do 20 m) do obalov z PVC materiálu (MŽP SR, 1999). Vzorka sedimentu rieky Malý Dunaj bola odoberaná v meste Kolárovo pod mostom spájajúcim Kolárovo s Dedinou Mládeže, pred sútokom Malého Dunaja s Váhom. Riečny sediment Nitry bol na účely tejto práce odoberaný pri obci Chalmová pod mostom na pravom brehu rieky.

Na účely stanovenia koncentrácie vybratých PTSP (As, Sb, Hg, Pb, Cu) boli vzorky sušené pri teplote do 35 °C, sitované (veľkosť oka 0,15 mm) a upravené bezoterovou homogenizáciou na frakciu <0,063 mm. Príprava vzoriek a analytické práce boli realizované v akreditovanom laboratóriu GAL ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi. Prvky As, Sb a Hg boli stanovené metódou atómovej absorpčnej spektrometrie. Na stanovenie Cu a Pb bola použitá rtg. fluorescenčná spektrometria.

Na mineralogické účely (optická mikroskopia výbrusov v prechádzajúcom a odrazenom svetle a prášková rtg. difrakčná analýza) boli vzorky sitované pod frakciu 2 mm. Po oddelení časti presitovaného materiálu reprezentujúcej celohorninové vzorky boli zo zvyšného materiálu metódou šlichovania vo vode oddelené ťažké frakcie. Z ťažkých frakcií bola oddelená vzorka s hmotnosťou 1 g na vyhotovenie leštených výbrusov (Laboratórium prípravy horninových preparátov PriF UK, Peter Sečkár). Tie boli študované polarizačným mikroskopom v prechádzajúcom a odrazenom svetle (Olympus BX51, Katedra ložiskovej geológie, PriF UK, Bratislava).

Zvyšná časť obidvoch typov vzoriek (celohorninová vzorka a ťažká frakcia) bola následne achátovaná a zo získaných jemných frakcií boli vytvorené preparáty pre rtg. práškovú difrakčnú analýzu vzoriek. Rtg. prášková difrakčná analýza neorientovaných preparátov bola vykonaná na pracovisku VVC SOLIPHA, PriF UK na prístroji BRUKER D8 Advance v geometrii Theta-2 Theta s Cu antikatódou ($\lambda\alpha_1$ = 1,54060 Å), Ni Kβ filtrami a detektorom LynxEye, pri napätí 40 kV a prúde 40 mA. Krok zaznamenávania intenzity bol 0,01° 2θ pri čase 1 s, meraný rozsah záznamu 4 – 94° 2θ. Rtg. difrakčné záznamy boli najskôr vyhodnotené v programe DIFFRAC^{plus} EVA. Následne bola kvantitatívnou Rietveldovou metódou pomocou programu DIFFRAC^{plus} TOPAS vykonaná semikvantitatívna analýza.

Rtg. difrakčnej analýze orientovaných práškových preparátov predchádzala separácia ílovej frakcie opakovanou dekantáciou 100 g vzorky v sedimentačných valcoch. Následne boli sedimentáciou suspenzie ílu na podložné sklíčka zhotovené orientované preparáty.

Samotná prášková rtg. analýza ílovej frakcie bola vykonaná v laboratóriách Geologického ústavu SAV v Bratislave na difraktomere PHILLIPS PW 1710, pri použití CuKα. Krok zaznamenávania intenzity bol 0,02° 2θ pri čase 2 s, meraný rozsah záznamu 2 – 49° 2θ.

Na účely vykonania extrakcií boli vzorky sitované pod frakciu 1 mm. Na posúdenie mobility bola vybratá jednokroková extrakcia s použitím činidla 1M HCl s časom extrahovania 4 hodiny. Takáto extrakcia by mala zaručiť vylúhovanie prvkov zo všetkých kľúčových nestabilných foriem v sedimente, čiže mobilnej, karbonátovej, redukovateľnej, organickej a čiastočne sulfidickej (amorfné sulfidy) frakcie. Jednokroková extrakcia s použitím 1M HCl je časovo a finančne menej náročná a dosahuje porovnateľné výsledky ako BCR sekvenčná extrakcia (Agemian a Chau, 1976; McCready et al., 2003; Snape et al., 2004; Larner et al., 2008). Na základe porovnania výsledkov extrakcií potenciálne kontaminovaných vzoriek s antropogénne priamo neovplyvnenými vzorkami rovnakého geologického a environmentálneho charakteru (Snape et al., 2004) by obsah vylúhovaných prvkov zo spomínaných frakcií mal reprezentovať antropogénny podiel PTSP v sedimente. Štúdia ukázala (Snape et al., 2004), že štvorhodinová extrakcia zamedzí vylúhovanie kovov prirodzeného geogénneho pôvodu.

Vo výluhoch bola v laboratóriách GAL ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi stanovená asociácia nasledujúcich prvkov: Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Sb, As.

Tab. 1
Chemická analýza riečnych sedimentov modelových lokalít
Chemical analysis of selected stream sediments

Lokalita	MD-K	H-S	N-Ch
Na (%)	0,57	1,14	0,85
K (%)	1,96	1,49	1,26
Mg (%)	1,98	2,3	1,29
Ca (%)	5,61	3,89	8,73
Fe (%)	4,16	3,36	2,99
Mn (%)	0,18	0,08	0,07
Al (%)	6,8	5,39	4,89
As (mg · kg^{-1})	17,5	25,4	24,9
Cd (mg · kg^{-1})	0,5	0,2	<0,1
Co (mg · kg^{-1})	13	14	10
Cr (mg · kg^{-1})	99	55	45
Cu (mg · kg^{-1})	61	102	23
Hg (mg · kg^{-1})	0,52	3,84	11,2
Ni (mg · kg^{-1})	49	20	17
Pb (mg · kg^{-1})	38	78	29
Sb (mg · kg^{-1})	2,4	35,3	1,7
Se (mg · kg^{-1})	0,4	0,2	0,2
Zn (mg · kg^{-1})	273	142	112

MD-K – Malý Dunaj-Kolárovo; H-S – Hron-Sliač; N-Ch – Nitra--Chalmová

Výsledky a diskusia

Obsah vybratých PTSP v hodnotených riečnych sedimentoch

V riečnych sedimentoch bola v rámci monitorovania riečnych sedimentov analyzovaná asociácia hlavných prvkov (Na, K, Mg, Ca, Fe a Mn) stanovených v %

Tab. 2
Minerálne zloženie riečnych sedimentov vybratých lokalít na základe semikvantitatívnej analýzy v programe DIFFRAC^{plus} TOPAS použitím Rietveldovej metódy (hm. %)
Mineral composition of selected stream sediments according to semiquantitative analysis by DIFFRAC^{plus} TOPAS program using the Rietveld method (wt. %)

Minerál	Hron – celk. frakcia	Hron – šlich. frakcia	Malý Dunaj – celk. frakcia	Malý Dunaj – šlich. frakcia	Nitra – celk. frakcia	Nitra – šlich. frakcia
Chlorit (%)	2,57	0,64	1,94	2,65		1,97
Chamosit (%)	2,24	0,56	1,69	2,31		
Klinochlór (%)					1,12	
Kaolinit (%)			0,20			
Illit (%)			54,61		13,81	
Muskovit (%)	18,35	3,44	1,96	32,97		10,05
Albit (%)	14,76	8,49	15,79	40,82	29,37	26,18
Anortit (%)						5,62
Labradorit (%)					10,83	
Ortoklas (%)			2,41	6,50		4,48
Anortoklas (%)		1,87				
Haüyn (%)			0,44			
Kremeň (%)	44,86	50,89	19,88	13,93	43,68	42,55
Kalcit (%)			0,27	0,36		0,27
Dolomit (%)	16,65	6,57	0,21	0,29	0,25	4,69
Alunit (%)		0,52				1,60
Chalkopyrit (%)		0,10			0,95	0,43
Galenit (%)						0,27
Anglesit (%)						0,09
Klinocervantit (%)	0,55	0,09				
Rutil (%)		0,48				
Ilmenit (%)		26,35				
Magnetit (%)						1,81
Goethit (%)			0,60	0,17		

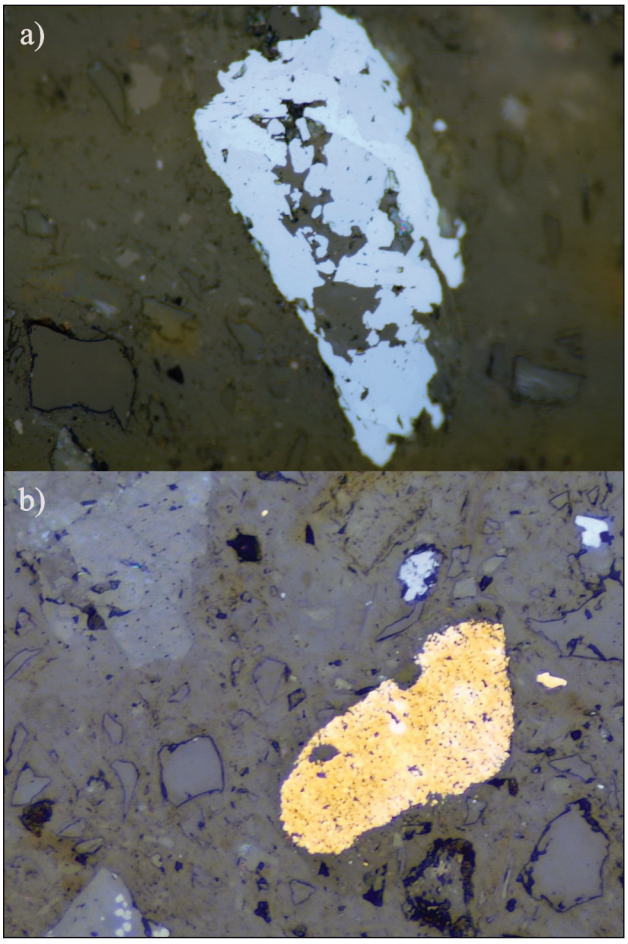
a stopových prvkov (Cr, Cu, Al, Zn, Hg, As, Cd, Ni, Se, Pb a Sb) v mg · kg^{-1}.

Výsledky chemickej analýzy riečnych sedimentov vybratých modelových lokalít (tab. 1) preukázali zvýšenú koncentráciu niektorých z hodnotených stopových prvkov (As, Sb, Hg, Cu, Pb) v porovnaní s fónovými hodnotami (Bodiš a Rapant, 1999) a s nariadenými limitmi (MP SR, 1994). Riečny sediment Malého Dunaja preukazuje najmenšie znečistenie z pohľadu obsahu PTSP. Prekročený bol iba limit A, a to pre prvky Hg a Cu. Vo vzorke Hron-Sliač boli prekročené limity kategórie B (indikujúce silné znečistenie) pre prvky Sb (30 mg · kg^{-1}), Hg (2 mg · kg^{-1}) a Cu (100 mg · kg^{-1}). V lokalite Nitra-Chalmová prekročil obsah Hg dokonca limit kategórie C (10 mg · kg^{-1}), ktorý predpokladá sanačný zásah (MP SR, 1994).

Minerálne zloženie riečnych sedimentov

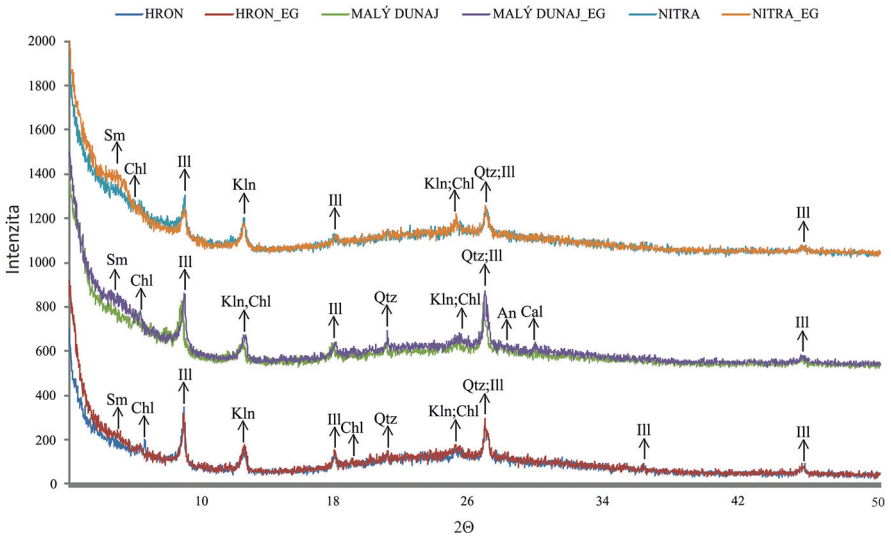
Malý Dunaj-Kolárovo

Semikvantitatívne vyhodnotenie rtg. záznamov neorientovaných preparátov z celkovej frakcie sedimentu preukazuje výraznú prevahu ílových minerálov (58,4 hm. %, tab. 2). Rtg. difrakčná analýza orientovaných ílových preparátov potvrdzuje prítomnosť chloritu, illitu, kaolinitu, anortitu a expandujúcej fázy – ílov smektitovej skupiny (obr. 2). V značnej miere (okolo 20 hm. %) sú v sedimentoch Malého Dunaja zastúpené aj kremeň a živce pochádzajúce z granodioritov Malých Karpát, resp. prinesené vodami Dunaja. Príčinou zvýšenej koncentrácie Sb vo vzorke je Sb-Au zrudnenie v oblasti Perneka a Pezinka v Malých Karpatoch (Chovan et al., 1992; Jašová et al., 2010), aj keď jeho minerály neboli identifikované rtg. difrakčnou práškovou analýzou ani mikroskopiou. V celohorninovej aj ťažkej frakcii bol identifikovaný goethit. Antimón, ako aj ostatné hodnotené PTSP sa v sedimentoch Malého



Obr. 3. Mikroskopická fotografia antimonitu (a) a chalkopyritu (b) identifikovaného vo vzorke riečneho sedimentu Hron-Sliač (odrazené svetlo, // nikoly).

Fig. 3. Stibnite (a) and chalcopyrite (b) identified in the Hron-Sliač stream sediment sample (in reflected light, // nicols).



Obr. 2. Záznam z rtg. práškovej difrakčnej analýzy orientovaných preparátov (Sm – smektit; Chl – chlorit; Ill – illit; Kln – kaolinit; An – anortit; Qtz – kremeň; Cal – kalcit).

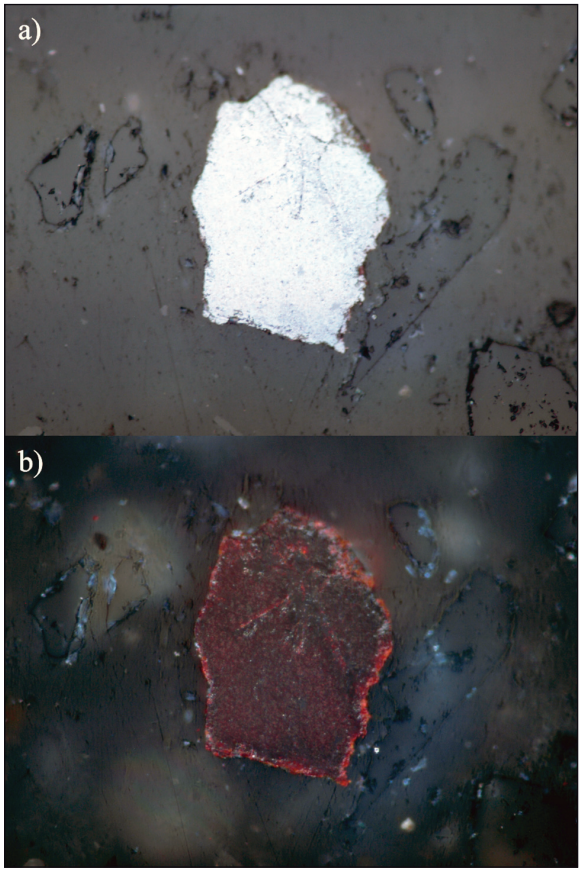
Fig. 2. X-ray powder diffraction analysis of oriented samples (Sm – smectite; Chl – chlorite; Ill – illite; Kln – kaolinite; An – anorthite; Qtz – quartz; Cal – calcite).

Dunaja teda prednostne vyskytujú vo forme sorbovaných iónov na Fe-oxyhydroxidy a na ílové minerály.

Hron-Sliač

Riečne sedimenty v lokalite Hron-Sliač sú výrazne geogénne ovplyvnené geologickou stavbou stredoslovenských neovulkanitov (Pb) a Nízkych Tatier. Na základe vyhodnotenia rtg. záznamov neorientovaných preparátov prevláda v sedimente kremeň (vyše 50 hm. %). Významne zastúpené sú aj živce, karbonáty a sľudy (muskovit). Ílové minerály sú prítomné v minimálnom množstve (cca 5 hm. %; tab. 2). Ich prítomnosť dokazujú výsledky rtg. difrakčnej analýzy orientovaných preparátov, podľa ktorých boli, podobne ako v sedimentoch Malého Dunaja, prítomné íly skupiny chloritu, kaolinitu a illit. Zo všetkých troch modelových lokalít sledujeme v orientovanom preparáte Hron-Sliač najmenšiu zmenu medzi prírodným a nasýteným záznamom, napriek tomu je expandujúca fáza smektitických ílov pozorovateľná (obr. 2). Identifikované boli aj niektoré ťažké minerály, ako ilmenit, rutil, chalkopyrit a klinocervantit. Prítomnosť ilmenitu a chalkopyritu (obr. 3b) bola potvrdená aj mikroskopiou v odrazenom svetle. Vo výbruse boli okrem týchto minerálov určené aj pyrit, antimonit (obr. 3a), hematit a iné Fe-oxidy.

Zvýšený obsah PTSP (Sb, As, Cu, menej Hg) súvisí so zrudnením v kryštaliniku Nízkych Tatier a paleozoiku Starohorských vrchov. Sb-Au zrudnenie na ložisku Medzibrod s výskytom antimonitu a arzenopyritu predpokladá v riečnych sedimentoch predovšetkým zvýšené hodnoty Sb a As (Chovan et al., 2010; Petrák et al., 2011; Hiller et al., 2012). Zrudnenie v okolí Starých Hôr s výskytom napr. chalkopyritu, tetraedritu, tennantitu, sekundárnych minerálov medi (malachit, azurit, chalkofylit, a i.), arzenopyritu a iných predpokladá v riečnych sedimentoch geogénny, resp. vzhľadom na banskú činnosť geogénno-antropogénny pôvod Sb, As, ale predovšetkým Cu (Michňová a Ozdín, 2010; Števko et al., 2013). Prítomnosť minerálov s obsahom Hg nebola potvrdená ani mikroskopickým štúdiom výbrusu, ani rtg. difrakčnou analýzou ťažkej a celohorninovej frakcie, preto predpokladáme jej antropogénny pôvod v riečnom sedimente. Prispievateľom k zvýšenému obsahu Hg patria napr. papierne Harmanec (SHMÚ, 2009).



Obr. 4. Prítomnosť Fe-oxidov a hematitu vo vzorke riečneho sedimentu Nitra-Chalmová (a – // nikoly; b – skrížené nikoly).

Fig. 4. Microscopic photography of Fe-oxide and hematite identified in the Nitra-Chalmová stream sediment sample (reflected light, a – // nicols; b – crossed nicols).

Nitra-Chalmová

Minerálne zloženie riečnych sedimentov Nitra-Chalmová je adekvátne znosovej oblasti granitoidných, vulkanických a karbonátových hornín. Prednostne sa na ich stavbe podieľajú kremeň (43,7 hm. %) a živce (40,2 hm. %). Ílové minerály tvoria cca 15 hm. % riečneho sedimentu (tab. 2). Rovnako ako v sedimentoch Malého Dunaja a Hrona boli v orientovaných preparátoch určené íly skupiny kaolinit, chlorit a smektit (obr. 2). Identifikovaný bol aj alunit, ktorého prítomnosť potvrdzuje pôvod časti riečnych sedimentov Nitry vo vulkanických pohoriach. V šlichovanej frakcii vzorky boli rtg. práškovou difrakčnou analýzou stanovené ťažké minerály magnetit, chalkopyrit, galenit a jeho produkt oxidácie anglesit, ktoré súvisia so zrudnením v oblasti Hornej Nitry. Mikroskopické štúdium výbrusov potvrdilo prítomnosť chalkopyritu a poukazuje aj na prítomnosť Fe-oxidov ilmenitu a hematitu (obr. 4).

Ťažké minerály As a Hg neboli pozorované. Zvýšený obsah As preto pripisujeme geogénno-antropogénnym zdrojom súvisiacim s ťažbou a spracovaním hnedého uhlia handlovsko-nováckej panvy, ktoré je bohaté na As (Špaldon a Turčániová, 1998), a s odpadom zo spaľovania uloženým na odkaliskách v Chalmovej a Zemianskych Kostoľanoch, kde je As viazaný na nespálené zvyšky uhlia, agregáty nanočastíc, ale predovšetkým na amorfné aluminosilikátové sklá (Peťková et al., 2011). Vysoký obsah Hg je antropogénneho pôvodu. Súvisí s vypúšťaním odpadových vôd z Novákych chemických závodov (Výboch a Földesová, 2003; SHMÚ, 2009).

Potenciálna mobilizácia PTSP z riečnych sedimentov

Potenciálna mobilizácia prvkov pri zmene podmienok v prostredí bola simulovaná extrakčnými experimentmi v laboratórnych podmienkach. Najrozhodujúcejšími parametrami extrakčných experimentov sú sila extrakčného

činidla a čas vylúhovania. Štvorhodinová extrakcia v 1M HCl mobilizuje predpokladaný antropogénny podiel PTSP z pevnej fázy riečneho sedimentu (Snape et al., 2004).

Malý Dunaj-Kolárovo

V podmienkach 1M HCl sa z celkovej frakcie riečneho sedimentu Malého Dunaja extrahovalo najviac Cu, a to až 53 % (obr. 5). Antropogénne vstupy Cu do vôd a riečnych sedimentov Malého Dunaja súvisia s dlhodobou vinohradníckou tradíciou na juhovýchodných svahoch Malých Karpát a s ňou súvisiacim používaním modrej skalice. Zo sedimentu Malého Dunaja boli v značnej miere mobilizované aj Pb (41 %) a As (takmer 30 %).

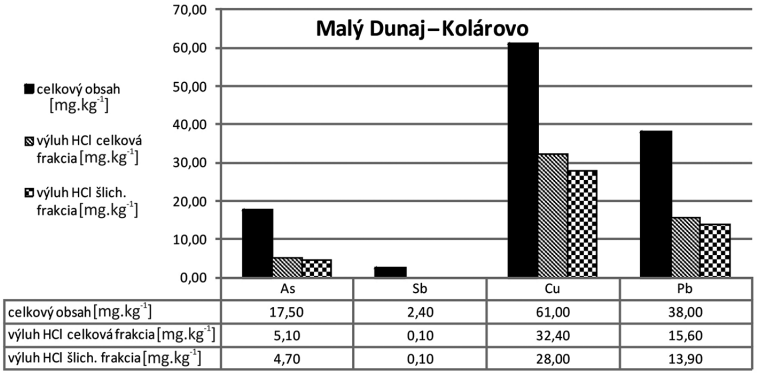
Mobilizované podiely týchto troch PTSP (a teda aj vyššiu koncentráciu v porovnaní s fónovými hodnotami) priraďujeme k antropogénnym zdrojom (Snape et al., 2004).

Veľmi nízka mobilizácia Sb (v prípade celkovej aj šlichovanej frakcie len 4,2 %) naznačuje skôr jeho geogénny pôvod a môže súvisieť s Sb-Au zrudnením v oblasti Perneka a Pezinka v Malých Karpatoch (Chovan et al., 1992).

Pre hodnotené PTSP platí, že z celkovej frakcie sa vylúhovalo väčšie, prípadne rovnaké (As) množstvo ako zo šlichu. Dôvodom je odplavenie časti ílových minerálov a organickej hmoty s nasorbovanými prvkami v rámci procesu šlichovania.

Hron-Sliač

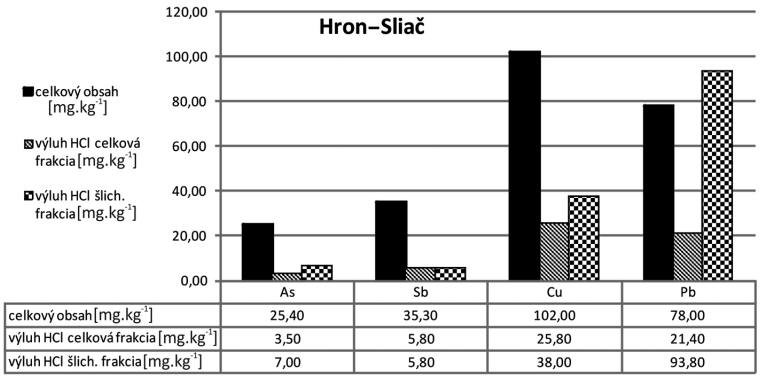
Extrakciou celkovej frakcie riečneho sedimentu Hrona sa mobilizovalo 27,4 % Pb; 25,3 % Cu; 16,4 % Sb a 13,8 % As. Podiel mobilizácie Sb zo šlichovanej frakcie si zachoval rovnakú úroveň ako v celkovej frakcii. V prípade ostatných hodnotených prvkov sa vylúhovalo vyššie množstvo zo šlichu ako z celkovej frakcie (obr. 6). V prípade Pb bol vo výluhu šlichovanej frakcie zistený dokonca vyšší obsah (120 %), ako je celkový obsah Pb v riečnom sedimente, čo mohlo byť spôsobené nedostatočnou homogenizáciou vzorky.



	As	Sb	Cu	Pb
celkový obsah [mg.kg^{-1}]	17,50	2,40	61,00	38,00
výluh HCl celková frakcia [mg.kg^{-1}]	5,10	0,10	32,40	15,60
výluh HCl šlich. frakcia [mg.kg^{-1}]	4,70	0,10	28,00	13,90

Obr. 5. Obsah vybratých PTSP vo výluhoch 1M HCl celkovej a šlichovanej frakcie riečneho sedimentu Malý Dunaj-Kolárovo.

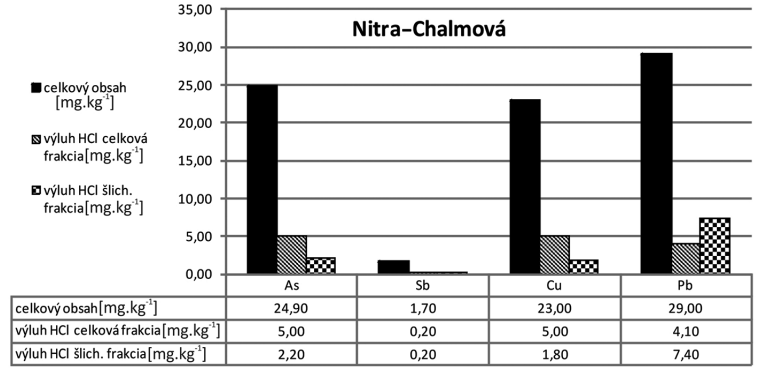
Fig. 5. Selected PTTE content in 1M HCl leachate of the Malý Dunaj-Kolárovo stream sediment whole and panned fraction.



	As	Sb	Cu	Pb
celkový obsah [mg.kg^{-1}]	25,40	35,30	102,00	78,00
výluh HCl celková frakcia [mg.kg^{-1}]	3,50	5,80	25,80	21,40
výluh HCl šlich. frakcia [mg.kg^{-1}]	7,00	5,80	38,00	93,80

Obr. 6. Obsah vybratých PTSP vo výluhoch 1M HCl celkovej a šlichovanej frakcie riečneho sedimentu Hron-Sliač.

Fig. 6. Selected PTTE content in 1M HCl leachate of the Hron-Sliač stream sediment whole and panned fraction.



	As	Sb	Cu	Pb
celkový obsah [mg.kg^{-1}]	24,90	1,70	23,00	29,00
výluh HCl celková frakcia [mg.kg^{-1}]	5,00	0,20	5,00	4,10
výluh HCl šlich. frakcia [mg.kg^{-1}]	2,20	0,20	1,80	7,40

Obr. 7. Obsah vybratých PTSP vo výluhoch 1M HCl celkovej a šlichovanej frakcie riečneho sedimentu Nitra-Chalmová.

Fig. 7. Selected PTTE content in 1M HCl leachate of the Nitra-Chalmová stream sediment whole and panned fraction.

Nitra-Chalmová

V celkovej frakcii sedimentu rieky Nitra sa ako najviac mobilné v podmienkach 1M HCl správajú Cu (21,7 %) a As (20,1 %). Nižšiu mobilitu preukázali Pb (14,1 %) a Sb (11,8 %). Pre Cu a As platí, že z celkovej frakcie sa vylúhoval vyšší podiel týchto prvkov ako zo šlichu, kým Sb rovnakým podielom. Iba Pb vykazuje vyššiu mieru vylúhovateľnosti v šlichovanej frakcii, a to 25,5 % (obr. 7).

Všeobecne preukazujú riečne sedimenty Nitry nižšiu mieru mobilizácie PTSP ako sedimenty Malého Dunaja aj Hrona. V porovnaní s výluhmi sedimentu Hron-Sliač sa uvoľnilo viac iba As (13,8 % vs. 20,1 %).

Záver

• Na základe zistených vlastností riečnych sedimentov Malého Dunaja z lokality Kolárovo:

– vysoký podiel ílových minerálov (takmer 60 hm. %), ktoré sorbujú PTSP z vodného prostredia;

– neprítomnosť ťažkých minerálov hodnotených PTSP;

– najvyššia miera mobilizácie PTSP v podmienkach 1M HCl z vybratých lokalít, priraďujeme vyšší obsah PTSP v porovnaní s fónovými hodnotami (Bodiš a Rapant, 1999), podobne ako iní autori (SHMÚ, 2009; Ďuričková et al., 2010) antropogénnym zdrojom, najmä poľnohospodárstvu, vinohradníctvu a priemyslu v oblasti povodia Malého Dunaja a časti povodia Dunaja nad Bratislavou.

• Chemické zloženie sedimentov rieky Hron v lokalite Sliač je výrazne ovplyvnené geogénnymi zdrojmi kontaminácie (SHMÚ, 2009; Chovan et al., 2010; Michňová a Ozdín, 2010; Petrák et al., 2011; Hiller et al., 2012; Števko et al., 2013), čo potvrdzujú aj naše výsledky:

– prítomnosť ťažkých minerálov Cu, Sb a As s pôvodom v kryštaliniku Nízkych Tatier a paleozoiku Starohorských vrchov (konkrétne zrudnenie v okolí Medzibrodu a Starých Hôr);

– veľmi nízky obsah ílových minerálov (do 5 hm. %);

– výrazne nižšia miera mobilizácie hodnotených PTSP ako vo vzorkách z Malého Dunaja.

Ťažké minerály Hg neboli identifikované, výskyt tohto prvku v riečnom sedimente prisudzujeme antropogénnym zdrojom v povodí Hrona, ku ktorým patria napr. Harmanecké papierne (Výboch a Földesová, 2003; SHMÚ, 2009).

• Riečne sedimenty lokality Nitra-Chalmová preukázali:

– prítomnosť ťažkých minerálov hodnotených PTSP, ako chalkopyrit, galenit, anglesit, ako aj hematit a iné Fe oxidy a oxyhydroxidy;

– prítomnosť alunitu potvrdzuje vplyv sopečných hornín na chemické zloženie sedimentu, okrem iného na obsah Pb a Cu (Bodiš a Rapant, 1999);

– najnižší podiel vylúhovania Sb, Cu aj Pb v porovnaní so sedimentmi Malého Dunaja a Hrona;

– v porovnaní so sedimentom Hrona sa vylúhoval vyšší podiel As, ktorého ťažké minerály neboli identifikované a pravdepodobne je viazaný na amorfné sklá z odkalísk v Zemianskych Kostoľanoch a Chalmovej (Peťková et al., 2011).

Na základe zistených faktov usudzujeme, že pôvod Pb a Cu v sedimente Nitra-Chalmová je primárne geogénneho pôvodu. Antropogénna činnosť (ťažba a spracovanie hnedého uhlia bohatého na As, tepelné elektrárne a ich odkaliská v Zemianskych Kostoľanoch a Chalmovej, odpadové vody z Nováckych chemických závodov) súvisí so zvýšeným obsahom As a Hg.

• Vyšší podiel PTSP vo výluhu šlichovanej frakcie v porovnaní s celkovou (Hron – Cu, Nitra – Pb) naznačuje, že 4-hodinovou extrakciou 1M HCl dochádza aj k rozrušeniu kryštalických foriem sulfidov hodnotených prvkov, ktoré boli identifikované na základe rtg. práškovej difrakčnej analýzy, resp. mikroskopie v odrazenom svetle (Hron – chalkopyrit; Nitra – galenit, anglesit).

• Niektoré práce (McCready et al., 2003) uvádzajú, že pôsobením 1M HCl na značne antropogénne znečistené sedimenty sa vylúhovalo až 60 – 100 % Pb a Cu. Naše výsledky potvrdzujú, že záleží na pôvode znečistenia. V sedimentoch Hronu a Nitry, v ktorých sa preukázal geogénny vplyv na obsah PTSP, bol podiel vylúhovania sledovaných prvkov výrazne nižší ako v sedimentoch Malého Dunaja, ktorého chemické zloženie výraznejšie ovplyvňujú antropogénne zdroje. Pomerne vysoký celkový obsah PTSP v riečnom sedimente preto nemusí jednoznačne znamenať riziko pre okolité prostredie.

Poďakovanie. Táto práca vznikla s podporou grantových úloh VEGA 1/0321/14 a GUK 345/2014 a bola vypracovaná v rámci projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

References

Agemian, H. & Chau, A., 1976: Evaluation of extraction techniques for the determination of metals in aquatic sediments. *The Analyst, 101, 1 207, 761 – 767.*

Alloway, B. J., 1990: Heavy metals in soils. *Blackie Academic and Proffesional, Glasgow, 368 p.*

Alloway, B. J. & Ayres, D. C., 1993: Chemical principles of environmental pollution. *Blackie Academic and Proffesional, Glasgow, 291 p.*

Bodiš, D. & Rapant, S., 1998: Návrh smernice MŽP SR na zostavovanie geochemickej mapy riečnych sedimentov v mierke 1 : 50 000. *Manuskript. Archív, Št. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 15 s.*

Bodiš, D. & Rapant, S., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť IV. Riečne sedimenty. *MŽP SR, GS SR, Bratislava, 146 s.*

Bodiš, D., Rapant, S., Klukanová, A., Švasta, J., Gajdoš, V., Hók, J., Ženišová, Z. & Marko, J., 2006: Vplyv geologických faktorov na kvalitu života. *Enviromagazín, 5, 15 – 16.*

Čurlík, J., 2011: Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska. *PriF UK, Bratislava, 462 s.*

Ďuričková, A., Fľaková, R., Seman, M. & Ženišová, Z., 2010: Kvalita povrchovej vody v Malom Dunaji. *Podzemná voda, 16, 2, 181 – 192.*

Hiller, E., Lalinská, B., Chovan, M., Jurkovič, Ľ., Klimko, T., Jankulár, M., Hovorič, R., Šottník, P., Fľaková, R., Ženišová, Z. & Ondrejková, I., 2012: Arsenic and antimony contamination of waters, stream sediments and soils in the vicinity of abandoned antimony mines in the Western Carpathians, Slovakia. *Applied Geochemistry, 27, 598 – 614.*

Chovan, M., Rojkovič, I., Andráš, P. & Hanas, P., 1992: Ore mineralization of the Malé Karpaty Mts. (Western Carpathians, Slovakia). *Geol. Carpath., 43, 275 – 286.*

Chovan, M., Lalinská, B., Šottník, P., Hovorič, R., Petrák, M. & Klimko, T., 2010: Mineralogická a geochemická charakteristika zdrojov znečistenia na opustenom ložisku Sb-Au rúd Medzibrod. *Miner. Slov., 42, 95 – 108.*

Jánová, V. & Panenka, P., 2010: Máme odkaliská pod kontrolou? *Enviromagazín, 15, 5, 4 – 8.*

Jašová, I., Flaková, R., Ženišová, Z., Jurkovič, Ľ., Šottník, P., Krčmář, D. & Bodácz, B., 2010: Kontaminácia vôd, pôd a riečnych sedimentov arzénom a antimónom na opustenom ložisku Pernek-Križnica. *Podzemná voda, 16, 33 – 53.*

Jurkovič, Ľ., Veselská, V., Gučková, V. & Frankovská, J., 2008: Geochemické zhodnotenie kontaminácie pôd arzénom v oblasti Zemianskych Kostolian. *Acta Environmentalistica Universitatis Comenianae, 16, 1, 47 – 55.*

Jurkovič, Ľ., Hiller, E., Veselská, V. & Peťková, K., 2011: Arsenic concentrations in soils impacted by dam failure of coal-ash pond in Zemianske Kostolany, Slovakia. *Bull. Environ. Contam. Toxicol., 86, 4, 433 – 437.*

Kabata-Pendias, A. & Pendias, H., 2001: Trace elements in soils and plants. *CRC Press, London, 409 p.*

Kordík, J., Slaninka, I. & Bodiš, D., 2011: Čiastkový monitorovací systém geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky. Monitorovanie riečnych sedimentov. Subsystém 07. Správa za obdobie: rok 2010. *ŠGÚDŠ, Bratislava, 93 s.*

Larner, B. L., Palmer, A. S., Seen, A. J. & Townsend, A. T., 2008: A comparison of an optimised sequential extraction procedure and dilute acid leaching of elements in anoxic sediments, including the effects of oxidation on sediment metal partitioning. *Analytica Chimica Acta, 608, 147 – 157.*

Li, X., Shen, Z., Wai, O. W. H. & Li, I. S., 2001: Chemical forms of Pb, Zn and Cu in the sediment profiles of the Pearl river estaury. *Marine Pollution Bulletin, 42, 215 – 223.*

Maiz, I., Esnaola, M. V. & Milián, E., 1997: Evaluation of heavy metal availability in contaminated soils by a short sequential extraction procedure. *Science of the Total Environment, 206, 107 – 115.*

McCready, S., Birch, G. F. & Taylor, S. E., 2003: Extraction of heavy metals in Sydney Harbour sediments using 1M HCl and 0,05 EDTA and implications for sediment-quality quidelines. *Aust. J. Earth Sci., 50, 249 – 255.*

Michňová, J. & Ozdín, D., 2010: Primárna hydrotermálna mineralizácia v lokalite Polkanová. *Miner. Slov., 42, 69 – 78.*

MP SR, 1994: Rozhodnutie ministerstva pôdohospodárstva SR č. 531/1994 – 540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok.

MŽP SR, 1999: Smernica Ministerstva životného prostredia SR č. 4/1999 – 3 na zostavenie a vydávanie geochemickej mapy riečnych sedimentov v mierke 1 : 50 000.

Petrák, M., Čavajda, V. & Šottník, P., 2011: Distribúcia potenciálne toxických prvkov v riečnych sedimentoch na lokalitách opustených Sb ložísk Dúbrava a Medzibrod (Nízke Tatry). *Acta Geol. Slov., 3, 2, 143 – 151.*

Peťková, K., Lalinská-Voleková, B., Jurkovič, Ľ. & Veselská, V., 2011: Chemické a minerálne zloženie elektrárenských popolov (lokalita Zemianske Kostoľany). *Miner. Slov., 43, 377 – 386.*

Piatak, N. M., Seal, R. R., II, Sanzolone, R. F., Lamothe, P. J., Brown, Z. A. & Adams, M., 2007: Sequential extraction results and mineralogy of mine waste and stream sediments associated with metal mines in Vermont, Maine, and New Zealand. *U. S. Geological Survey, Open-File Report 2007-1063, 34 p.*

Quevauviller, P. (ed.), 2002: Methodologies in Soil and Sediment Fractionation Studies. Single and Sequential Extraction Procedures. *Royal Society of Chemistry, Cambridge, 200 p.*

Rauret, G., 1997: Extraction procedures for the determination of heavy metals in contaminated soil and sediment. *Talanta, 46, 449 – 455.*

SHMÚ, 2009: Kvalita povrchových vôd na Slovensku v rokoch 2007 – 2008. *SHMÚ, Bratislava, 79 s.*

Snape, I., Scouller, R. C., Stark, S. C., Stark, J., Riddle, M. J. & Gore, D. B., 2004: Characterization of the dilute HCl extraction method for the identification of metal contamination in Antarctic marine sediments. *Chemosphere, 57, 491 – 504.*

Špaldon, F. & Turčániová, Ľ., 1998: Tuzemské uhoľné zásoby a možnosti ich využitia pre potreby Slovenska. *Acta Montanistica Slovaca, 3, 3, 199 – 203.*

Števko, M., Ozdín, D. & Sejkora, J., 2013: Supregénne minerály špaňodolinského rudného poľa. *Minerál, 21, 1, 26 – 44.*

Výboch, M. & Földesová, K., 2003: Vplyv antropogénnych faktorov na kvalitu povrchovej a podzemnej vody v povodí Hornej Nitry. *Podzemná voda, 9, 23 – 32.*

Doručené 28. 11. 2014
Prijaté na publikovanie 15. 12. 2014

Characteristics of geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic trace elements in selected stream sediments of Slovakia based on geochemical and mineralogical evaluation

Stream sediments are considered to be the sink of potentially toxic trace elements (PTTE) from the river water. However environment condition change can cause its re--mobilization. Therefore the high concentration of PTTE in the stream sediment is considered as a risk. Chemical analyses from previous research (Kordík et al., 2011 show that concentrations of selected PTTE (As, Sb, Cu, Hg and Pb) in stream sediments of the sampling sites Malý Dunaj–Kolárovo, Hron–Sliač, and Nitra–Chalmová exceed the background values, and in some cases even the legislation levels. Further research, consisting of mineralogical evaluation and 1M HCl extraction procedure was done, to assess the geogenic and anthropogenic contamination of these sediments. To identify minerals, the ore microscopy and the X-ray powder diffraction analysis were done. To evaluate clay minerals, decantation was followed by the X-ray powder diffraction analysis of oriented samples.The 4-hour 1M HCl extraction imitates a change of environment conditions. It is supposed to remobilize the relatively unstable forms of contaminants, but does not favor to extract the geogenic elements. Therefore the mobilized fraction relates to anthropogenic contamination (Snape et al., 2004). The results show that almost 60 % of the Malý Dunaj sample is built of clay minerals, 20 % of quartz, and 18.2 % of feldspar. By ore microscopy we identified Fe-oxyhydroxides, but no other heavy minerals were found. This builds a theory, that higher concentrations of PTTE in the Malý Dunaj-Kolárovo sampling site are

unlikely to be caused by geogenic sources of contamination. The extraction results, where 53 % of Cu, 41 % of Pb, and almost 30 % of As were mobilized, and higher rate of PTTE was released from the whole fraction than from panned one, support the theory of anthropogenic contamination (agriculture, viticulture, industry within the watershed). Quite low released amount of Sb (4 %) can refer to its origin in Sb-Au mineralization in the Malé Karpaty Mts., though no Sb-ore mineral was identified. Hron river sediments are highly geogenically affected. Above 50 % of the sediment is quartz, 10.4 % feldspar, 6.6 % carbonates, only about 5 % are clay minerals, and 3.4 % daze (muscovite). Identified alunite supports the interpretation of the volcanic mountains influence, that can contribute on Pb and Cu concentration. Ore mineralization in Low Tatra Mts. (Medzibrod) and Staré hory Mts. (Staré hory area) play an important part in the PTTE sediment contamination. Heavy minerals, such as ilmenite, rutile, clinocervantite, chalcopyrite, pyrite, antimonite, hematite, and other Fe-oxides and oxyhydroxides, were identified. Compared to the Malý Dunaj extractions, the PTTE mobilization from the Hron sediments was quite low – 27.4 % Pb, 25.3 % Cu, 13.8 % of As and 16.4 % of Sb from the whole sediment. Unlike from the Malý Dunaj sediments, bigger portion of PTTE was released from the panned fraction (only Sb was the same). For the Hron sediments, geogenic sources of contamination dominate, but anthropogenic inputs cannot be excluded, especially for Hg (paper mills in Brezno and Harmanec municipalities). Stream sediments of Nitra-Chalmová represent catchment area for granitoid, volcanic and carbonate rocks, and are influenced by the high-arsenic brown coal deposits in Nováky and Handlová localities, and the human activities related with them. The X-ray diffraction analysis shows that the sample consists of quartz (43.7 %), feldspar (40.2 %) and clay minerals (14.9 %). Heavy minerals as magnetite, chalcopyrite, galenite, anglesite, ilmenite, and Fe-oxides were identified. In 1M HCl conditions, the PTTE seem to be the least mobile from all three sites (21.7 % Cu, 20.1 % As, 14.1 % Pb, 11.8 % Sb). Despite the high concentration of As and Hg, their heavy minerals were not found. We therefore assign its origin in anthropogenic sources – the coal ash impoundments in Zemianske Kostoľany and Chalmová (for As) and Novácke chemické závody, Comp. (for Hg). Higher rate of PTTE mobilization from panned fraction than from the whole sediment (the case of the Nitra and Hron river sediments) indicates that the 4-hour 1M HCl dissolves also some crystalline forms of sulphides (Hron – chalcopyrite, Nitra – galenite).

GeoVestník

Informačný spravodajca pre geológiu, baníctvo, úpravníctvo a životné prostredie
Newsletter for geology, mining, mineral processing and environmental protection

Príloha časopisu Mineralia Slovaca, roč. 46, č. 3 – 4
Supplement of the journal Mineralia Slovaca, Vol. 46, No. 3 – 4

Statue of F. Kubínyi – impulse to further intensive cooperation

Busta F. Kubínyiho – impulz k ďalšej intenzívnej spolupráci

Salgótarján, Hungary, 15. 5. 2014

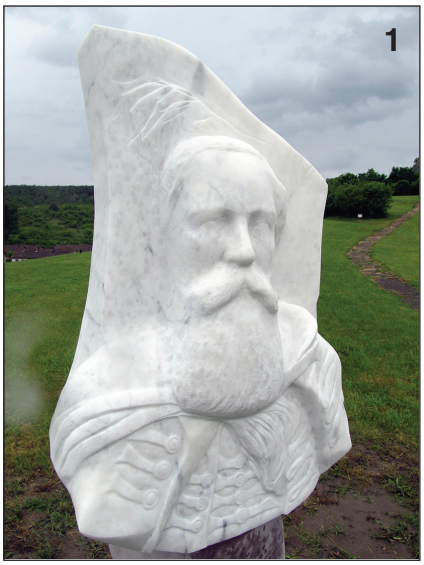
Zoltán Németh[1] & Ľudovít Gaál[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina, Bratislava; [2]Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš

Abstract: *Unveiling of the F. Kubínyi statue by the representatives of both – Hungarian and Slovak geological societies took part in the Baglyas-kő Castle Nature Reserve Visitor Centre of Bükk National Park Directorate in Salgótarján (Northern Hungary). During this commemorative celebration on 15 May 2014, several scientific lectures were held, emphasizing the significance of F. Kubínyi's scientific and societal work for establishing of the former Hungarian Geological Society, as well as both recent geological societies. The paper describes the details of the celebration and provides general photodocumentation.*

Key words: *F. Kubínyi, Hungarian Geological Society, Slovak Geological Society, Bükk National Park*

In the frame of intensive cross-border cooperation and traditionally good neighbourly relations of Hungary and Slovakia, the representatives of the Hungarian Geological Society and the Slovak Geological Society unveiled the statue of F. Kubínyi, being one of founders of the Hungarian Geological Society. This significant event took place in the town of Salgótarján (Northern Hungary) on 15 May 2014. Both recent geological societies – Hungarian and Slovakian are based on traditions of the former Hungarian Geological Society. Event in Salgótarján was preceded by the commemorative meeting of representatives of both geological societies on 25 April 2013 on the occasion of the 165th anniversary of the Hungarian Geological Society establishment, taking place in Vidiná (Lučenec district), Slovakia. The report about the meeting in Vidiná is available in Mineralia Slovaca 45/1–2/2013.


1

Unveiling of the F. Kubínyi statue on 15 May 2014 (Fig. 1) was organized by the Bükk National Park Directorate and took place in the Baglyas-kő Castle Nature Reserve Visitor Centre in Salgótarján with numerous participating guests and experts on the natural and socio-historical issues from Hungary and Slovakia.

The welcome speech by Dr. Ákos Horváth, JD., the director of the Bükk National Park (Fig. 2) opened the celebration. The significance of the F. Kubínyi's lifetime work for establishing and successful existence of the Hungarian Geological Society was emphasized in presentation by Dr. Csaba Baksa, PhD., the President of the Hungarian Geological Society (Fig. 4). The importance of F. Kubínyi's work in the life of the Slovak Geological Society (SGS)

V rámci intenzívnej cezhraničnej spolupráce a tradične dobrých susedských vzťahov Maďarska a Slovenska predstavitelia Maďarskej geologickej spoločnosti a Slovenskej geologickej spoločnosti 15. mája 2014 v Salgótarjáne (severné Maďarsko) slávnostne odhalili bustu F. Kubínyiho (obr. 1), ktorý bol jedným zo zakladateľov Uhorskej geologickej spoločnosti. Na tradície Uhorskej geologickej spoločnosti nadväzujú obidve súčasné geologické spoločnosti. Tohtoročnej slávnosti predchádzalo vlaňajšie spomienkové stretnutie reprezentantov obidvoch geologických spoločností pri príležitosti 165. výročia založenia Uhorskej geologickej spoločnosti 25. apríla 2013 vo Vidinej (okres Lučenec), o ktorom sme referovali v Mineralii Slovaca 45/1 – 2/2013.

Tohtoročná spomienková slávnosť bola zorganizovaná Riaditeľstvom Národného parku Bükk a uskutočnila sa v náučno-informačnom centre Baglyas-kő v Salgótarjáne za účasti hostí a špecialistov na prírodovednú a spoločensko-historickú problematiku z Maďarska a zo Slovenska.

Slávnostné podujatie otvoril uvítacím prejavom riaditeľ Národného parku Bükk Dr. Ákos Horváth, JD. (obr. 2). Význam diela F. Kubínyiho pre založenie a následnú existenciu Uhorskej geologickej spoločnosti a jej následníckej Maďarskej geologickej spoločnosti zdôraznil v prednáške jej predseda Dr. Csaba Baksa, PhD. (obr. 4). Prínos F. Kubínyiho z pohľadu súčasnej existencie a aktivít Slovenskej geologickej spoločnosti (SGS) predniesol podpredseda SGS Ing. Zoltán Németh, PhD. (obr. 3). Odborný a spoločenský









Fig. 1. Unveiled statue of the F. Kubínyi in the park of Baglyas-kő Castle Nature Reserve Visitor Centre in the town of Salgótarján. Photo Z. Németh.

Obr. 1. Novoodhalená busta F. Kubínyiho situovaná v parku náučno-informačného centra Baglyas-kő pri Salgótarjáne. Foto Z. Németh.

Fig. 2. Director of the Bükk National Park Dr. Ákos Horváth, JD., at welcome speech of the commemorative event. Photo Z. Németh.

Obr. 2. Riaditeľ Národného parku Bükk Dr. Ákos Horváth, JD., v uvítacom prejave počas spomienkovej slávnosti. Foto Z. Németh.

Fig. 3. Vice-chairman of the Slovak Geological Society Dipl. Eng. Zoltán Németh, PhD., has emphasized the significance of intensified cooperation of geo-scientific communities of both countries. Photo Ľ. Gaál.

Obr. 3. Podpredseda SGS Ing. Zoltán Németh, PhD., vyzdvihol význam zintenzívnenia spolupráce geovedných komunít obidvoch štátov. Foto Ľ. Gaál.

Fig. 4. The keynote lecture on the importance of F. Kubínyi's work for the establishment of the Hungarian Geological Society, as well as recent cooperation in the field of geo-sciences had the President of Hungarian Geological Society Dr. Csaba Baksa, PhD. Photo Z. Németh.

Obr. 4. Zásadný prejav o význame diela F. Kubínyiho pre založenie Uhorskej geologickej spoločnosti aj pre súčasnú spoluprácu na poli geovied mal predseda Maďarskej geologickej spoločnosti Dr. Csaba Baksa, PhD. Foto Z. Németh.

Fig. 5. Sculptor Noémi Szabó received congratulations of representatives of both geological societies for the creation of high-value and permanent artwork. Photo Ľ. Gaál.

Obr. 5. Sochárka Noémi Szabó obdržala gratulácie zástupcov obidvoch geologických spoločností k vytvoreniu hodnotného a trváceho umeleckého diela. Foto Ľ. Gaál.

Fig. 6. Commemoration event was a stimulus for further development of cooperation between both countries. Photo Ľ. Gaál.

Obr. 6. Spomienkové stretnutie bolo stimulom na ďalší rozvoj spolupráce obidvoch štátov. Foto Ľ. Gaál.

was presented by SGS vice-chairman Dipl. Eng. Zoltán Németh, PhD. (Fig. 3). The scientific and societal contributions of F. Kubínyi were next emphasized in lectures by Dr. Tibor Kecskeméti, PhD. – honorary deputy general director of the Hungarian Natural History Museum, Mrs. Szilvia Guba – the chief museologist of the Kubínyi Ferenc Museum in Szécsényi and Mr. Sándor Holló – the head of Geological and Landscape Protection Department of the Bükk National Park Directorate. The celebration culminated by the unveiling of the F. Kubínyi statue (Fig. 1) in the park of educational-information centre by the representatives of Hungarian and Slovak geological societies (Fig. 6). The statue is a masterpiece of renowned sculptor Noémi Szabó (Fig. 5).

Informal part of the event consisted also of the visit of exposed basaltic diathreme Baglyas-kő in the park of information centre.

The ceremony, which was met with increased media interest, was at the same time a strong impulse for a further intensification of cooperation of both geological societies, as well as geo-scientists of both neighbouring countries.


6

Acknowledgement. For valuable scientific and social program of the commemorative event the delegates from Slovakia would like to thank the organizers from the Bükk National Park, namely its director Dr. Ákos Horváth, JD., the head of the Nógrád-Ipoly area Mr. Béla Judik and the geologist of educational paleontological locality Ipolytarnóc Mr. Imre Szarvas.

prínos diela F. Kubínyiho ďalej zdôraznili v prednáškach Dr. Tibor Kecskeméti, PhD., generálny riaditeľ Maďarského prírodno-historického múzea; Szilvia Guba, hlavná muzeologička Múzea Ferenca Kubínyiho v Szécsényi, a Sándor Holló, vedúci geologického a geomorfologického oddelenia Riaditeľstva Národného parku Bükk. Vyvrcholením podujatia bolo odhalenie busty F. Kubínyiho (obr. 1) v areáli náučno-informačného centra reprezentantmi Maďarskej a Slovenskej geologickej spoločnosti (obr. 6). Busta je umeleckým dielom renomovanej sochárky Noémi Szabó (obr. 4).

Súčasťou podujatia bola aj prehliadka vypreparovanej bazaltovej diatrémy Baglyas-kő v areáli informačného centra.

Tento slávnostný akt, ktorý sa stretol so zvýšeným záujmom médií, bol súčasne aj impulzom na ďalšie zintenzívnenie spolupráce obidvoch geologických spoločností, rovnako ako geovedcov obidvoch susediacich štátov.

Za hodnotné odborné a spoločenské podujatie delegáti zo Slovenska vyjadrujú poďakovanie jeho organizátorom z Národného parku Bükk, predovšetkým riaditeľovi Dr. Ákosovi Horváthovi, JD., vedúcemu Krajinnej oblasti Nógrád-Ipoly Bélovi Judikovi a geológovi náučnej paleontologickej lokality Ipolytarnóc Imre Szarvasovi.

XX. kongres KBGA – Tirana 2014 očami slovenských účastníkov

XX CBGA Congress – Tirana 2014 – Impressions of Slovak participants

M. Kohút, Z. Németh a P. Liščák
Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dolina, Bratislava

Abstract: *The course of the XX Congress of Carpathian Balkan Geological Association (CBGA), which took part on 24–26 September 2014 in Tirana, Albania, as well as two post-Congress correlations (FT1 and FT3; 27–28 September 2014) are reported in the paper by Slovak participants, including a brief review of the CBGA history and information from the CBGA Council meeting, held on the eve of the Congress. Two days Post-Congress Field Correlation FT1 presented the complete profile from the proximal facies of the Adriatic continent (External Albanides) and west-vergent nappes of the ophiolite zone Mirdita along the route from the town of Shkodër in north-western part of Albania to the town of Kukës near borders with Kosovo. Two days Post-Congress Field Correlation FT3 was devoted to geology of oil fields, potential source rocks, reservoirs, traps and carbonatic sedimentary systems in tectonic zones of Albania.*

Key words: *Carpathian Balkan Geological Association (CBGA), XX CBGA Congress Tirana, 2014, field correlations FT1 and FT3*

Karpatsko-balkánska geologická asociácia (KBGA) je najstaršia nadnárodná profesijná asociácia pridružená k Medzinárodnej únii geovied (IUGS). Táto asociácia bola pôvodne založená ako *Karpatská geologická asociácia* (KGA) v roku 1922 na XIII. medzinárodnom geologickom kongrese (IGC) v Bruseli. Založenie asociácie bolo výsledkom iniciatívy a úsilia profesorov: R. Kettnera (Československo), J. Nowaka (Poľsko), G. Munteanu Murgoci (Rumunsko) a V. Petkoviča (Juhoslávia). Hlavným cieľom KGA bola užšia spolupráca na problémoch geologickej stavby karpatskej oblasti. Prvý kongres KGA sa konal v roku 1925 v Ľvove vo vtedajšom Poľsku, v krátkom čase nasledovali kongresy v Bukurešti (1927) a Prahe (1931).


1
Petromanas
albpetrol
Raiffeisen BANK
TiREX
UPT


2
TERNATIONAL
TIRANA INTERNATIONAL


3
CBGA 2014
TIRANA INTERNATIONAL


4


5


6


7


8

Po vynútenej prestávke (II. svetová vojna) sa činnosť obnovila až IV. kongresom v Kyjeve (1958); s periodicitou 2 – 6 rokov sa kongresy organizujú až dodnes. Okrem zakladajúcich krajín sa členmi stali aj Bulharsko, Maďarsko, ZSSR, nasledované neskôr Albánskom, Rakúskom, Gréckom a Juhosláviou. Po rozpade *Východného bloku* sa nástupníckymi krajinami stali: Česká republika, Slovensko, Ukrajina, Slovinsko, Srbsko, Čierna Hora a bývalá juhoslovanská republika Macedónsko.

Jubilejný XX. kongres Karpatsko-balkánskej geologickej asociácie sa konal v Tirane (Albánsko) od 24. do 26. septembra 2014. Kongres organizovala Albánska geologická spoločnosť spolu s ostatnými akademickými a výskumnými organizáciami, ako Polytechnická Univerzita v Tirane, Geologická služba Albánska, Fakulta geológie a baníctva, Ústav geovied, vody, energie a ekológie, ako aj Akadémia vied Albánska. Prezidentom (predsedom organizačného výboru) KBGA kongresu bol prof. Arjan Beqiraj, generálnym sekretárom Dr. Arben Pambuku, výkonnou sekretárkou bola MSc. Andreea Uta.

V predvečer kongresu sa konalo tradičné zasadanie rady KBGA zloženej z predsedníctva KBGA (súčasný organizačný výbor vedený prezidentom KBGA) a národných zástupcov (NZ) jednotlivých členských krajín v Hoteli Tirana International, kde sa konal aj samotný kongres. Na zasadaní sa preberali tradičné nedoriešené problémy nového štatútu KBGA, ako individuálne platené členstvo a zriadenie funkčného sekretariátu KBGA s pevným účtom, ktoré opätovne neboli prijaté, keďže by to znamenalo začiatok konca KBGA. V ďalšom bode boli nominovaní noví národní zástupcovia: namiesto prof. Volkera Hoecka – ako NZ Rakúska – prof. Franz Neubauer z Univerzity Salzburg; prof. Georgiosa Christofidesa – ako NZ Grécka – nahradí Dr. Alexandros Chatzipetros z Univerzity Thessaloniki. Obidva návrhy rada KBGA schválila, čím sa omladil priemerný vek rady. Rada KBGA schválila žiadosti Chorvátska, ako aj Bosny a Hercegoviny o členstvo v asociácii, čím sa zväčšil počet riadnych členských krajín na súčasných 16. Nasledovali nominácie na organizovanie budúcich kongresov KBGA – na rok 2018 predostreli rakúski zástupcovia požiadavku organizovať kongres v Salzburgu pod vedením prof. Franza Neubauera; na jubilejný rok 2022 bulharský NZ prof. Irina Peyčeva predstavila plán organizovať kongres v Sofii. Keďže na organizovanie najbližšieho XXI. kongresu v roku 2018 nebol oficiálne podaný žiaden iný návrh, rada KBGA schválila žiadosť Rakúska na organizovanie kongresu, ako aj potvrdila prof. F. Neubauera ako nového prezidenta KBGA na roky 2014 – 2018.

Pred koncom zasadania rady KBGA v predvečer kongresu prof. Beqiraj uviedol, že celkový počet prihlásených účastníkov kongresu dosahuje počet 550. V dvoch zväzkoch kongresových príspevkov publikovaných v *Buletini i Shkencave Gjeologjike* je 470 krátkych aj rozšírených (Extended) abstraktov, z toho 220 prednášok a 250 posterov; na 5 exkurzií sa prihlásilo 150 účastníkov a okrem účastníkov zo 16 členských krajín KBGA sa na kongres prihlásili aj zástupcovia z ďalších 26 krajín, ako Alžírsko, Anglicko, Austrália, Kanada, Čína, Cyprus, Egypt, Francúzsko, Gruzínsko, Irán, Taliansko, Jordánsko, Južná Kórea, Kosovo, Luxemburg, Moldavsko, Nemecko, Nový Zéland, Nórsko, Portugalsko, Ruská federácia, Španielsko, Švajčiarsko, Švédsko, Turecko a USA. Na záver rokovania rady KBGA jednotliví NZ gratulovali prof. F. Neubauerovi k organizovaniu kongresu v roku 2018 a k funkcii prezidenta KBGA.

◀**Obr. 1.** Úvodný prejav počas otváracieho ceremoniálu XX. kongresu KBGA v Tirane mal prof. A. Beqiraj, hlavný organizátor kongresu a prezident KBGA v rokoch 2011 – 2014. Foto M. Kohút.

Fig. 1. Introductory speech during opening ceremony of XX CBGA Congress in Tirana presented by Prof. A. Beqiraj, the main organizer of the congress and the CBGA President in 2011–2014. Photo M. Kohút.

Obr. 2. Prednáška prof. Adolphe Nicolasa (Francúzsko) prezentujúca rozdiely ofiolitov Ománu a Albánska ako dôsledok rýchleho alebo pomalého rozťahovania sa oceánskych chrbtov bola motiváciou na intenzívne polemiky predovšetkým zástancov koncepcie supra-subdukčných zón. Foto M. Kohút.

Fig. 2. Lecture by Prof. Adolphe Nicolas (France) explaining the differences between Oman and Albania ophiolites as a consequence of rapid, resp. slow spreading of oceanic ridges. The presentation was followed with polemics by supporters of the supra-subduction concept. Photo M. Kohút.

Obr. 3. Záverečný ceremoniál: prof. A. Beqiraj hodnotí priebeh kongresu a predstavuje kompletný realizačný tím. Foto M. Kohút.

Fig. 3. Closing ceremony: Prof. A. Beqiraj evaluates the congress and presents a complete realization team. Photo M. Kohút.

Obr. 4. Diskusia a odovzdávanie skúseností doterajšieho prezidenta KBGA prof. A. Beqiraja (2011 – 2014; vpravo) prof. F. Neubauerovi (vľavo), novému prezidentovi KBGA a organizátorovi následného kongresu v Salzburgu v roku 2018. Foto Z. Németh.

Fig. 4. Prof. A. Beqiraj (CBGA presidency 2011–2014; right) sharing an experience to Prof. F. Neubauer (left) – a new CBGA president and organizer of following congress in Salzburg in 2018. Photo Z. Németh.

Obr. 5. Prof. Alain Tremblay (vľavo) vysvetľuje proces paleolateritizácie ako dôsledok erózie povrchu exhumovaných ofiolitov bezprostredne pred nástupom karbonátovej sedimentácie v kriedovom období. Druhý deň pokongresovej korelácie, oblasť mesta Kukës. Foto Z. Németh.

Fig. 5. Prof. Alain Tremblay (left) explains the paleolateritization process as a consequence of the exhumed ofiolites surface erosion tightly before the onset of Cretaceous carbonatic sedimentation. Second day of the post-congress correlation FT1, the Kukës town surroundings. Photo Z. Németh.

Obr. 6. Účastníci dvojdňovej geologickej korelácie v severnom Albánsku v závere druhého dňa. Foto archív konferencie KBGA 2014.

Fig. 6. Participants of the two days correlation FT1 in the northern Albania at the end of second day. Photo Archive of the CBGA Congress 2014.

Obr. 7. Dukati – výrazná diskordancia a pleistocénny zlom oddeľujúci kriedové vápence od seravalskej molasy. Foto P. Liščák.

Fig. 7. Dukati – distinct unconformity and Pleistocene fault dividing the Cretaceous limestones from the Seraval molasse. Photo P. Liščák.

Obr. 8. Butrint – odkrytá architektúra z rímskych čias. Foto P. Liščák.

Fig. 8. Butrint – uncovered architecture from the Roman times. Photo P. Liščák.

Otvárací ceremoniál kongresu sa udial v budove Opery a začal ho prezident KBGA a predseda organizačného výboru prof. A. Beqiraj, ktorý privítal všetkých účastníkov kongresu a poprial im kvalitný priebeh s množstvom nových poznatkov v inšpirujúcich príspevkoch a diskusiách. Kongres následne pozdravili rektor Polytechnickej univerzity v Tirane, akademik Jorgaq Kaçani, zástupkyňa rady KBGA prof. Corina Ionescu, ako aj minister energetiky a priemyslu Albánska pán Damian Gjiknuri. Samotný kongres prebiehal paralelne v 4 sálach kongresového centra hotela Tirana International, pričom program pozostával z 8 všeobecných a 18 špecializovaných sekcií, ako aj 3 workshopov, zahrňujúcich všetky odbory geologického výskumu – od regionálneho výskumu a mapovania cez štruktúrny, petrografický, stratigrafický, sedimentologický, geochemický, gemologický, geofyzikálny, geochronologický, tektonický, hydrogeologický, inžinierskogeologický výskum po monitoring a sanáciu geozáťaží, výučbu geológie a geodedičstvo. Príspevky boli fokusované nielen na karpatsko-balkánsku oblasť, ale aj Alpy, Himaláje, európske Variscidy, ako aj iné oblasti sveta, pričom vekovo zastrešovali výskum od archaika po recent. Lokálnou špecialitou boli ofiolity a ich metalogenéza, čomu sa venovali aj 2 z troch vyzvaných plenárnych prednášok, a to prednáška emeritného prof. Adolphe Nicolasa z University Montpellier pojednávajúca o porovnaní a rozmanitosti ofiolitov Ománu a Albánska v dôsledku rýchleho alebo pomalého roztahovania sa oceánskych chrbtov; kým emeritný prof. Minella Shallo z Polytechnickej Univerzity v Tirane detailne predstavil stavbu a klasifikáciu albánskych ofiolitov, pričom odlíšil *západné ofiolity* s magmatickou afinitou bazaltov k stredooceánskym chrbtom (MORB) a *východné ofiolity* s charakteristikou magmatizmu generujúceho sa pri suprasubdukcii (SSZ) v závislosti od geodynamického vývoja, štruktúrnych charakteristík, metamorfizmu a ich metalogenézy. Prof. Andreas Lüttge z University Bremen sa vo svojej plenárnej prednáške venoval fyzikálno-chemickým interakciám medzi pevnými a fluidnými substanciami v závislosti od kinetiky ovplyvnenej človekom pri CO_2-sekvestrácii, štúdiu kvality vodných rezervoárov, ako aj úložísk jadrového odpadu.

Slovenské zastúpenie na kongrese, limitované vzdialenosťou a inými, najmä ekonomickými faktormi, pozostávalo zo 7 pracovníkov ŠGÚDŠ (Dr. Ľ. Kucharič, Dr. M. Kohút – NZ SR, Dr. M. Kováčik, Dr. P. Liščák, Dr. P. Malík, Ing. Z. Németh, Dr. M. Zlocha); 7 pracovníkov PriF UK Bratislava (doc. R. Aubrecht, doc. M. Dyda, doc. P. Ivan, Dr. Š. Méres, prof. D. Plašienka, Dr. P. Ružička, Dr. K. Šarinová); 2 pracovníkov GÚ SAV (Dr. J. Lexa a doc. J. Michalík), ako aj prof. J. Spišiaka z UMB v Banskej Bystrici. V dvoch zväzkoch kongresových príspevkov sa slovenskí autori prezentovali v 22 príspevkoch, aj keď reálne vystúpili s 12 prednáškami a s 8 postermi, avšak na druhej strane sa organizátorom podarilo „stratiť" ďalšie 2 príspevky slovenských účastníkov. Za zmienku stojí, že zo Slovenska boli aj dvaja konvenori a traja chairmeni v sekciách kongresu.

Záverečné zhodnotenie kongresu sa konalo v najväčšej kongresovej sále (Consortium), kde prof. Beqiraj poďakoval sponzorom za podporu, organizačnému štábu za obetavú prácu, konvenorom za recenzie príspevkov, chairmenom za vedenie sekcií, všetkým zúčastneným za aktívnu účasť a kvalitné príspevky; nakoniec odovzdal symbolickú štafetu prof. Neubauerovi, novému prezidentovi KBGA a predsedovi organizačného výboru XXI. kongresu, ktorý pozval všetkých delegátov do Salzburgu v septembri 2018 na nasledujúci kongres KBGA.

Dve jednodňové predkonferenčné korelácie boli venované radiolaritom hallstadskej melanže zóny Midrita v severnom Albánsku (FT2) a tektonickým vzťahom ionskej a sazanskej zóny v oblasti Vlora v Albánsku (FT4). Postkonferenčné dvojdňové korelácie boli zamerané na štruktúrny, stratigrafický a metalogenetický prierez cez severné ofiolity Albánska (FT1); geodynamický vývoj, karbonátové sedimentačné systémy a ropnú geológiu v ionskej, sazanskej a pre-adriatickej zóne (FT3); ako aj na prierezy južných ofiolitov Albánska (FT5). Slovenskí zástupcovia sa zúčastnili hlavne pokonferenčných korelácií FT1, 3 a 5.

Trasa pokonferenčnej korelácie FT1 predstavovala kompletný profil od proximálnych fácií adriatického kontinentu (externé albanidy) cez západovergentne nasunuté príkrovy ofiolitovej zóny Mirdita po trase od mesta Shkodër v severozápadnej časti Albánska po mesto Kukës pri hraniciach s Kosovom. Sprievodcami v lokalitách, rovnako ako autormi exkurzného sprievodcu boli prof. Alain Tremblay (Kanada) a albánski geológovia Avni Mishi a Bardhyl Miceku.

Navštívené lokality počas prvého dňa korelácie (27. 9. 2014) umožnili účastníkom oboznámiť sa s násunom triasových vápencov albánskych Álp na paleogénne flyšové súbory externých albanid, následne sa oboznámiť s frontálnymi časťami nasunutého ofiolitového masívu Mirdita na albánske Alpy, s typickou tektonickou melanžou ofiolitov, s mylonitizovanými peridotitmi, alterovanými bazaltovými dajkami a vankúšovými lávami. V závere prvého korelačného dňa bola prezentovaná supraofiolitová melanž synobdukčného sedimentárneho bazénu.

Druhý deň terénnej pokongresovej korelácie FT1 (28. 9. 2014) v oblasti mesta Kukës prezentoval komplex gabier ofiolitovej zóny Mirdita a rôzne fácie chromitovej mineralizácie. Diskordantné uloženie kriedových sedimentov na exhumovaných ofiolitoch bolo sprevádzané zónami Ni-Fe paleolateritov. Počas korelácie sa pozornosť venovala aj autochtónnemu podložiu nasunutého komplexu ofiolitov – paleozoickému kryštalinickému komplexu a permským obalovým sekvenciám so sulfidickou mineralizáciou. Terénna korelácia bola ukončená prehliadkou historického mesta Kruja a návratom do Tirany.

Trasa pokonferenčnej korelácie FT3 (27. – 28. 9.) bola venovaná geológii ropných ložísk, potenciálnym zdrojovým horninám, rezervoárom, sedimentárnym pascám a karbonátovým sedimentárnym systémom v albánskych tektonických zónach. Sprievodcami boli albánski geológovia Cerçis Durmishi, Engjell Prenjasi, Irakli Prifti z Fakulty geológie a baníctva Polytechnickej univerzity v Tirane. Trasa zahŕňala lokality Vlora – Dukat – Llogara – Dhermi – Vuno – Qeparoi – Borsh – Lukova – Shen Vasil – Saranda – Dhrovjan – Ksamil – Butrint – Saranda – Tirana (cez Gjirokastër, rodisko Envera Hoxhu).

V rámci lokalít od Vlora do Dhermi boli prezentované štruktúrne a palinspastické vzťahy medzi karbonátovou platformou Sazani na západe a jednotkami Tragjasi a Cika iónskej zóny na východe. Presunutá jednotka Tragjasi pozostáva z druhohorných panvových sekvencií iónskej zóny. Triasové evapority a dolomity sú v tektonickej superpozícii nad serravallskou molasou.

Na trase medzi lokalitami Vuno a Lukova bol predstavený príkrovový kontakt medzi dvomi iónskymi štruktúrami – jednotkou Qeparoi zóny Cika na západe a štruktúrou Ftera zóny Kurveleshi na východe. Spodná platňa (jednotka Qeparoi) pozostáva z paleocénnych až eocénnych pelagických karbonátov a oligocénnych flyšových sekvencií. Nadložná platňa je tvorená vrchnojurskými rohovcami a kriedovými vápencami. Posledné dve lokality prvého dňa boli venované evaporitom (anhydrit, sadrovec, halit) vo flyšoidných vrchnotriasových horninách v pruhu medzi Dhrovjan – Bistrice – Novarice – Delvine.

Druhý deň exkurzie bol venovaný produktívnym uhľovodíkovým štruktúram. V okolí mesta Saranda sme navštívili lokality venované príkrovu Mali Gjere v oblasti Delvina; produktívne paleocénne až eocénne pelagické karbonáty sú tu uzavreté medzi podložnou oligocénnou flyšovou platňou a nadložnými triasovými evaporitmi a jurskými bridlicami (posidóniové vrstvy). Ďalšou lokalitou

s produktívnymi sedimentmi bola štruktúra Kremenare na severnom okraji iónskej zóny s výronmi ropy priamo na povrch pozdĺž hlavnej cesty a napokon poslednou zastávkou boli asfaltové piesky v Kasnici (v priemere s obsahom 9,33 % bitúmenov).

Spestrením geologických poznávacích aktivít boli zastávky v dvoch lokalitách svetového kultúrneho dedičstva – Butrint s pamiatkami z helénskeho až byzantského obdobia a historické jadro Gjirokastër.

GEOCHÉMIA 2014

GEOCHEMISTRY 2014

BRATISLAVA 4. – 5. DECEMBER 2014

Igor Slaninka[1], Ľubomír Jurkovič[2] a Ondrej Ďurža[2]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Mlynská dol. 1, 817 04 Bratislava; [2]Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Abstract: *The 17th continuation of the traditional conference GEOCHEMISTRY 2014 was held in the State Geological Institute of Dionýz Štúr (ŠGÚDŠ), Bratislava, on 4–5 December 2014. It was devoted to 45th anniversary of the Department of Geochemistry of Faculty of Natural Sciences, Comenius Univ., and the remembrance on Professor Bohuslav Cambel, the founder of the department. During the conference, having the attendance of 105 professionals and numerous students, totally 36 lectures and 40 posters were presented. The paper reports about the conference course and its main achievements.*

Key words: *scientific conference, geochemistry, environmental geology*

Tradične prvý decembrový štvrtok Slovenská asociácia geochemikov, oddelenie geochémie životného prostredia Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave a Katedra geochémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave usporadúvajú v spolupráci s ďalšími organizáciami a odborníkmi vedeckú konferenciu GEOCHÉMIA. Tohtoročná bola venovaná 45. výročiu vzniku Katedry geochémie PriF UK v Bratislave a počas tohtoročného stretnutia sme si pripomenuli aj nedožité 95. narodeniny zakladateľa katedry geochémie – profesora Bohuslava Cambela.

Konferencia GEOCHÉMIA, ktorá bola organizovaná v roku 2014 už sedemnásty raz, sa v posledných rokoch stala miestom, kde sú prezentované najnovšie poznatky z geochemickej problematiky riešenej v súčasnosti na Slovensku i v blízkom okolí. Nosnou témou tohtoročnej konferencie bola problematika environmentálnych záťaží. Tému environmentálnych záťaží reprezentovali výsledky prebiehajúcich projektov zameraných na monitoring, prieskum a sanáciu environmentálnych záťaží na území SR, ako aj v zahraničí. Nezanedbateľnú časť vedeckých príspevkov predstavovali aj výsledky základného a aplikovaného geochemického výskumu endogénnych a exogénnych procesov.

Cieľom konferencie bolo umožniť všetkým absolventom, bývalým a súčasným učiteľom a vedeckým pracovníkom Katedry geochémie PriF UK, ale aj širokej odbornej verejnosti a domácim i zahraničným spolupracovníkom:

- prezentovať dosiahnuté vedecké výsledky formou odborných referátov a posterov,
- naznačiť hlavné smery vývoja geochémie u nás i vo svete.

Organizačný výbor, s cieľom zabezpečiť vysokú odbornú úroveň seminára, vyžiadal od popredných českých a slovenských odborníkov prednášky, postihujúce väčšinu spektra geochemickej problematiky riešenej v súčasnosti na Slovensku, no taktiež aj niektoré globálne geochemicko-teoretické svetové poznatky.

Konferenciu otvorili riaditeľ ŠGÚDŠ v Bratislave Ing. Branislav Žec, CSc., a dekan PriF UK v Bratislave doc. RNDr. Milan Trizna, PhD., ktorí vo svojich príhovoroch poukázali na širokú škálu geologickej a environmentálnej problematiky, ktorú v súčasnosti geochemické výskumy napomáhajú riešiť. Zdôraznili jej význam a vyjadrili potešenie nad tým, že sa konferencie zúčastňuje veľa mladých vedeckých pracovníkov a študentov.

Zúčastnilo sa na nej 105 odborníkov a vedeckých pracovníkov zo Slovenska i Čiech, ako aj potešiteľný počet študentov magisterského štúdia geologického a environmentálneho zamerania PriF UK v Bratislave.

Na konferencii odznelo 36 prednášok a prezentovaných bolo 40 posterov. Prednášky a postery sú publikované v zborníku z konferencie (Geochémia 2014, Konferencie, Sympóziá, Semináre, Štátny geologický ústav D. Štúra, Vydavateľstvo D. Štúra, editori Ľ. Jurkovič, I. Slaninka, O. Ďurža).

Veľmi nás teší, že aktívna účasť mladých vedeckých pracovníkov na konferencii bola v tomto roku opäť vysoká (5 prednášok a 12 posterov). Po štrnásty raz sa uskutočnila aj súťaž mladých vedeckých pracovníkov do 35 rokov – o najlepšiu prednášku (Cena B. Cambela) a o najlepší poster (Cena S. Gazdu). Aj týmto chceme pomôcť mladým vedeckým pracovníkom v ich súčasnom úsilí o zapojenie sa do vedeckej práce v rámci geochémie, čo, ako dúfame, pomôže ďalšiemu úspešnému rozvoju geochémie aj vo vzdialenejšej budúcnosti.

Cenu B. Cambela získala Mgr. Mária Šimurková z Katedry geochémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave a Cenu S. Gazdu získala Mgr. Lucia Lachká, tiež z Katedry geochémie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave:

M. ŠIMURKOVÁ: *Listvenitizácia metabazaltov typu BABB z oblasti rudného poľa Slovinky-Gelnica (gelnická skupina, staršie paleozoikum gemerika, Západné Karpaty) a porovnanie s analogicky alterovanými horninami z oblasti Uralu;*

L. LACHKÁ a E. HILLER: *Distribúcia potenciálne toxických stopových prvkov v jemnej frakcii urbánnych pôd Bratislavy.*

Prednesené prednášky a prezentované postery priniesli informácie zo širokého spektra problematiky, ktorou sa v súčasnosti zaoberá geochémia, a to od environmentálnych záťaží, vplyvu geologických zložiek životného prostredia na zdravotný stav obyvateľstva Slovenskej republiky cez modernú endogénnu a exogénnu geochémiu až po izotopovú a environmentálnu geochémiu.

Poďakovanie organizačného výboru patrí predovšetkým autorom jednotlivých referátov a posterov, ako aj všetkým vrátane sponzorov – najmä ŠGÚDŠ Bratislava, ale aj EL, spol. s r. o., Spišská Nová Ves, Banské odpady, s. r. o., a GEOPRODUKT Banská Bystrica, ktorí prispeli k úspešnému priebehu konferencie.

V mene organizačného výboru si dovoľujeme geochemickú pospolitosť upozorniť, že aj v roku 2015 dodržíme tradíciu a začiatkom decembra sa opäť uskutoční vedecká konferencia GEOCHÉMIA 2015 (už XVIII. ročník). Dúfame, že tento termín je už napevno v podvedomí všetkých pracovníkov, ktorí sa zaoberajú geochemickou problematikou. Všetkých Vás srdečne pozývame na aktívnu účasť na konferencii. Organizačný výbor vyzýva hlavne mladých odborníkov pracujúcich v oblasti geochémie o čo najširšiu účasť a o prednesenie príspevkov. Keďže súťaž mladých má veľký ohlas, organizačný výbor opäť vypíše súťaž o najlepšiu prednášku (Cena B. Cambela) a o najlepší poster (Cena S. Gazdu) pre pracovníkov do 35 rokov a víťazov odmení hodnotnými cenami.

Ľ. Jurkovič, I. Slaninka, O. Ďurža



Obr. 1. Otvorenie konferencie – Ing. B. Žec (riaditeľ ŠGÚDŠ Bratislava), ďalší členovia predsedníctva konferencie – RNDr. I. Slaninka (predseda Slovenskej asociácie geochemikov), doc. M. Trizna (dekan PriF UK v Bratislave). Foto L. Martinský.

Fig. 1. Opening of the conference – Ing. B. Žec (Director of ŠGÚDŠ Bratislava) and further members of the presidency – RNDr. I. Slaninka (Chairman of the Slovak Association of Geochemists), doc. M. Trizna (Dean of the Fac. of Natural Sciences, Comenius Univ. Bratislava). Foto L. Martinský.



Obr. 2. Úvodná prednáška o histórii katedry – doc. O. Ďurža. Spomenuli sme si aj na nedožité 95. narodeniny zakladateľa katedry prof. Cambela. Foto M. Jankulár.

Fig. 2. Introductory lecture about the history of the Department of Geochemistry – doc. O. Ďurža. The remembrance on Professor Bohuslav Cambel, the founder of the department. Photo M. Jankulár.



Obr. 3. Víťazka súťaže mladých vedeckých pracovníkov o najlepší poster – Mgr. L. Lachká so svojím posterom. Foto M. Jankulár.

Fig. 3. Winner of the young scientific workers best poster competition – Mgr. L. Lachká with its poster. Photo M. Jankulár.



Obr. 4. Diskusia pri posteroch. Foto M. Jankulár.

Fig. 4. Discussions at posters. Photo M. Jankulár.

13. predvianočný geologický seminár ŠGÚDŠ a SGS
Nové poznatky o stavbe a vývoji Západných Karpát

13. geological seminar: New knowledge about geological setting and evolution of the Western Carpathians

Zoltán Németh[1], Ladislav Šimon[1], Monika Kováčiková[1], Silvia Ozdínová[2] a Dušan Plašienka[3]

[1]Štátny geologický ústav D. Štúra, Bratislava; [2]Geologický ústav Slovenskej akadémie vied, Bratislava; [3]Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava

Abstract: *The 13th Annual Geological Seminar New knowledge about geological setting and evolution of the Western Carpathians, organized by the State Geological Institute of Dionýz Štúr (ŠGÚDŠ) and the Slovak Geological Society (SGS), was held on 11 December 2014 in ŠGÚDŠ Bratislava. The whole day program of the seminar, covering the whole range of geoscientific topics, consisted of 29 lectures and 15 poster presentations. The presentations, either oral or poster ones, have documented the progress in geosciences achieved in 2014. Afternoon program has started with awarding the SGS members, as well as several SGS subjects, by the Ján Slávik Medal and the Letter of Appreciation for their contribution to progress in geosciences. The results of the competition for the best geoscientific publication in 2012–2013 were announced in seven categories, and their winners were awarded during the seminar. The paper after introductory report about the event encompasses also the abstracts of all presentations..*

Key words: *geoscientific seminar, awards, abstracts of presentations*

Celodenný geologický seminár Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ) a Slovenskej geologickej spoločnosti (SGS) *Nové poznatky o stavbe a vývoji Západných Karpát* sa konal 11. decembra 2014 v Bratislave vo Veľkej sále Dionýza Štúra ŠGÚDŠ (obr. 1 a 2). Organizátormi seminára boli L. Šimon, Z. Németh a M. Kováčiková zo Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra a S. Ozdínová zo Slovenskej akadémie vied. Odborným garantom bol D. Plašienka z Univerzity Komenského v Bratislave. Pozíciu v čestnom predsedníctve geologického seminára prijali RNDr. V. Jánová, PhD. za MŽP SR (obr. 1), Ing. B. Žec, CSc., za ŠGÚDŠ a RNDr. I. Broska, DrSc., za GÚ SAV. Počas celodenného seminára bolo odprednášaných 29 prednášok a vystavených 15 posterov. Tieto prezentácie, pokrývajúce celé spektrum geovedných disciplín, informovali o pokroku geovedného bádania na Slovensku v roku 2014. Abstrakty prezentácií, zaradené chronologicky podľa programu seminára, sa nachádzajú za touto úvodnou reportážou.

Popoludňajší program seminára začal tradičným udeľovaním ocenení SGS. Medaila Jána Slávika bola udelená Mgr. Milošovi Gregorovi, PhD. (obr. 3), RNDr. Marianovi Janákovi, DrSc. (obr. 4), a Mgr. Petrovi Vršanskému, PhD. Štatút čestného člena SGS obdržal RNDr. Jozef Vozár, DrSc. (obr. 5). Ďakovné listy SGS za aktívnu prácu v prospech rozvoja SGS v roku 2014 obdržali Klub učiteľov geovied (obr. 6), Paleoklub (obr. 7), Geologický klub pri Prírodovedeckej fakulte UK a košická pobočka SGS. Za organizovanie terénnych exkurzií SGS a prácu v prospech SGS obdržal ďakovný list RNDr. Ivan Baráth, CSc.

Na geologickom seminári boli následne odovzdávané ocenenia za najlepšie geologické práce za roky 2012 až 2013. V kategórii *I. vedecké práce autorov bez vekového obmedzenia* bol ocenený M. Janák za publikáciu M. Janák et al. Discovery of diamond in the Tromsø Nappe, Scandinavian Caledonides (N. Norway) v Journal of Metamorphic Geology. V kategórii *II. vedecké práce mladých autorov* zvíťazila práca M. Grinča et al. Lithospheric structure in Central Europe: Integrated geophysical modelling, publikovaná v Journal of Geodynamics. V kategórii *III. vedecké monografie* bola najlepšou práca R. Aubrechta et al. Venezuelan tepuis – their caves and biota, publikovaná v Acta Geologica Slovaca. Kategóriu *IV. mapové diela* vyhrala Geologická mapa Záhorskej nížiny 1 : 50 000 K. Fordinála et al., publikovaná v ŠGÚDŠ. *V. kategóriu geologických prác zo sféry aplikovaného výskumu* vyhrala doktorandská práca Surface and groundwater quality changes in periods of water scarcity, publikovaná vo vydavateľstve Springer. Kategóriu *VI. edukačné geologické práce* vyhrala publikácia Pedogeochémia autorov J. Čurlík a Ľ. Jurkovič. Súťažnú kategóriu *VII. popularizačné práce* vyhrala monografia Banské mesto Dobšiná autorov O. Rozložník et al. (obr. 8).

13. geologický seminár ŠGÚDŠ a SGS bol miestom úspešného prezentovania nových geovedných poznatkov, ale tiež miestom početných priateľských a neformálnych stretnutí a diskusií členov geovednej komunity, ktorí nezriedka zo vzdialených miest Slovenska mali možnosť bilancovať spolu uplynulý rok a tiež pripravovať námety na spoluprácu do ďalšieho obdobia. Nech je tento ďalší úspešný geologický seminár motiváciou na intenzívne pracovné a bádateľské aktivity geovednej komunity v roku 2015.


ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV
DIONÝZA ŠTÚRA
1


2


3


13. PREDVIANOČNÝ GEOLOGICKÝ SEMINÁR
4


13. PREDVIANOČNÝ GEOLOGICKÝ SEMINÁR
5


13. PREDVIANOČNÝ GEOLOGICKÝ SEMINÁR
6


7


8

Obr. 1. Generálna riaditeľka sekcie geológie a prírodných zdrojov Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky RNDr. Vlasta Jánová, PhD. v príhovore účastníkom geologického seminára. Vľavo: RNDr. L. Šimon, PhD., vpravo: RNDr. Ján Madarás, PhD. Foto L. Martinský.

Fig. 1. General Director of the Section of Geology and Natural Resources of the Ministry of Environment of the Slovak Republic RNDr. Vlasta Jánová, PhD. at introductory speech addressed to participants of the geological seminar. Left: RNDr. L. Šimon, PhD., right: RNDr. Ján Madarás, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 2. Celodenný geologický seminár sa uskutočnil vo Veľkej sále Dionýza Štúra ŠGÚDŠ v Bratislave. Foto L. Martinský.

Fig. 2. The whole-day geological seminar was held in the ŠGÚDŠ Congress Hall of Dionýz Štúr in Bratislava. Photo L. Martinský.

Obr. 3. Odovzdávanie ocenení SGS – RNDr. Miloš Gregor, PhD. (prvý zľava), ktorý obdržal Medailu Jána Slávika za prínos do rozvoja geologických vied a za propagáciu slovenskej geológie, bol súčasne aj víťazom súťaže Najlepšia geologická práca za roky 2012 – 2013, V. kategória – Sféra aplikovaného výskumu. Smerom doprava: RNDr. L. Šimon, PhD., Ing. Z. Németh, PhD., RNDr. V. Jánová, PhD., RNDr. J. Madarás, PhD., a RNDr. S. Ozdínová, PhD. Foto L. Martinský.

Fig. 3. SGS awards – RNDr. Miloš Gregor, PhD. (first from the left), receiving the Ján Slávik Medal for his contribution to geosciences and propagation of Slovak geology, being simultaneously also the winner of the Competition for the Best Geological Publication in 2012–2013, category V – Applied Research. Next to the right: RNDr. L. Šimon, PhD., Ing. Z. Németh, PhD., RNDr. V. Jánová, PhD., RNDr. J. Madarás, PhD., and RNDr. S. Ozdínová, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 4. Odovzdávanie medaily Jána Slávika a ocenenia Najlepšia geologická práca za roky 2012 – 2013, kategória I. – vedecké práce autorov bez vekového obmedzenia, RNDr. Mariánovi Janákovi, DrSc. (vľavo). Gratuluje RNDr. J. Madarás, PhD. Zadný rad zľava: Ing. Z. Németh, PhD., RNDr. L. Šimon, PhD., RNDr. V. Jánová, PhD. a RNDr. S. Ozdínová, PhD. Foto L. Martinský.

Fig. 4. RNDr. Marián Janák, DrSc. (left) receiving the Ján Slávik Medal and the prize of the Best Geological Publication in 2012–2013, category I – Scientific Work of Authors without the Age Limitation. Congratulations by RNDr. J. Madarás, PhD. (right). Back raw from the left: Ing. Z. Németh, PhD., RNDr. L. Šimon, PhD., RNDr. V. Jánová, PhD. and RNDr. S. Ozdínová, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 5. RNDr. Jozef Vozár, DrSc., v príhovore po udelení štatútu čestného člena SGS. V pozadí sprava: RNDr. L. Šimon, PhD., RNDr. V. Jánová, PhD., RNDr. J. Madarás, PhD., a Ing. Z. Németh, PhD. Foto L. Martinský.

Fig. 5. RNDr. Jozef Vozár, DrSc., in his speech after conferment of the status of SGS Honour Member. Persons in the back from the right: RNDr. L. Šimon, PhD., RNDr. V. Jánová, PhD., RNDr. J. Madarás, PhD., and Ing. Z. Németh, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 6. Slovenská geologická spoločnosť udelila Ďakovný list odbornej skupine Klub učiteľov geovied SGS za aktívnu prácu v prospech rozvoja SGS v roku 2014 a za propagáciu geológie učiteľom základných a stredných škôl. Predsedníčka klubu doc. RNDr. Lídia Turanová, PhD., preberajúca ocenenie od predsedu SGS RNDr. L. Šimona, PhD. Foto L. Martinský.

Fig. 6. The SGS Club of Geosciences Teachers was awarded by the Letter of Acknowledgement of the Slovak Geological Society for activities in the favour of SGS in 2014 and for promoting geology to the teachers of the primary and secondary schools. Chairwoman of the Club Doc. RNDr. Lídia Turanová, PhD., receiving the Letter of Acknowledgement from the SGS Chairman RNDr. L. Šimon, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 7. Predseda odbornej skupiny Slovenský paleontologický klub Radoslav Biskupič obdržal Ďakovný list SGS za aktívnu prácu Paleoklubu v prospech SGS v roku 2014 a za originálnu propagáciu geológie cez www.paleoklub.sk. Gratuluje podpredseda SGS Ing. Z. Németh, PhD. Foto L. Martinský.

Fig. 7. Chairman of the SGS subgroup Slovak Paleontological Club (Paleoclub) Radoslav Biskupič receiving the Letter of Acknowledgement of the Slovak Geological Society for active work of Paleoclub in the favour of SGS in 2014 and for original propagation of geology on web site www.paleoklub.sk. Congratulations from the SGS Vice-Chairman Ing. Z. Németh, PhD. Photo L. Martinský.

Obr. 8. Oceňovanie najlepších geologických prác za roky 2012 – 2013. Víťazom kategórie VII. popularizačné práce bola monografia O. Rozložníka et al. *Banské mesto Dobšiná.* Cenu za kolektív autorov prevzal Ing. M. Bachňák (vpravo). Vľavo je prof. RNDr. D. Plašienka, DrSc., v strede je Mgr. M. Jankulár, PhD. Foto L. Martinský.

Fig. 8. Awarding the Best Geological Publications in 2012–2013. The monograph by O. Rozložník et al. *Banské mesto Dobšiná* has won the category VII – Popularization Publications. The price on behalf of authors was received by Ing. M. Bachňák (right). Left standing: Prof. RNDr. D. Plašienka, DrSc., sitting in the middle: Mgr. M. Jankulár, PhD. Photo L. Martinský.

1. časť – Part 1

Inžinierska a environmentálna geológia, hydrogeológia, popularizácia geológie

Engineering and environmental geology, hydrogeology, popularization of geology

P. LIŠČÁK, J. ŠIMEKOVÁ, I. MAŠLÁROVÁ a Ľ. PETRO: **Havarijné zosuvy v roku 2014**

V roku 2014 pracovníci ŠGÚDŠ vykonali registráciu 40 svahových deformácií v 14 lokalitách a k týmto zosuvom vypracovali obhliadkové správy. V tejto štatistike nie je zahrnutá *komplexná svahová deformácia Vrátna,* ktorá pozostávala z desiatok planárnych zosuvov, hlinito-úlomkovitých prúdov a skalných zrútení (presná registrácia svahovej deformácie a zhodnotenia jej príčin sú plánované na obdobie X/2014 až VIII/2015).

Pri aktivizácii svahových deformácií v roku 2014 sa dominantne uplatňovali intenzívne zrážky v kombinácii s nevhodnými antropogénnymi aktivitami (najmä odľahčenie akumulačných častí potenciálnych zosuvov, neprimerané zárezy a odrezy (obr. 1), poškodená drenáž, vypustenie vodnej nádrže v Hodruši). Okrem už spomínanej Vrátnej (21. 7. 2014) boli intenzívne zrážky príčinou svahových pohybov v Levočských Lúkach, v Malej Frankovej, v Hrachovišti a netradične v lokalite Bratislavy. Tak napríklad svahový pohyb pri PKO sa podľa medializovanej informácie aktivoval 14. septembra 2014 v súvislosti s výdatnými zrážkami, ktoré sa vyskytli v dňoch 11. až 15. 9. 2014 – na meteorologickej stanici SHMÚ Bratislava-Koliba bol zaznamenaný zrážkový úhrn 109,4 mm (http://www.shmu.sk/sk/?page=838&id=&stationId=AHS11813&uhrny=24). Tu treba zdôrazniť, že týmto zrážkam predchádzalo veľmi výrazné zrážkové obdobie. Napríklad dňa 27. 8. 2014 v neďalekej Mlynskej doline namerali 64 mm zrážok. Dážď v tento deň bol výnimočný nielen celkovým denným úhrnom (druhý najvyšší v histórii prevádzky tejto meteorologickej stanice), ale aj svojou intenzitou. Zrážky, aj keď s nižšími úhrnmi, pokračovali aj zvyšné augustové dni (zosuv na Devínskej ceste). Navyše obdobie na prelome augusta a septembra sa vyznačovalo pomerne nízkymi teplotami a tomu zodpovedajúcim nižším výparom, takže značná časť zrážok infiltrovala do horninového prostredia.

Z hľadiska spoločensko-ekonomickej významnosti sme zaregistrovali nasledujúce svahové kategórie:

1 x R4 – veľmi vysoká: očakávané škody vrátane obetí a zranení, vážne poškodenie budov a infraštruktúry, zničenie existujúceho stavu životného prostredia a socio-ekonomických aktivít;

16 x R3 – vysoká: obavy o bezpečnosť obyvateľstva, potenciálne poruchy funkčnosti stavieb a infraštruktúry, možné prerušenie ekonomických aktivít a relevantné poškodenie životného prostredia;

12 x R2 – stredná: malé poškodenie budov, infraštruktúry a životného prostredia, žiadne podstatné vplyvy na obyvateľstvo, funkčnosť budov a ekonomické aktivity;

12 x R1 – malá významnosť: marginálne sociálne, ekonomické a environmentálne škody.

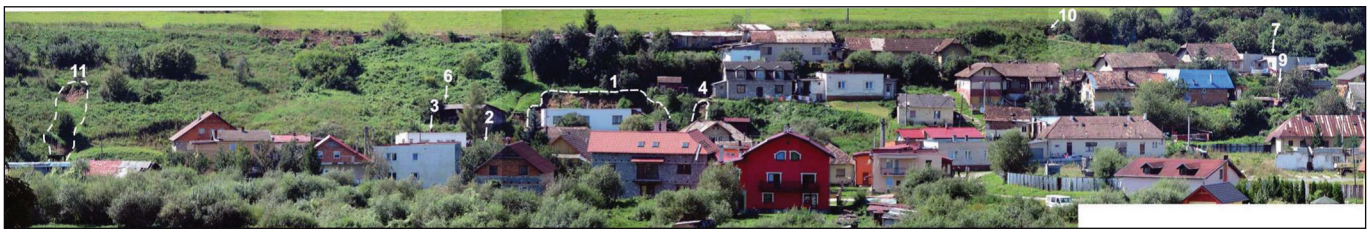
Podrobnejšie údaje o vzniku a registrácii svahových deformácií v roku 2014 uvádzame v tab. 1.

Tab. 1
Prehľad registrovaných havarijných zosuvov v roku 2014

	Lokalita	Dátum vzniku	Atlas	Typ	Kategória
1	Banka	7. 1. 2014	nie	zemný prúd	R3
2	Bardejov	2010 – 2011	nie	plošný	2x R3
3	Devínska cesta	2. 9. 2014	nie	prúdový	R3
4	Hodruša	zač. jari 2014	nie	plošný zosuv	R3
5	Hrachovište	16. 9. 2014	nie	prúdový	2x R3
6	Krupina	2013 – 2014	nie	plošný zosuv	R2
7	Levočské Lúky	1. 8. 2014	áno	11	4x R3
8	Malá Franková	1. 8. 2014	áno	14	1x R3
9	Mojšova Lúčka	16. 6. 2010	áno	3 plošné	3x R3
10	Osturňa	22. a 30. 4. 2014	áno	prúdový	R1
11	PKO Bratislava	14. 9. 2014	nie	prúdový	R3
12	Veľký Šariš	január 2014	nie	odval	R1
13	Vrátna	21. 7. 2014	nie	kamenito-	R1–R4
14	Žehra	8. 6. 2010	áno	plošný zosuv	R2

P. LIŠČÁK, A. ŽILKA, R. JELÍNEK, M. OLŠAVSKÝ, I. PEŠKOVÁ a P. PAUDITŠ: **Hlinito-kamenité prúdy vo Vrátnej**

Hlinito-kamenité prúdy – mury – vo Vrátnej, spolu so sprievodnými zosuvmi, vznikli v pondelok 21. 7. 2014 medzi 15.00 a 18.00 hod. v dôsledku zrážkových anomálií (podľa SHMÚ na stanici Vrátna dosiahol zrážkový úhrn 67 mm za 3 hod.). Po prepočítaní maximálnej radarovej odrazivosti na intenzitu zrážok bolo zistené, že v prvej vlne zrážok (medzi 15.15 a 15.55 hod.) spadlo cca 40 mm, v druhej vlne (medzi 15.55 a 16.55 hod.) cca 50 mm zrážok, t. j. za 1.40 hod. okolo 90 mm. V rámci dynamiky búrkových procesov pracovníci



Obr. 1. Zosuvy zaregistrované v roku 2014 v Levočských Lúkach. Je zrejmé, že výstavba prebieha v akumulačnej časti potenciálneho zosuvu (v katastri obce bolo zaregistrovaných 11 aktívnych zosuvov, zosuvy č. 5 a 8 sú mimo obrázka).

Fig. 1. Landslides registered in 2014 in the village of Levočské Lúky. It is obvious that construction of buildings took place in accumulation part of potential landslide (in the village cadaster there were registered 11 active landslides, landslides No. 5 and 8 are not visualized in the figure).

SHMÚ počítajú s určitými územnými odchýlkami. Predpokladajú, že zrážkomerná stanica Vrátna, kde bolo počas búrky nameraných 52 mm, sa nachádzala mimo epicentra zrážok. Nie je preto vylúčené, že na priľahlých kopcoch Vrátnej doliny spadlo počas búrky aj *viac než 90 mm zrážok za 1.40 hod.!!!* (http://www.shmu.sk/sk/?page=1741). Súčasne vznikla v oblasti povodňová situácia a v obci Terchová starosta obce 23. 7. 2014 o 15.30 hod. vyhlásil mimoriadnu situáciu. Došlo k zaplaveniu územia katastra obce Terchová – Vrátna dolina – Štefanová. Mnohé ulice boli odrezané od zásobovania, zdravotnej pomoci, poškodené boli cestné komunikácie, premostenia, došlo k zatopeniu majetku obyvateľov v spomínaných lokalitách.

V geologickej stavbe predmetného územia sa uplatňujú horniny tatrika a fatrika. Väčšia časť zosuvov, resp. odlučných plôch, je situovaná najmä v najmladších horninách fatrickej sekvencie (titón – neokómske slienité vápence) s úklonom 25 – 35° generálne k západu. Tento systém sklonu sme pozorovali v lokalite *Steny-severný vrchol* až na kontakt hornín s tatrikom (horniny vrchného až spodného triasu). V lokalite *Sedlo za Hromovým* sme zaznamenali smer sklonu na sever, čo sa podstatnou mierou podpísalo pod vznik planárnych zosuvov v tejto oblasti.

Kvartérne sedimenty sú reprezentované delúviami pestrého litologického zloženia od kamenitých sutí cez hlinito-kamenité sute až po deluviálne hliny. Deluviálne sedimenty pokrývajú prevažnú časť predmetného územia, ich hrúbka však spravidla nepresahuje 2 m.

Inžinierskogeologické pomery postihnutého územia sú podmienené geologickou stavbou. Podľa pôvodných predstáv severné svahy Chlebu mali predstavovať ľadovcový kar vejárovitého tvaru. Pôvodné morénové sedimenty boli rozplavené, resp. včlenené do materiálu deluviálnych sutí. Podľa Baliaka et al. (1981) svahová deformácia na severnom svahu Chlebu má formu skalného zosunu po predisponovaných vrstevných plochách. Maximálna dĺžka skalnej akumulácie je 1 400 m (S – J), maximálna šírka 700 m (V – Z), maximálna hrúbka asi 30 – 50 m. Výška porušeného svahu z dna doliny po hrebeň je 600 m. V odlučnej oblasti sa vytvorili dve hlavné podkovovité odlučné steny ohraničujúce zosun, z ktorých jedna siaha až po vrchol Chlebu a ostro porušuje jeho pôvodný kupolovitý tvar. Maximálna výška odlučných skalných stien je 50 m. Skĺznutie, resp. zrútenie skalných jurských vápencových más, sa uskutočnilo po bridličnatom súvrství karpatského keupru (vrchný trias). Generálny sklon vrstevných komplexov je 30 – 40° na sever, teda smerom po svahu. Tak ako v desiatkach prípadov v mezozoických pohoriach Slovenska, aj tu rigidne, tektonicky rozlámané kryhy jurských vápencov, ležiace na plastickom keuperskom bridličnatom súvrství, podmienili vznik pomalých plazivých deformácií, ktoré sa postupom času transformovali do rozsiahleho zosuvu. Tieto sa vyznačujú veľkou litologickou premenlivosťou v závislosti od podložných hornín, pričom dolinky erózneho pôvodu sa zbiehajú práve nad stanicou lanovky Vrátna. Na slienitých sedimentoch mráznického súvrstvia sú vyvinuté hlinito-kamenité až hlinité delúviá. Práve v týchto deluviálnych sedimentoch sa pod hrebeňom zhruba vo výške 1600 – 1500 m n. m. aktivovali hlinito-kamenité prúdy hrúbky 1 – 2 m (obr. 1).

Svahové pohyby po planárnej šmykovej ploche tu boli podmienené priaznivým sklonom vrstevnatosti/bridličnatosti. V odlučných častiach týchto zosuvov neveľkej hrúbky sa odtrhli pomerne malé, ale početné „platne" zosuvného materiálu (každá z nich dosahovala rozmery niekoľko 100 m^2), ktoré sa spravidla pohybovali rýchlosťou niekoľko metrov za sekundu preferenčne lavínovými žľabmi, často po vegetačnom pokryve (tráva, čučoriedky), keďže tieto rastlinné pokryvy boli intenzívne zmáčané.

Približne 800 m od dolnej stanice lanovky Vrátna bola hrúbka valiacej sa masy voda – kamene – hlina – stromy zmeraná na nepoškodených stromoch. Zdá sa, že hrúbka prúdu tu dosiahla až 2 m – v čase obhliadky (28. 7. 2014) tam tiekol už len potôčik hĺbky 20 cm.

Prúd valiacej sa zmesi voda – hlina – kamene pokračoval úzkou dolinou smerom na Vrátnu. Tu naberal tiež dnové akumulácie, ktoré sa tu akumulovali v predchádzajúcom období a pripájali sa k nemu podobné, aj keď menšie prúdy z bočných doliniek. Väčšina prúdov erodovala dolinky až na skalný podklad.

Zhruba vo vzdialenosti 560 m od stanice lanovky sa 2 hlavné prúdy spojili (lievikovité spojenie dolín), navyše z okolitých svahov



Obr. 1. Odlučné oblasti kamenito-hlinitých prúdov v oblasti Hromového.

Fig. 1. Scar edges of the stone-loamy flows in the Hromové area.

dochádzalo k mobilizácii deluviálnych kamenitých sutí, ktoré prispievali do materiálu kamenitých prúdov. V týchto častiach územia sa pravdepodobne vyskytli aj skalné zrútenia charakteru opadávania úlomkov a blokov. Na mnohých stromoch, ktoré zostali stáť nepoškodené, boli zaregistrované čerstvé zárezy na kôre, nepochybne v dôsledku nárazov úlomkov a blokov (do výšky 2 m), ktoré takisto prispievali do materiálu kamenitých prúdov.

Celková kubatúra premiestneného materiálu sa odhaduje na minimálne 100 000 m^3. Čelo kamenitého, resp. kamenito-hlinitého prúdu dosiahlo dolnú stanicu lanovky, v ktorej síce došlo k materiálnym škodám, ale zdá sa, že nedošlo k vážnym statickým poškodeniam budov a stĺpov lanovky.

P. ONDREJKA, J. ŠIMEKOVÁ a P. LIŠČÁK: **Sanácia havarijných zosuvov v Hradci a vo Veľkej Lehôtke**

Na území Slovenska bolo doteraz zaregistrovaných viac ako 21 000 svahových deformácií, čo predstavuje plochu 257 591,2 ha (5,25 % rozlohy územia Slovenskej republiky). Na najviac postihnutých okrajových územiach neovulkanitov môžu zosuvy postihovať až 60 % plochy daného územia. Práve v regióne neogénnych vulkanitov, resp. v jeho okrajovej časti, sa nachádzajú obidve zosuvné lokality – Hradec a Veľká Lehôtka (mestské časti Prievidze v rámci obvodu Štvrte), v ktorých došlo v rokoch 2012 a 2013 k aktivizácii zosuvov.

V dôsledku rozvoja svahového pohybu boli porušené viaceré rodinné domy. V tejto súvislosti samospráva mesta Prievidza zabezpečila realizáciu orientačného inžinierskogeologického prieskumu a následne Ministerstvo životného prostredia SR doplnkový inžinierskogeologický prieskum (Fekeč a Ilkanič, 2014), ktorý bol spojený s realizáciou okamžitých protihavarijných opatrení. Treba však podotknúť, že zosuvné územie je známe už dávnejšie, a to z inžinierskogeologického prieskumu svahových porúch severozápadného okraja pohoria Vtáčnika (Fussgänger et al., 1980), v rámci ktorého bolo realizované komplexné mapovanie v mierkach 1 : 5 000 a 1 : 10 000.

Hlavnou príčinou aktivizácie svahového pohybu sú predovšetkým geologicko-tektonické pomery. Severozápadné svahy na úpätí Vtáčnika sú vďaka svojej geologickej stavbe predisponované na gravitačné porušenie, teda na svahové poruchy od iniciálneho porušenia (blokové rozpadliny) vo vrcholových častiach pohoria cez blokové polia, ktoré predstavujú dislokované bloky andezitov, až po zosuvy vznikajúce v ich predpolí. Rigidné vulkanické horniny (andezity, aglomerátové tufy) ležiace na plastickom súvrství neogénnych sedimentov vytvárajú zároveň vhodné podmienky na infiltráciu zrážkových vôd cez systém puklín. Atmosférické

vody sa takto dostávajú k priepustnejším polohám v neogénnych sedimentoch a vytvárajú viacero tlakových horizontov podzemnej vody. Práve tieto skutočnosti v kombinácii s nepriaznivými klimatickými pomermi a nevhodnými antropogénnymi zásahmi vytvorili vhodné podmienky na vznik a rozvoj zosuvov.

Z tohto dôvodu boli sanačné práce navrhnuté tak, aby dokázali z postihnutých území efektívne odvádzať čo najväčšie množstvo vody. Na tento účel boli na jednotlivých zosuvných územiach naprojektované objekty, ktoré v budúcnosti zaistia hĺbkové, podpovrchové a povrchové odvodnenie. Vybudované boli subhorizontálne vrty, drenážne a drenážno-stabilizačné rebrá, povrchové rigoly a celý rad sekundárnych objektov, ktorých úlohou je bezpečné odvedenie povrchových a podzemných vôd mimo zosuvného územia.

Zrealizované terénne úpravy a vybudované sanačné objekty efektívne prispeli k zníženiu infiltrácie atmosférických zrážok do horninového prostredia a tiež k poklesu hladiny podzemnej vody. Na základe vykonaných opatrení je možné očakávať zvýšenie stability postihnutých území. Na účely jej overenia je plánované v rámci riešenia úlohy Čiastkový monitorovací systém – Geologické faktory – zaviesť na území monitorovanie pohybovej aktivity pomocou metódy InSAR. Ide o metódu, ktorá aj vzhľadom na extenzívny charakter zosuvných území, ako aj neprítomnosť funkčnej geodetickej siete zabezpečí plošnú kontrolu pohybovej aktivity.

P. MALÍK, I. SLANINKA, J. ŠVASTA a J. MICHALKO: **Rozdiely v obehu podzemných vôd jednotlivých prameňov Muránskej planiny na základe izotopového zloženia kyslíka**

V priebehu hydrogeologických mapovacích prác realizovaných na zostavenie základnej hydrogeologickej a hydrogeochemickej mapy Muránskej planiny boli počas dokumentácie všetkých vymapovaných prameňov odoberané aj vzorky podzemnej vody. Základná dokumentácia prameňov zahrňovala manuálne meranie výdatnosti prameňa, meranie teploty vzduchu a vyvierajúcej vody, meranie mernej elektrickej vodivosti vyvierajúcej vody a opis horninového prostredia predpokladanej infiltračnej oblasti prameňa, typu obehu podzemnej vody vyvierajúcej v prameni, geomorfologického tvaru výverovej oblasti a vyústenia prameňa. Vďaka relatívne veľkému počtu kvalifikovaných mapérov – hydrogeológov, ktorí sa terénnej dokumentácie prameňov Muránskej planiny zúčastnili, mohol byť celý tento proces úspešne zavŕšený v relatívne krátkom časovom období. Počas dvanástich terénnych dní bolo v relatívne stabilnom a suchom období od 10. do 21. septembra 2002 spolu takto zdokumentovaných 295 prameňov – prirodzených výverov podzemných vôd. Plocha oblasti pokrytej hydrogeologickými dokumentačnými pochôdzkami na úrovni detailu máp v mierke 1 : 10 000 bola 317 km^2.

V rámci celého súboru meraní na 295 vzorkách sa hodnoty δ^{18}O pohybovali v intervale medzi –10,90 ‰ a –7,32 ‰, kde hodnota mediánu bola –9,48 ‰. Veľkosť aritmetického priemeru hodnôt bola –9,41 ‰ a veľkosť smerodajnej odchýlky –0,74 ‰. Napriek relatívne krátkej časovej perióde odberu vzoriek (12 dní) a veľmi podobným hydrogeologickým pomerom mal teda celý súbor meraní pomerne veľký rozptyl hodnôt δ^{18}O. Hoci si boli všetky vzorkované vody navzájom podobné z hľadiska pôvodu, nie je možné vysvetliť si tento rozptyl hodnôt ako dôsledok výškového efektu. Muránska planina má výškový rozsah od 390 do 1408 m (kóta Kľak) nadmorskej výšky. Výškové rozpätie jednotlivých vzorkovaných prameňov sa pohybovalo od 390 do 1170 m n. m. Výškový gradient hodnôt δ^{18}O zistený pre podzemné vody krasových prameňov Veľkej Fatry mal veľkosť 0,1 ‰/100 m a priemerný výškový gradient δ^{18}O v zrážkových vodách na území Slovenska bol 0,21 ‰/100 m. Ak by tieto hodnoty mali platiť pre Muránsku planinu, potom by sa zistený interval hodnôt δ^{18}O mal pohybovať medzi cca 1,0 ‰ až 2,1 ‰ a nie 3,58 ‰, ako bolo namerané. Tento významný rozptyl hodnôt je zrejme spôsobený inými faktormi než výškovým gradientom. Pre merateľné parametre, ako napr. výdatnosť prameňa, nadmorská výška ústia prameňa, teplota vzduchu a vody nameraná pri odbere vzorky a hodnota mernej elektrickej vodivosti vzorkovanej vody, ktoré boli štatisticky korelované so zistenými hodnotami δ^{18}O, bola veľkosť koeficientu korelácie veľmi nízka: pre δ^{18}O verzus výdatnosť mala veľkosť iba –0,01, pre teplotu vzduchu –0,02, pre hodnoty mernej elektrickej vodivosti 0,02; pre zemepisnú dĺžku polohy prameňa –0,20 a pre zemepisnú šírku prameňa –0,43. Dokonca aj korelácia nadmorskej výšky ústia prameňa s δ^{18}O priniesla prekvapivo nízku hodnotu korelačného koeficientu (–0,36). Spolu so zemepisnou šírkou polohy prameňa a teplotou vyvierajúcej vody (korelačný koeficient 0,29) to však boli najsignifikantnejšie prejavy vzájomnej závislosti medzi všetkými merateľnými veličinami hodnoteného súboru 295 vzoriek. Na druhej strane, vzájomná korelácia teploty podzemnej vody a nadmorskej výšky prameňa mala oveľa vyššiu veľkosť koeficientu korelácie (–0,63), z čoho vyplýva, že izotopové zloženie v prameňoch vyvierajúcich vôd je okrem výškového efektu ovplyvňované aj inými faktormi. Hoci je však korelačná závislosť δ^{18}O od nadmorskej výšky nízka, celkový trend hodnôt zodpovedá svojím sklonom veľkosti výškového gradientu 0,16 ‰/100 m, čo je v súlade s hodnotami vyššie opísaných gradientov.

Potenciálny vplyv číselne nevyjadriteľných kvalitatívnych parametrov, akými sú litologické zloženie (potenciálnej) infiltračnej oblasti prameňa, charakteristika obehových ciest prameňa či geomorfologický tvar výveru na hodnoty δ^{18}O, bol hodnotený na základe porovnania štatistickej charakteristiky jednotlivých vyčlenených podskupín vzoriek z prameňov. Pre 112 prameňov vyvierajúcich z nekrasovatejúcich hornín v hodnotenej oblasti (najmä granitoidy, kremence a bridlice) bola zistená priemerná hodnota δ^{18}O –9,65 ‰ a v prípade 183 prameňov odvodňujúcich horninové prostredia vápencov a dolomitov mal aritmetický priemer δ^{18}O veľkosť –9,26 ‰. Rozdiel medzi dolomitmi (87 vzoriek) a vápencami (88 vzoriek) bol len veľmi mierny, pre podzemnú vodu z prostredia dolomitov mal aritmetický priemer δ^{18}O veľkosť –9,29 ‰ a veľmi podobnú aj pre vápence: –9,21 ‰. Rozdiely aritmetických priemerov i mediánov δ^{18}O medzi jednotlivými podrobnejšie členenými hydrogeologickými celkami s rozdielnou litológiou boli takisto zanedbateľné. Porovnanie štatistických hodnôt δ^{18}O pre jednotlivé typy prameňov (podľa charakteristiky obehových ciest prameňa) taktiež neprinieslo výraznejšie vzájomné odlišnosti medzi krasovo-puklinovými, puklinovými, sutinovo-puklinovými a sutinovými typmi prameňov. V rámci skupiny 158 sutinových a sutinovo-puklinových bola zistená priemerná hodnota δ^{18}O –9,33 ‰ a –9,50 ‰ bol priemer pre 137 krasových a puklinových prameňov s predpokladaným hlbším obehom podzemných vôd. Morfologické členenie pramenných výverov na bodové, plošné a lineárne (lineárne-korytové a lineárne-vrstevnicové) nemalo výrazné rozdiely δ^{18}O medzi jednotlivými skupinami: ich priemerné hodnoty mali veľkosť –9,41 ‰ pre 174 bodových prameňov; –9,50 ‰ pre 65 plošných prameňov a –9,28 ‰ pre 56 lineárnych prameňov.

Zdá sa, že pomerne veľký rozsah hodnôt δ^{18}O – zvyčajne 2,0 ‰ až 3,5 ‰ – bol charakteristický pre každú vyčlenenú skupinu. Je teda veľmi pravdepodobné, že jednotlivé pramene vzorkované v septembri 2002 vykazovali rozličný režim obehu, charakterizovaný rozličným časom zdržania, a izotopové zloženie vyvierajúcej vody odzrkadľovalo buď dominujúci vplyv nedávno spadnutých ťažších letných zrážok, alebo reflektovalo ešte len vplyv rozpusteného snehu zo zimných zrážok sezóny 2001/2002. Na skúmanie zdrojových vôd – izotopového zloženia zrážok – je možné použiť záznamy zo stanice Liptovský Mikuláš – Ondrašová, náležiacej do globálnej monitorovacej siete izotopového zloženia zrážok (GNIP) koordinovanej Medzinárodnou agentúrou pre atómovú energiu (IAEA). Táto stanica je pozorovaná od roku 1992 a za obdobie rokov 1992 – 2002 mal sezónny rozkyv hodnôt δ^{18}O priemernú veľkosť 13,2 ‰ ako rozdiel medzi zimnou a letnou časťou sínusoidy charakterizujúcej sezónnosť hodnôt δ^{18}O. Zimný („ľahký“) extrém tu bol okolo –18,3 ‰ a letný („ťažký“) extrém –5,2 ‰ – hodnoty boli vypočítané ako 5 %, resp. percentil 95 % z celého súboru hodnôt. Pri bližšom pohľade na priebeh zrážok, resp. efektívnych (nevyparených) zrážok a ich izotopového zloženia na stanici Ondrašová, bolo zistené, že v období cca 14 mesiacov pred vzorkovaním sa v izotopovom zložení zrážok jednotlivých mesiacov vyskytol signifikantný rozdiel. Vyššie hodnoty δ^{18}O sa vo významnom množstve vyskytli v júli a auguste 2002 a pramene s δ^{18}O okolo

–8 ‰ majú pravdepodobne rýchly obeh, ktorý bol týmito zrážkami ovplyvnený. Izotopicky ľahšie vody prameňov zrejme korešpondujú so zimnými zrážkami sezóny 2001/2002 a ich vody majú potom dlhší čas obehu.

M. GREGOR a P. MALÍK: **Využitie hybridných genetických algoritmov v hydrogeológii**

Genetické algoritmy patria spolu s neurónovými sieťami, expertnými systémami a metódami teórie chaosu do skupiny metód umelej inteligencie. Genetické algoritmy sú založené na princípoch Darwinovej evolučnej teórie a ide o stochastické prehľadávacie metódy. Sú založené na mechanizme prirodzeného výberu a princípoch genetiky. Ich praktické využitie je pomerne široké. Používajú sa najmä na hľadanie globálnych extrémov funkcie, šifrovanie, optimalizácie sieťových systémov, predpovedanie štruktúry a vlastností chemických látok.

V prezentácii sa zaoberáme ich praktickým využitím v hydrogeológii pri analýze výtokových čiar. Pomocou metódy genetických algoritmov sme vytvorili novú metodiku, s ktorou je možné tvoriť typové (skladané) výtokové čiary pre pramene a povrchové toky. Metodika rieši zároveň problémy, ktoré majú metódy vytvorené inými autormi, ako napríklad nedostatok dát, nepresné merania, zložité odtokové režimy tvorené kombináciou viacerých laminárnych a turbulentných subrežimov.

Opisovaná metodika však nezostala iba vo forme teoretického opisu. Implementovali sme ju do modulu RC 4.0 v softvérovom balíku HydroOffice (http://hydrooffice.org). Vďaka tomu si rýchlo našla uplatnenie v praxi. Príkladom inštitúcií, kde je toto riešenie používané, môžu byť napr. USGS, MIT, Yale alebo Standford University.

D. MARCIN, J. KORDÍK, J. MICHALKO a D. BOOROVÁ: **Geotermálne vody Rimavskej kotliny**

V období rokov 2005 – 2009 realizoval Štátny geologicky ústav Dionýza Štúra geologickú úlohu *Hydrogeotermálne zhodnotenie Rimavskej kotliny*, ktorej cieľom bolo zhodnotenie hydrogeotermálnych pomerov geotermálnej oblasti Rimavská kotlina vrátane zhodnotenia množstva geotermálnych vôd a geotermálnej energie v kategórii C. Geotermálne vody v Rimavskej kotline sú známe z vrtov a podzemné vody so zvýšenou teplotou z krasovo-puklinových prameňov. Tie sú viazané na triasové karbonáty silicika, ktoré sa nachádzajú na okraji kotliny alebo v podloží terciérnych hornín. Hrúbka terciérnych sedimentov v severnej časti územia sa pohybuje od 200 m do 600 m a v južnej časti je to od 200 m do 1 400 m. Chemické zloženie geotermálnych vôd sa pohybuje od chemického typu Ca-Mg-Na-HCO_3 cez Ca-Mg-HCO_3-(SO_4) až k typu Ca-Mg-HCO_3-SO_4. Mineralizácia sa pohybuje od 1 668 mg · l^{-1} do 5 647 mg · l^{-1}. Teplota vody z prameňov existujúcich hydrogeologických a geotermálnych vrtov sa pohybuje v intervale 17 – 37,6 °C. Izotopové zloženie kyslíka a vodíka podzemných vôd Rimavskej kotliny dokumentuje jej zrážkový pôvod a izotopové zloženie síry pri zdrojoch HM-5, HVŠ-1 v Tornali dokumentuje ich podobnosť so sedimentmi verfénu fatrika a pri zdrojoch Bohúňovo/Buzgó a Kunova Teplica so sedimentmi keuperu fatrika. Teploty v hĺbke 1 000 m pod povrchom sa v priestore Rimavskej kotliny pohybujú v intervale 33 – 39 °C, v hĺbke 1 500 m dosahujú 44 – 52 °C, v hĺbke 2 000 m 53 – 65 °C, v hĺbke 2 500 m 65 – 80 °C a v hĺbke 3 000 m pod povrchom sa pohybujú na úrovni 82 – 96 °C. Hustota tepelného toku dosahuje hodnotu v intervale 59,9 – 63,4 mW · m^{-2}. Realizované hydrogeologické a geotermálne vrty Rimavskej kotliny dokumentovali hydraulické parametre karbonátov silicika na úrovni $T_y = 6{,}61 \cdot 10^{-4}$ $m^2 \cdot s^{-1}$ ($s_y = 1{,}64$) a $k_z = 5{,}37 \cdot 10^{-5}$ $m \cdot s^{-1}$ ($s_z = 2{,}29$), čo reprezentuje z pohľadu odhadu koeficientu prietočnosti extrémne nehomogénne prostredie a z pohľadu odhadu koeficientu filtrácie mierne priepustné horninové prostredie. Najhlbšie geotermálne vrty realizované v oblasti Rimavskej kotliny boli vrty MEL-1 Meliata/hl. vrtu = 2 550,2 m (Šindlař et al., 1985), FGRk-1 Ivanice/hl. vrtu = 1 050 m (Marcin et al., 2009), GRS-1 Rimavské Janovce/hl. vrtu = 1 022 m (Brichta et al., 2003) a BČ-3 Cakov/hl. vrtu = 876 m (Bondarenková et al., 1988). Kým vrty MEL-1, GRS-1 a BČ-3 dokumentovali prítomnosť karbonátov silicika, tak vrt FGRk-1 tieto sedimenty nezastihol. Realizovaný geotermálny vrt FGRk-1 Ivanice dokumentoval sedimenty kvartéru (0 – 14,5 m; piesčité hliny so štrkom), neogénu (14,5 – 628,9 m; lučenské súvrstvie, panické a budikovianske vrstvy) a paleogénu (628,9 – 1 050 m; čížske súvrstvie, skálnické vrstvy). Sedimenty mezozoika boli dokumentované z hydrogeologických vrtov v oblasti Číža v minulosti a podľa makroskopického popisu boli považované za bodvaszilašské vrstvy spodného triasu silicika. Podľa dostupných údajov o geologickej stavbe predterciérneho podložia Rimavskej kotliny boli v nej vyčlenené 3 hydrogeotermálne štruktúry: stránska hydrogeotermálna štruktúra, oždiansko-skerešovská hydrogeotermálna štruktúra a oblasť karbonátov Hucín-Plešivec. Prírodné množstvo geotermálnych vôd a ich tepelno-energetický potenciál v Rimavskej kotline bol hodnotený metódou geotermickej bilancie a geotermickou objemovou metódou. Do kategórie C s ohľadom na stupeň overenia bolo zaradené množstvo geotermálnej vody (prírodné zdroje) a geotermálnej energie, ktoré bolo určené v stránskej hydrogeotermálnej štruktúre. Ide o množstvo geotermálnej vody s hodnotou 153,78 l · s^{-1}, ktoré zodpovedá množstvu geotermálnej energie s hodnotou 11,803 MW (rezervoárová teplota 37 °C, povrchová teplota 34 °C, referenčná teplota vody 15 °C). Množstvo geotermálnej vody nezaradené do žiadnej kategórie bolo vyčíslené pre oblasť oždiansko-skerešovskej štruktúry v hodnote 112,68 l · s^{-1} (množstvo geotermálnej energie prírodných zdrojov 6,083 MW) a pre oblasti karbonátov Hucín-Plešivec na hodnotu 18,28 l · s^{-1} (množstvo geotermálnej energie prírodných zdrojov 3,235 MW). Celkové využiteľné množstvo geotermálnej vody a geotermálnej energie v stránskej hydrogeotermálnej štruktúre bolo vyčíslené na hodnotu 25,5 l · s^{-1}, resp. 2,341 MW.

K. BENKOVÁ, D. MARCIN, A. REMŠÍK a R. ČERNÁK: **Prehľad využívania geotermálnej vody na Slovensku v rokoch 2000 – 2010**

Zdrojom geotermálnej vody na území Slovenska sú geotermálne vrty alebo hydrogeologické vrty s termálnou vodou, ktoré boli realizované v rámci výskumných alebo prieskumných geologických prác.

Z celkovej plochy Slovenska (49 014 km^2) zaberá vyčlenených 27 perspektívnych geotermálnych oblastí Slovenska 32 %, t. j. plochu 15 811 km^2. 26 geotermálnych oblastí bolo vyčlenených v rámci zostavenia Atlasu geotermálnej energie (1995), jedna geotermálna oblasť bola vyčlenená v Lučeneckej kotline – rapovská štruktúra (2007).

Geotermálne vody sú viazané na mezozoické karbonáty s krasovo-puklinovou priepustnosťou – triasové dolomity a vápence fatrika, hronika a silicika (53 %); na medzizrnové zvodnence neogénnych sedimentov – piesky, pieskovce a zlepence (35 %) a na medzizrnové zvodnence neogénnych sedimentov prekrývajúce mezozoické karbonáty s krasovo-puklinovou priepustnosťou (12 %).

Využívanie geotermálnej vody v jednotlivých geotermálnych oblastiach Slovenska je nerovnomerné. Je to dané geotermálnymi podmienkami jednotlivých regiónov, ako aj postupom realizácie technických prác, často v závislosti od finančných prostriedkov. Do roku 2011 bolo na Slovensku realizovaných 144 geotermálnych vrtov (okrem vrtov v kúpeľoch).

V období 2000 – 2010 geotermálna voda bola využívaná na základe nahlásených údajov odberateľmi SHMÚ v Bratislave zo 46 geotermálnych vrtov situovaných v 35 lokalitách v 13 vyčlenených oblastiach (okrem využívaných vrtov, ktoré sú v evidencii Inšpektorátu kúpeľov a žriediel). Najviac vrtov (20) bolo využívaných v centrálnej depresii Podunajskej panvy, v ostatných oblastiach 1 – 4 vrty.

Geotermálna voda z 23 využívaných vrtov (50 %) je viazaná na neogénne piesky, resp. pieskovce, a 23 vrtov (50 %) na triasové karbonáty. Aktívna časť vrtov v neogénnych kolektoroch je priemerne v úrovni cca 1 200 – 1 550 m a v triasových kolektoroch v intervale cca 635 – 1 130 m. Teplota vody na ústí vrtov z neogénnych

sedimentov je 19 – 91 °C (v priemere cca 60 °C), teplota vody na ústí vrtov z karbonátov triasu je 20 – 80 °C (v priemere 42,5 °C). Mineralizácia geotermálnej vody z piesčitých kolektorov sa pohybuje v intervale 0,4 – 6,9 g · l^{-1} (v priemere 2,5 g · l^{-1}), mineralizácia vody z karbonátov kolíše v intervale 0,5 – 19,6 g · l^{-1} (v priemere 3,25 g · l^{-1}). Prevládajúci chemický typ vody z neogénnych kolektorov je Na-HCO_3, Na-HCO_3-Cl, z kolektorov mezozoika Ca-Mg-HCO_3, Ca-Mg-HCO_3-SO_4, resp. Na-Cl.

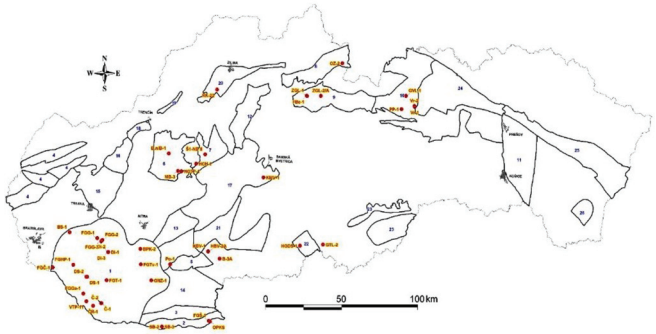
Najväčšie využitie geotermálnej energie na Slovensku v súčasnosti je na rekreačné účely (87 % z počtu využívaných zdrojov). Geotermálna voda zo 40 geotermálnych vrtov je používaná na plnenie bazénov, resp. ohrievanie vody do bazénov. Ide o sezónne letné termálne kúpaliská, ako aj celoročne využívané termálne kúpaliská s wellness. Letné termálne kúpaliská využívané prevažne v mesiacoch jún – august sú v Tvrdošovciach, Gabčíkove, Topoľníkoch, Nových Zámkoch, Diakovciach, Štúrove (vrt OPKS), Partizánskom, Rajci, Kalinčiakove a Dolnej Strehovej. Termálne kúpaliská s celoročnou prevádzkou sú v Dunajskej Strede, Sládkovičove, Veľkom Mederi, Galante, Horných Salibách, Senci, Poľnom Kesove, Štúrove (vrt FGŠ-1), Patinciach, Bešeňovej, Bánovciach nad Bebravou, Malých Bieliciach, Chalmovej, Oraviciach, Bešeňovej, Liptovskom Mikuláši, Vrbove, Poprade, Veľkej Lomnici, Vlkanovej, Santovke a Rapovciach.

Na vykurovanie budov bola tepelná energia geotermálnej vody využívaná z 22 vrtov (48 % z počtu využívaných zdrojov). Najvýznamnejšie je vykurovanie nemocnice a sídliska v Galante, ako aj ohrev vetracieho vzduchu pre hnedouhoľnú baňu v Novákoch. V aquaparkoch a na termálnych kúpaliskách s celoročnou prevádzkou sú geotermálnou vodou vykurované i hotelové priestory. Ide o lokalitu Dunajská Streda, Veľký Meder, Galanta, Horné Saliby, Senec, Čilistov, Poľný Kesov, Štúrovo, Podhájska, Bánovce nad Bebravou, Malé Bielice, Chalmová, Oravice, Bešeňová, Liptovský Mikuláš, Vrbov, Poprad a Veľká Lomnica.

V poľnohospodárstve sa geotermálna voda využíva z 11 vrtov (24 % z počtu využívaných zdrojov) v 10 lokalitách v zimnej sezóne na vykurovanie skleníkov, resp. fóliovníkov pri produkcii rýchlenej zeleniny, ako aj pri pestovaní kvetov. V centrálnej depresii Podunajskej panvy sú to skleníky v Tvrdošovciach, Gabčíkove, Topoľníkoch, Topoľovci, Čiližskej Radvani, Hornej Potôni a Dunajskej Strede, v levickej kryhe v Podhájskej a v Liptovskej kotline v Bešeňovej. V Levočskej panve na lokalite Vrbov sa geotermálna voda využíva aj pri chove rýb.

V jedinej lokalite na Slovensku – v Podhájskej – je geotermálna voda exploatovaná systémom reinjektáže. Voda z exploatačného vrtu Po-1 prechádza cez výmenníky, kde odovzdáva teplo technologickej vode. Tepelne využitá geotermálna voda z vykurovania skleníkov je reinjektovaná do vrtu GRP-1 potrubím s dĺžkou 2 300 m. Odpadová voda z Termalparku je vypúšťaná do povrchového toku Liska.

V období 2000 – 2010 bolo zo 46 využívaných geotermálnych vrtov sumárne odoberaných v priemere 236,65 l · s^{-1} (6 323 167 m^3 · rok^{-1}). Pre všetky tieto vrty boli príslušnými úradmi štátnej vodnej správy vydané povolenia na odber geotermálnej vody spolu v objeme 721 l · s^{-1} (17 476 731 m^3 · rok^{-1}). Využitie vrtov podľa nahlasovaných údajov odberateľmi SHMÚ takto činí 33 % z povoleného množstva. Mnohé údaje sú však nahlasované na základe odhadu, pretože na niektorých odberných zariadeniach absentujú funkčné meracie zariadenia.



Obr. 1. Mapa využívaných geotermálnych vrtov na Slovensku v období 2000 – 2010 podľa údajov SHMÚ.

Fig. 1. Map of the used geothermal boreholes in Slovakia in 2000–2010 according to SHMÚ data.

Najväčšie množstvo geotermálnej vody bolo v rokoch 2000 až 2010 v priemere odoberané z vrtu ZGL-1 Bešeňová, ďalej z vrtu Vr-2 a Vr-1 Vrbov, FGŠ-1 Štúrovo, PP-1 Poprad, BS-1 Senec, FGG-2 a FGG-3 Galanta, Č-2 Veľký Meder, Di-2 Horné Saliby (Diakovce), FGT-1 Topoľníky, BnB-1 Bánovce nad Bebravou, Š1 NBII Nováky--Laskár, Č-1 Veľký Meder, FGHP-1 Horná Potôň, DS-2 Dunajská Streda a v roku 2010 aj z vrtu SB-2 Patince a ZGL-2A Liptovský Trnovec. Hodnota odberu z týchto kapacitne najviac využívaných vrtov je 100 000 – 1 000 000 m^3 · rok^{-1} na jeden vrt.

Využiteľné množstvo geotermálnej vody z vrtu zaradené do kategórie B v zmysle vyhlášky č. 51/2008 Z. z. bolo z predmetných využívaných vrtov do roku 2010 schválené pre 15 vrtov (v kategórii C pre 5 vrtov). V budúcnosti je nevyhnutné zosúladenie vodoprávneho rozhodnutia so schvaľovacím protokolom KKZZ.

J. KOTULOVÁ, J. HALMO, I. BROSKA, M. DRUSA, J. VLČEK, R. MILOVSKÝ a Š. PRAMUKOVÁ: **Hornonitrianska panva – nekonvenčné energetické zdroje a konverzia vydobytých banských diel na zásobník plynu**

Hornonitrianska kotlina je príkladom komplexného využitia konvenčných aj nekonvenčných zdrojov energie. Nachádzajú sa tu najväčšie slovenské ložiská hnedého uhlia a lignitu so 105-ročnou históriou exploatácie. Uhlie s výhrevnosťou do Q_r^i 16 MJ/kg ťaží v revíroch Handlová, Cígeľ a Nováky spoločnosť Hornonitrianske Bane Prievidza, a. s. (HBP). Zásoby by mali pri súčasnej úrovni ťažby vystačiť do roku 2025 – 2030.

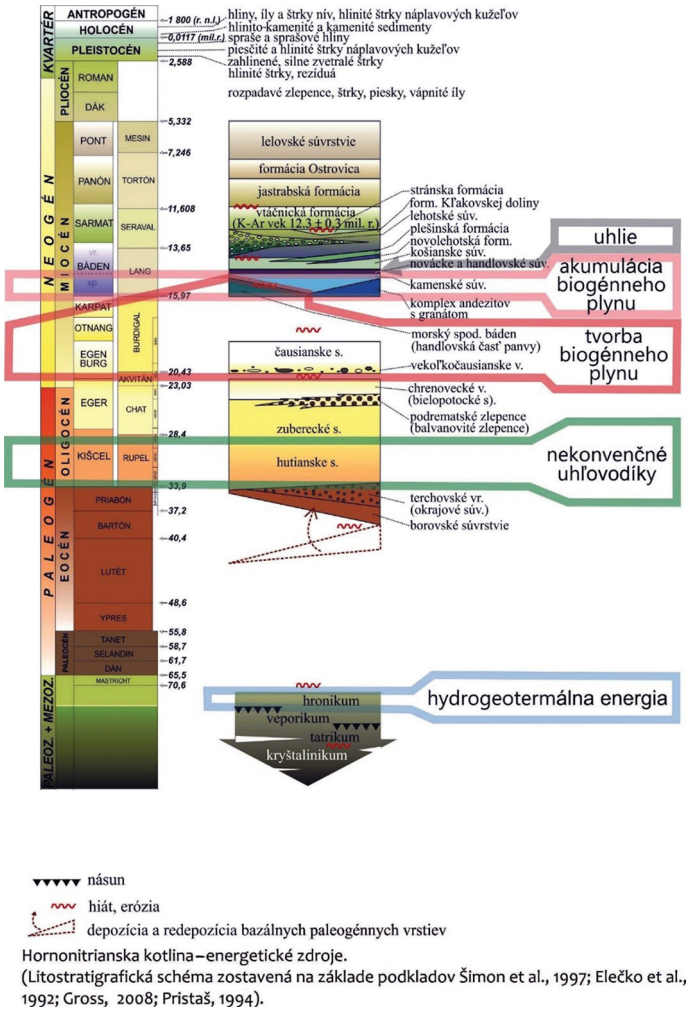
Ďalším zdrojom energie sú geotermálne vody, ktoré sú viazané na mezozoické komplexy hornín nachádzajúce sa v podloží terciérnej panvy. Možnosti využitia hydrotermálnej a geotermálnej energie v Hornonitrianskej kotline však ani zďaleka nie sú vyčerpané. Dosiaľ sa z plochy cca 200 km^2 využíva z možných cca 130 l · s^{-1} len asi 50 l · s^{-1} termálnej vody s teplotou ~65 °C.

V snahe zaistiť energetickú sebestačnosť regiónu pri znižujúcich sa zásobách uhlia vznikla aj štúdia vypracovaná Geologickým ústavom SAV a Stavebnou fakultou Žilinskej univerzity pre HBP, a. s. Hlavné výsledky štúdie sú:

1. Nové analýzy izotopov uhlíka ($\delta^{13}C$) a vodíka (δD) v metáne a etáne odobratých z vrtov SZ oblasti novácke ho revíru a z prieskumných podzemných vrtov z handlovského ložiska potvrdili, že väčšina analyzovaných plynov vznikla biogénnou cestou redukciou CO_2 v prostredí fosílnych morských vôd egenburgu a plytšie uloženého paleogénu. Biogénny metán migroval do nadložného spodnobádenského kamenského súvrstvia, kde spolu s vodou vytvára binárnu sústavu. V handlovskej časti panvy migroval metán aj do permských vulkanicko-sedimentárnych komplexov s puklinovou pórovitosťou, ktoré sa nachádzajú na geograficky vyššej pozícii. Ďalšej migrácii plynu bránia nepriepustné súvrstvia v nadloží kamenského súvrstvia – uhľonosné novácke a handlovské súvrstvie. Termogénny plyn je generovaný v hlbšie pochovaných ílovcoch spodnooligocénneho hutianskeho súvrstvia. V termogénnom, prípadne zmiešanom plyne z hlbokých vrtov prevláda metán (82 obj. %) a dusík (16 obj. %). Biogénny plyn obsahuje <95 obj. % metánu.

2. V íloch hutianskeho súvrstvia sa nachádza vysoko kvalitný kerogén typu II s potenciálom generovania ropy a gazolínu do 30 kg uhľovodíkov na tonu horniny. Horniny obsahujú organický uhlík v množstve až do 4 hm. %. Termálna premena kerogénu sa nachádza v štádiu generovania kvapalných uhľovodíkov. Ílovcové hutianske súvrstvie je potenciálnym kandidátom na prieskum a prípadnú exploatáciu nekonvenčných uhľovodíkov (typu „tight oil“).

3. Vydobyté podzemné banské diela predstavujú potenciál na ukladanie zemného plynu. V štúdii sa urobil predbežný odhad kapacity podzemného zásobníka vo vyťažených priestoroch Bane



Hornonitrianska kotlina – energetické zdroje.
(Litostratigrafická schéma zostavená na základe podkladov Šimon et al., 1997; Elečko et al., 1992; Gross, 2008; Pristaš, 1994).

Fig. 1. The Upper Nitra Basin – energetic sources.

Handlová. Po určitom rozšírení existujúcich priestorov a vhodnom technickom dobudovaní chodieb by mal vzniknúť podzemný zásobník s kapacitou 26 – 32,5 mil. m^3, kde by sa mohol ukladať plyn alebo skvapalnený plyn pri prevádzkovom tlaku 8 – 10 MPa. Predbežné náklady na vybudovanie kavrnózneho typu zásobníka sú približne 48,2 mil. eur. V zásobníku by sa mohol skladovať nielen bioplyn vyťažený zo spodnobádenských a permských rezervoárov, ale aj plyn privádzaný z blízkych strednotlakových potrubí, ktoré transportujú plyn zo zahraničia na Slovensko.

Jedným zo záverov štúdie je aj odporúčanie pokračovať v geologickom a geochemickom prieskume oblasti a v modelovaní a spresňovaní technických parametrov zásobníka.

M. JANKULÁR, J. KORDÍK, I. SLANINKA a S. MIKITA: **Monitorovanie environmentálnej záťaže skládky lúženca v Seredi – predbežné výsledky**

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, riadiaci orgán pre Operačný program Životné prostredie, schválilo v roku 2012 geologickú úlohu s názvom *Monitorovanie environmentálnych záťaží na vybraných lokalitách Slovenskej republiky*, ktorej riešiteľom je Štátny geologický ústav Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ). Cieľom geologickej úlohy je návrh a realizácia monitorovacích systémov pre vybrané environmentálne záťaže na Slovensku. Geologická úloha napĺňa programové ciele vlády Slovenskej republiky, ktoré sú definované v dokumente Štátny program sanácie environmentálnych záťaží 2010 až 2015 (Anonym, 2010).

Environmentálne záťaže predstavujú riziko znečisťovania podzemných vôd a horninového prostredia. Jednou z vybraných lokalít riešenia úlohy je skládka lúženca z bývalého závodu na spracovanie železo-niklovej rudy v Seredi. Spracovanie Fe-Ni rudy prebiehalo v rokoch 1963 – 1993, pričom lúženec predstavoval zvyšok nevylúhovanej rudy, ktorý bol vo forme kalu postupne ukladaný na skládku lúženca až do jeho súčasnej podoby. Odhadované množstvo materiálu v skládke lúženca je približne 6,5 mil. t. V roku 1997 bola časť skládky zrekultivovaná vrstvou zeminy a zatrávnená (Michaeli et al., 2012). V súčasnosti je sporadicky malá časť skládky odťažovaná a materiál využívaný na nakoncentrovanie Fe rudy pri výrobe železa.

Riešenie geologickej úlohy charakterizuje celý rad činností, najmä zostavovanie koncepčných modelov, návrh a vybudovanie monitorovacej siete, návrh a realizácia programov monitorovania (odbery vzoriek, terénne merania a laboratórne práce). V súčasnosti boli v lokalite dobudované takmer všetky novonavrhované vrty, ktoré dopĺňajú už existujúcu sieť monitorovacích vrtov. Koncepcia návrhu lokalizácie monitorovacích vrtov vychádzala z predpokladaného šírenia znečistenia v zmysle prúdenia podzemných vôd a územie rozdeľovala na dva, resp. tri celky – referenčnú oblasť a indikačnú, resp. zdrojovo-indikačnú oblasť. Referenčné vrty boli v zmysle prúdenia podzemných vôd navrhnuté nad skládkou lúženca pre zistenie kvality podzemných pritekajúcich vôd a pri, resp. pod zdrojom znečistenia (najmä smerom na JV od skládky lúženca podľa návrhu koncepčného modelu). Hlavným zdrojom znečistenia podzemných vôd bolo v minulosti transportné médium, ktorým bol ukladaný materiál dopravovaný na skládku. Samotná Fe-Ni ruda predstavuje pomerne inertný materiál, ale najmä lúžiaci roztok presakoval do podzemných vôd. Bol zistený zvýšený obsah iónov NH_4^+, NO_3^- a SO_4^{2-} (Klaučo et al., 1994; Polák, 2000). Pre vzorky podzemných vôd odobraté pre riešenú úlohu ešte nie sú výsledky, no predbežné *in situ* merania ukázali najvyššiu zistenú mineralizáciu vo vrte umiestnenom v SV časti skládky, pričom vo väčšine vôd bola zistená približne 2-násobne vyššia mineralizácia v porovnaní s mineralizáciou vôd z Váhu. Úlohou bude zistiť, či ide o šírenie znečistenia zo skládky lúženca v preferenčnom prúdení podzemných vôd (staré korytá riek) alebo z iných zdrojov, či už priemyselných alebo poľnohospodárskych.

Okrem znečistenia podzemných vôd skládka predstavuje významný zdroj prašnosti, čo má za následok zvyšovanie obsahu prvkov (Ni a Cr) najmä v pôdach. Vo vzdialenosti niekoľko sto metrov od lúženca bola v poľnohospodársky využívanej pôde zistená koncentrácia Ni a Cr v poradí 500 mg · kg^{-1} a 800 mg · kg^{-1} (Blaško et al., 1994). Je pravdepodobné, že najjemnejšie častice lúženca sú vetrom prenášané aj na niekoľko desiatok kilometrov v závislosti od smeru prevládajúcich vetrov.

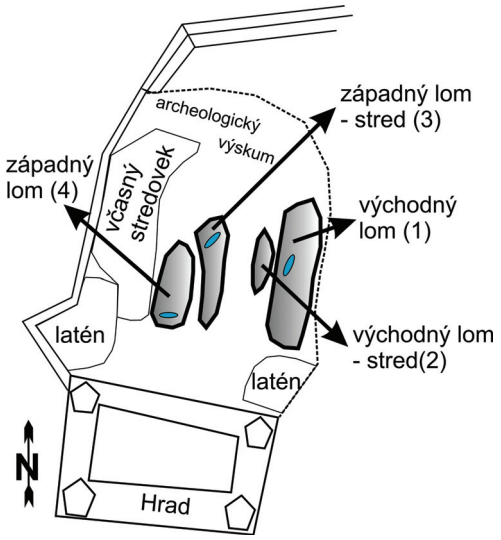
J. MADARÁS, J. BUČOVÁ, I. BROSKA a I. PETRÍK: **Historický žulový lom na severnej terase Bratislavského hradu**

Stredoveký žulový lom z čias žigmundovskej prestavby hradu v 15. stor. bol odkrytý počas archeologického výskumu na severnej terase Bratislavského hradu. Jeho vznik súvisel s využívaním lomového kameňa miestnej proveniencie pri gotickej a renesančnej prestavbe hradu. Na pláne hradu z roku 1642 je lom ešte zaznačený. V baroku – v súvislosti s rozsiahlou tereziánskou prestavbou hradu – lom zanikol a na jeho mieste bola založená barokova záhrada. Na plánoch hradu z rokov 1755, 1766 a 1784 už lom nie je zakreslený. Dočasná odkrytosť lomových jám umožnila v letných mesiacoch 2014 vykonať geologický výskum horninových odkryvov, ktoré zasahovali 7 – 8 m a v priestore bývalej zimnej jazdiarne až 10 m pod úroveň terénu. Orientačný terénny geologický výskum bol zameraný na petrograficko-mineralogickú obhliadku skalných odkryvov, spojenú s tektonicko-štruktúrnymi meraniami charakteru, sukcesie a terminácie geologických procesov. Na petrografické určenie boli odobraté horninové vzorky, ktoré sa ďalej laboratórne analyzovali. Kvôli štruktúrnym meraniam orientácie pegmatitových žíl, zlomových a puklinových plôch boli odkryvy rozdelené na štyri okrsky: východný

lom, východný lom-stred, západný lom, západný lom-stred (situačný obrázok).

Kameňolom budujú variské granitoidné horniny bratislavského masívu. Petrograficky sú tvorené najmä leukokratnými S-typovými Ms granitmi, menej Bt-Ms sivými granitmi a mafickými Bt granodioritmi. Hlavne v svetlých granitoch sú hojné žily aplitov a pegmatitov. Tie sú zvyčajne hrubé 15 – 30 cm, ale najhrubšie z nich majú mocnosť 1 – 1,5 m. Ich sledovateľná dĺžka dosahuje aj nad 15 m. Mnohé pegmatitové žily majú zonálnu stavbu. Vo východnej časti lomu sú v granitoidoch prítomné aj xenolity (dm až m rozmerov) staropaleozoických metamorfovaných hornín. Ruly majú monotónne zloženie (sericitizovaný plagioklas, kremeň, biotit), čo indikuje metapsamitický protolit (droba?). V zónach intenzívneho tektonického prepracovania vznikli výrazne usmernené a deformačne premenené horniny – mylonity.

Metamorfná foliácia rúl má priemer hodnoty smeru a sklonu 325°/50°. Plochy foliácie sú takmer jednotne orientované v smere približne SV – JZ a sú sklonené na SZ pod stredným uhlom. Tieto hodnoty sú typické pre orientáciu metamorfovaných hornín v celej južnej časti Malých Karpát. Pegmatitové žily sú dvoch smerov: majoritná skupina (S – J priebeh žíl; 84 % z celkových meraní, priemer 184°/88°) a minoritná skupina (V – Z priebeh žíl; 16 % z celkového počtu meraní žíl, priemer 105°/70°). V – Z žily sú buď súveké so S – J žilami (majú charakter „výtavkov", resp. „odžilkov" z hlavných S – J žíl) alebo sú mladšie. Kolmé pretínanie pegmatitových žíl naznačuje, že sa umiestňovali v typických a-c puklinách, ktoré vznikali pri chladnutí a následnom zmršťovaní žulovej taveniny, a zvyškové kyslé taveniny ich vypĺňali v podobe žíl, pričom niektoré trhliny neboli vyplnené. Hlavné strižné zóny sú orientované približne v smere SV – JZ a so sklonom na JV, priemer 148°/32°. Zóny majú niekedy hrúbku až 30 cm a silne deformované, usmernené granity majú charakter zelenkavých mylonitov so sericitom a chloritom. Lineácia – striácia (natiahnutie minerálov, ryhovanie) – je evidentná na niektorých strižných plochách (priemer 142°/38°), čo naznačuje SZ – JV pohyb v strižných zónach, ktoré sme identifikovali ako paleoalpínske. Poklesové zlomy a pukliny majú pravidelný výskyt vo všetkých lomových okrskoch. Prevládajú tektonické zrkadlá so sklonom na JV. Na plochách zlomov sú dobre vyvinuté asymetrické kinematické indikátory zmyslu tektonického pohybu (minerálne stupne, ryhovanie, R-strihy a pod.). Plochy zlomov sú približne SV – JZ orientované (priemer v azimute 47 – 227°) a vznikali v extenznom tektonickom režime pri pôsobení cca SZ – JV orientovanej a subhorizontálnej



Obr. 1. Pozícia kameňolomov pri Bratislavskom hrade.

Fig. 1. Position of quarries at the Bratislava castle.

tenzie (sigma 3 = 302°/04°). Ich sukcesia v porovnaní s vyššie opisovanými štruktúrami naznačuje, že ide o najmladšie identifikované štruktúry, ktoré pravdepodobne vznikali spolu s hrastom Malých Karpát a blokovými poklesovými pohybmi okrajových zón hrastu pohoria smerom do Podunajskej panvy v období miocénu.

Pri rekonštrukcii areálu do podoby barokovej záhrady a spornej výstavbe podzemných garáží sa so zachovaním lomu nepočíta. Z hľadiska prezentácie aspoň časti horninového odkryvu sme kompetentným orgánom navrhli možnosť zakomponovať časť odkryvu do podoby tzv. grotty, t. j. skalného výklenku s kamennými plastikami a sochami, čo je bežným doplnkom historických renesančných a barokových záhrad v Európe. Samotný materiál z lomu je v súčasnosti možné vidieť v suterénnych priestoroch pod severným krídlom hradu. Je možné predpokladať, že lomový materiál bol použitý aj na výstavbu hradného múru pri Viedenskej bráne, ktorý je z granitových blokov s početnými pegmatitovými žilami.

2. časť – Part 2
Mineralógia a petrológia
Mineralogy and petrology

P. UHER, V. BILOHUŠČIN, M. ONDREJKA a P. RUŽIČKA:
Akcesorický zirkón v skarne Dubová – Horné Trávniky (Malé Karpaty): vplyv prostredia obohateného Ca na pomer Zr/Hf

V skarnových polohách na kontakte devónskych slienitých vápencov a karbónskych granitických hornín modranského masívu (~345 Ma) bol identifikovaný akcesorický zirkón ($ZrSiO_4$) v asociácii s prevládajúcim diopsidom, kalcitom, albitom, K-živcom, klinozoisitom a titanitom. Zirkón vytvára idiomorfné až hypidiomorfné, prizmaticko-dipyramidálne kryštály veľkosti ~10 až 150 μm v asociácii s diopsidom, albitom, K-živcom, klinozoisitom a titanitom, lokálne obsahuje inklúzie apatitu. Kryštály zirkónu sa vyznačujú výraznou, koncentricky oscilačnou rastovou zonalitou, často v kombinácii so sektorovou zonalitou, spôsobenou jemnými variáciami obsahu Zr, Hf, U a Th, prípadne REE. Charakteristickým znakom zirkónu je nízky obsah hafnia; obsah HfO_2 varíruje v intervale 0,6 až 1,0 hm. % (0,005 až 0,009 apfu Hf), pričom zväčša nebol pozorovaný systematický trend zvyšovania alebo znižovania obsahu Hf (resp. Zr/Hf) v smere od centrálnej do okrajovej časti kryštálov zirkónu. Hmotnostný pomer Zr/Hf v študovanom zirkóne dosahuje hodnoty 56 až 98. Len ojedinele boli identifikované aj mladšie tenké okrajové zóny (2 – 5 μm), výraznejšie obohatené Hf (1,3 – 1,6 hm. % HfO_2; 0,011 – 0,014 apfu Hf), s hodnotami Zr/Hf = 35 – 45. Obsah ostatných prvkov v zirkóne z Dubovej je zvyčajne nízky (max. 0,05 hm. % P_2O_5; ≤0,08 hm. % CeO_2, ≤0,7 hm. % ThO_2; 0,6 hm. % UO_2), v okrajových lemoch môže byť zvýšená koncentrácia Y (do 1,2 hm. % Y_2O_3; 0,021 apfu Y). Hodnoty pomeru Zr/Hf v študovanom zirkóne sú výrazne vyššie ako priemerná hodnota v chondritoch (~33; Barrat et al., 2012), čo poukazuje na silnú frakcionáciu Zr a Hf. Najvyššie hodnoty pomeru Zr/Hf dosahujú zirkóny z alkalických hornín (najmä syenity, nefelínové syenity), bázických až intermediárnych vulkanických hornín, ale aj z niektorých vápnikom obohatených granitických hornín, charnockitov a pyroxénických rúl, kde obsah Hf v zirkóne môže lokálne klesnúť

až na 0,05 – 0,25 hm. % HfO_2 a pomer Zr/Hf nadobúda extrémne hodnoty 240 – 1 160 (Kapustin, 1985; Krasnobajev, 1986; Ljachovič a Višnevskij, 1990; Smith et al., 1991; Ballard et al., 2002). Na druhej strane najvyšší obsah Hf, kde pomer Zr/Hf klesá pod 10 (v extrémnych prípadoch aj pod 1), bol zaznamenaný v zirkóne z kôrových vzácnoprvkových granitových pegmatitov a frakcionovaných leukogranitov (napr. Černý et al., 1985; Wang et al., 1996; Uher et al., 1998; Breiter a Škoda, 2012) a lokálne dokonca v pegmatitoch kryštalizuje minerál hafnón $HfSiO_4$ (Correia Neves et al., 1974). Obsah Hf a hodnota pomeru Zr/Hf sú teda citlivými indikátormi prostredia vzniku zirkónu, závisia nielen od stupňa magmatickej diferenciácie (Černý et al., 1985), ale aj od rozpustnosti Zr a Hf v tavenine s rôznym pomerom alkálií (Ca, Na, K) k Al (index A/CNK, resp. ASI), teploty, ako aj pomeru distribučných koeficientov Zr a Hf (D_{Zr}/D_{Hf}) v asociujúcich mineráloch (Linnen a Keppler, 2002). V horninových prostrediach s vysokou koncentráciou alkálií a súčasne relatívne nízkym obsahom Al (lokálne aj Si) kryštalizuje zvyčajne zirkón ochudobnený Hf (<1 hm. %) a s vysokým pomerom Zr/Hf (>50). Túto závislosť možno aplikovať nielen na magmatické, ale aj na metamorfno-metasomatické prostredia, ako dokazuje aj študovaný príklad nízkohafniového zirkónu z Ca skarnu pri Dubovej.

V. BILOHUŠČIN, P. UHER a P. RUŽIČKA: **Minerály Ca skarnov v amfibolitoch v lokalite Bratislava-Rača, Veľká Baňa (Malé Karpaty)**

Polohy Ca skarnov (erlánov, vápenato-silikátových rohovcov) v spodnopaleozoických amfibolitoch a metagabrách južnej časti tatrického kryštalinika Malých Karpát (širšia oblasť Bratislavy) sú známe už dávnejšie, avšak ich minerály boli doteraz identifikované zväčša len klasickou petrografickou metódou pomocou optických vlastností (Richarz, 1908; Koutek a Zoubek, 1936; Cambel a Macek, 1972), resp. len malým počtom analýz minerálov pomocou elektrónovej mikroanalýzy – EMPA (Cambel et al., 1989). Náš výskum je zameraný na identifikáciu a podrobnú charakterizáciu variácií chemického zloženia indexových minerálov Ca skarnov pomocou EMPA ako základu na stanovenie p-T podmienok ich vzniku. Lokalita Veľká Baňa (SZ od bratislavskej mestskej časti Rača) patrí medzi miesta najlepšieho výskytu Ca skarnov v amfibolitoch Malých Karpát. Ca skarny tu tvoria polohy cm až dm hrúbky v amfibolitoch, pričom kryhy amfibolitov sú uzavreté v granitických horninách bratislavského masívu. Skarny sú tvorené asociáciou silikátov bohatých Ca s prevládajúcim pyroxénom (diopsidom-hedenbergitom), granátom (grossulárom) a klinozoisitom až epidotom, ako aj hojným titanitom. Diopsid až hedenbergit tvorí agregáty s nepravidelnou zonálnosťou, spôsobenou nerovnomernou distribúciou železa; pomer $Mg/(Mg + Fe^{2+}) = 0,48 – 0,76$ (priemer 0,62). Obsah Al a Na je veľmi nízky, dosahuje 0,01 až 0,03 apfu (cca 1 – 3 mol. % jadeitovej molekuly). Granáty tvoria idiomorfné až hypidiomorfné kryštály veľkosti do 5 mm, resp. agregáty, ktoré sa vyznačujú pravidelnou jemnou oscilačnou zonalitou s variáciami Ca, Mn, Al a Fe alebo nepravidelnou zonalitou s doménami vyznačujúcimi sa rôznym pomerom Al/Fe. Chemické zloženie granátu zodpovedá grossuláru (76 – 90 mol. %) s menším podielom andraditovej (4 – 13 mol. %), almandínovej (3 – 10 mol. %), spessartínovej (0,2 – 4,2 mol. %) a pyropovej molekuly (0,3 – 1,2 mol. %). Klinozoisit až epidot tvorí xenomorfné až hypidiomorfné jedince (do 0,2 mm veľké) s nepravidelnou zonálnosťou spôsobenou variáciami Fe a Al; pomer $Al/(Al + Fe^{3+})$ v pozícii M3 dosahuje 0,50 – 0,76. Lokálne bol v klinozoisite zaznamenaný mierne zvýšený obsah chrómu (do 0,9 hm. % Cr_2O_3; 0,05 apfu Cr). Relatívne hojný je titanit v podobe idiomorfných, 20 – 50 μm veľkých kryštálov s nepravidelne koncentrickou zonálnosťou, spôsobenou najmä variáciami Ti a Al. Obsah Al_2O_3 v titanite z Veľkej Bane dosahuje 1,2 – 3,9 hm. % (0,05 – 0,15 apfu Al), obsah Fe je podstatne nižší (0,2 – 0,8 hm. % Fe_2O_3; max. 0,02 apfu Fe). Lokálne bola v titanite detekovaná prímes chrómu (max. 0,4 hm. % Cr_2O_3; 0,01 apfu Cr) a fluóru (do 0,4 hm. % F; 0,05 apfu F). Vstup uvedených prvkov do štruktúry titanitu možno vyjadriť heterovalentnou substitúciou: $(Al,Fe,Cr)^{3+} + (OH,F)^{-} = Ti^{4+} + O^{2-}$. Polohy Ca skarnov v amfibolitoch a metagabrách južnej časti kryštalinika Malých Karpát vznikli kontaktovo-metamorfným účinkom intrúzie granitických hornín bratislavského masívu cca pred 350 Ma v podmienkach amfibolitovej fácie. Na základe predbežných dostupných údajov možno p-T podmienky vzniku študovaných skarnov odhadnúť na približne 300 – 500 MPa a cca 500 – 600 °C.

3. časť – Part 3

Sedimentológia a biostratigrafia

Sedimentology and biostratigraphy

J. MICHALÍK: **Urgónske karbonátové platformy počas barému až spodného albu – vznik, postavenie a korelácia v rámci tethydného šelfu**

Priestor západnej Tethys bol na začiatku kriedového obdobia zložito členeným tropickým oceánom, ktorý umožňoval voľný prienik rovníkového (cirkumekvatoriálneho) oceánskeho prúdu (od karbónu blokovaného pevninskou masou megakontinentu Pangea). Táto zmena vyvolala diverzifikáciu sekundárnych morských prúdových systémov, vznik upwellingových i downwellingových prúdení (ktoré vyvolali masový rozvoj vápnitého i kremitého mikroplanktónu) a koncom spodnej kriedy stagnáciu hlbinných oceánskych vôd v prospech povrchových prúdení podporujúcich rast karbonátových „urgónskych“ platforiem. Búrlivý rast týchto platforiem, lemujúcich severné i južné (gondwanské) pobrežie Tethys, prerušovali obdobia globálnej anoxie (globálne oceánske anoxické eventy – OAE), ktoré rozdelili „urgónsku“ sekvenciu na dva megacykly (vrchnohoterivsko-spodnoaptský a vrchnoaptský až spodnoalbský), líšiace sa zastúpením rifotvorných organizmov i laterálnou distribúciou. Kým napríklad klasický francúzsko-švajčiarsky vývoj patrí prvému megacyklu, na našom území je dobre dokumentovateľný druhý z nich.

V centrálnych Západných Karpatoch sa začalo ukladanie spodnokriedových hemipelagických planktogénnych vápencov manínskej jednotky v severnej časti alpsko-karpatského panvového systému po erózii vyvolanej neskoroberiaskou extenziou. Pelagické sedimenty (ďalej len ladecké, mráznické, kališťianske a lúčkovské súvrstvie) zapĺňali manínsku panvu. Epibenthická kolonizácia mäkkého dna bola postupná a dlhodobá. Bentické epifaunálne ostrovy sa tvorili okolo tvrdých predmetov na bahnitom dne v kališťianskom a lúčkovskom súvrství. Najvyššie časti pelagickej vápencovej sekvencie boli datované ako neskorý barém amonitmi zóny Vanderheckii.

Zvýšená kalcifikácia bentických organizmov (a prísun klastík z prograduj úceho svahu karbonátovej platformy) mala za následok rast „urgónskej“ karbonátovej platformy počas skorého aptu. Svahové sedimenty začali výplňou podmorských kanálov a rohovcovými organodetritickými vápencami podhorského súvrstvia. Horniny sa vyznačujú pomerne vysokým obsahom mikritu, alochémy predstavujú fragmenty heterotrofných organizmov, väčšinou ostnatokožcov a mäkkýšov. Orbitolinidné foraminifery *Palorbitolina lenticularis, Orbitolina (Mesorbitolina) parva, Orbitolinopsis simplex* označujú aptský vek. Jadro platformy tvorili masívne organodetritické vápence manínskeho súvrstvia. Orbitolinidy a úlomky rudistov sú častejšie,

riasy a koraly sa vyskytujú podradnejšie. Tieto fácie zastupujú zarifovú zónu, lagúnu a/alebo hlbšie časti vonkajšej platformy. Prítomnosť planktonických foraminifer *Ticinella roberti* dokazuje najmladší aptský/skorý albský vek najvyššej časti karbonátovej sekvencie.

Pozitívne a negatívne exkurzie s vysokým rozlíšením krivky izotopu $\delta^{13}C$ by mohli naznačovať epizódy zmien životného prostredia a ich vplyv na bioproduktivitu vo vývoji karbonátovej platformy. Rast platformy zastavil strednoalbský termálno-tektonický kolaps, keď sa na prepadnutom povrchu bývalej platformy vytvoril povrch tvrdého dna navŕtaný organizmami (vŕtavé huby, lastúrniky). Tvrdý povrch niekedy pokrývali stromatolitické nárasty či železito-glaukonitové kôry, alebo tenká vrstvička kalcisferulidového vápenca. Sekvenciu zakryli pelagické bridlice butkovského súvrstvia.

D. PIVKO a I. SLÁDEK: **Paleoekológia a sedimentológia profilu bádenských morských a riečnych sedimentov v historickom kameňolome na svahu Devínskej Kobyly**

Nad Devínom na JZ svahu Devínskej Kobyly v nadmorskej výške 295 až 325 m sa nachádza historický kameňolom činný od stredoveku. V celom kameňolome môžeme sledovať bádenské sedimenty v hrúbke cca 30 m. Ide o nesúvislý profil, ktorý sa však dá nadpájať.

Spodných 6 metrov tvoria sedimenty hlbšej pláže s hrubozrnným pieskovcom, s rozptýlenými obliakmi a zriedkavými polohami drobnozrnných zlepencov – pravdepodobne sediment silných búrok. Hybridné pieskovce sú trojzložkové, zložené zo siliciklastických minerálov (hlavne kremeň) a hornín (kremence, bridlice), karbonátov (vápence a dolomity) a fosílií, z ktorých prevažujú koralinné riasy, menej je foraminifer s hyalinnou a porcelánovou schránkou, ježoviek, machoviek a lastúrnikov. Na pieskový substrát sa prichytili riasové hľúzky a vytvorili malý rif hrubý cca pol metra, ktorý je v nadložnom metri už rozrušený. Do nadložia sa opakuje cca 10 m hybridný pieskovec s rozptýlenými obliakmi a ojedinelými polohami zlepencov. V profile sa približujeme k pobrežiu, a preto má sediment charakter zlepenca (cca 2 m). V nadloží sa nachádza hrubozrnný pieskovec až drobnozrnný zlepenec v hrúbke cca 4 m, v ktorom sú dve polohy obohatené o riasové hľúzky. Nad tým sa nachádza cca polmetrová poloha obohatená o obliaky a hľúzky rias a machoviek. Polohy s hľúzkami rias, prípadne machoviek, sú odozvou blízkeho riasového rifu. Profil pokračuje strednozrnným hybridným pieskovcom (1 m). Nad ním je podobný ale rozpadavý hnedý pieskovec (70 cm), ktorý naznačuje zvetrávanie. V nadloží sa nachádza 45-centimetrová vrstva žltého jemného piesku zložená z kremeňa, zvetraných živcov, fylitov. Asi je to zvetralina, miestami sú v nej organické zhluky a povlaky. Zvetralina leží na erozívnom povrchu, lebo chýbajú hrubozrnné klastiká morského pobrežia. V nadloží zvetraliny sa nachádza riečny štrk (75 cm) s obliakmi hlavne porfyroidov do pár cm. Nad tým je piesčitý morský sediment (cca 10 cm) s prevahou zvláštnych porcelánových foraminifer, ktoré poukazujú na pokojné málo prekysličované prostredie. Sedimentácia pokračuje trojmetrovou vrstvou hrubozrnného zlepenca s obliakmi až do 10 cm s jednou jemnejšou vrstvičkou s obsahom morských fosílií: koralinných rias, foraminifer, ježoviek a lastúrnikov. Pravdepodobne sa tu prerezala bariéra brániaca morskému príboju. Profil bádenských sedimentov v lome poukazuje na prerušenie morskej sedimentácie v dôsledku poklesu morskej hladiny. Vzácne zachytáva suchozemské sedimenty.

Ďakujeme grantu VEGA 1/0979/11.

I. BARÁTH: **„Poduškový efekt“ pri eolickom transporte hrubých klastík**

Pri terénnom mapovaní eolických usadenín bez prítomnosti vhodných odkryvov často dochádza k problému, ako odlíšiť eolické usadeniny od usadenín fluviálneho pôvodu. Obvykle sa vychádza z predpokladu, že fluviálne usadeniny obsahujú podiel štrkovej zložky, kým eolický transport má byť charakterizovaný vytriedenými pieskami. Čiže ak sa v pôdnom pokryve nachádzajú obliačiky, usadeniny sú interpretované ako fluviálne.

V lokalite Plavecký Štvrtok na Záhorskej nížine sme študovali vzťahy uvedených dvoch typov sedimentov kvartérneho veku priamo v rozsiahlom odkryve. Fluviálne piesky s obsahom drobnozrnného kremenného štrku tu majú charakteristické malorozmerné šikmé zvrstvenia, prítomné sú výplne erozívnych korýt a hojné stopy po vertikálnom úniku vody. Naproti tomu nadložné eolické sedimenty majú typické veľkorozmerné šikmé zvrstvenie dunového typu. Avšak eolické piesky na báze až do vertikálnej vzdialenosti 1,5 m od kontaktu s fluviálnym podložím tiež obsahujú hojné obliaky kremeňa do priemeru 2,5 cm. V uvedenej lokalite je odkrytá aj rozsiahla horizontálna plocha v eolických sedimentoch, aktívne atakovaná vetrom s recentnou tvorbou pieskových dún do výšky 1 m.

Na náveterných svahoch dún sme mohli priamo pozorovať pohyb kremenných obliakov činnosťou vetra nielen po subaerickom povrchu, ale navyše smerom na vrchnú časť duny, teda proti gravitácii. Pohyb je interpretovaný „vankúšovým efektom“ s pretlakom vzduchu v medzizrnovom priestore piesku, ktorý nadľahčuje uvedené hrubé klasty.

Podobné efekty poznáme aj napr. pri veternom pohybe veľkých klastov po horizontálnom povrchu vyschnutého jazera na dne Dead Valley v Kalifornii, kde nadľahčujúci vankúš sprostredkováva pretlak intergranulárnej vody v jemnozrnnom sedimente z občasných dažďov.

R. BISKUPIČ: **A new occurrence of gastropod *Persististrombus exbonellii* (Sacco, 1893) (Caenogastropoda: Strombidae) from the Badenian (Middle Miocene) sediments of Vienna Basin (Western Carpathians, Slovakia)**

From the Badenian (Middle Miocene) sandy facies of the Slovak part of Vienna Basin there come a first finds of the strombid gastropod species *Persististrombus exbonellii* (Sacco, 1893) (Caenogastropoda: Strombidae). Fossil remnants of this gastropod have been obtained from the Upper Badenian sediments of the Studienka Formation at the locality Rohožník – Konopiská. The Rohožník village is situated in the eastern marginal part of the Vienna Basin, near western edge of the Malé Karpaty Mts., approximately 15 km NE from the town of Malacky. At the locality Konopiská, located south of Rohožník village, there have been exposed particularly Upper Badenian pelitic sediments of the Studienka Formation with occurrences of a rich marine invertebrate and vertebrate assemblages. Lower Sarmatian strata of the Holíč Formation are predominantly composed of pelitic facies with the presence of marine micro- and macrofauna.

Dominant part of the investigated fossil shells comes from the layers of Upper Badenian pale-grey sands to sandy clays. During the field-works in 1996–1999 there have been discovered even 34 specimens of the strombid gastropods, which were identified as

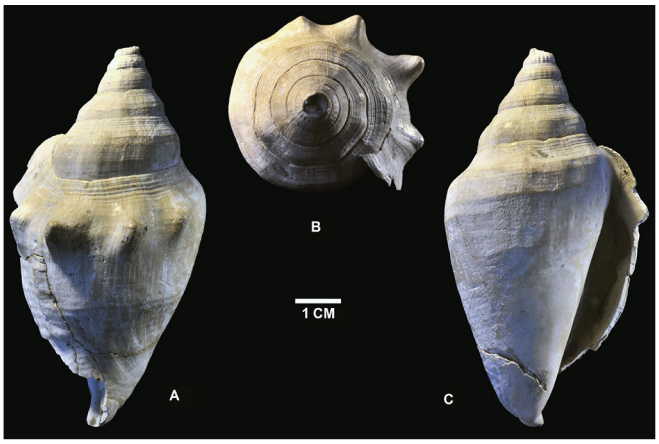


Fig. 1. *Persististrombus exbonellii* (Sacco, 1893), Rohožník – Konopiská, facies of pale-grey sandy clays, Upper Badenian. A – dorsal view; B – apical view; C – ventral view.

Persististrombus exbonellii (Sacco, 1893) (Fig. 1). This relatively rich and well preserved fossil material has been composed of 17 adult and 17 juvenile specimens. Altogether 2 shells, of which 1 was adult and 1 juvenile specimens were obtained from the strata of sands with gravel beds.

According to Harzhauser & Kronenberg (2013), the stratigraphic and geographic range of this taxon in the Miocene of Central Paratethys is restricted only to the Lower Badenian (Upper Lagenidae Zone) of Austria. However, as this short contribution suggests, the new finds of *P. exbonellii* from Slovakia are a first documented occurrence of this gastropod species in the Upper Badenian of Central Paratethys.

The species *P. exbonellii* reaches the highest abundance in the facies of pale-grey sands to sandy clays. An accompanying communities of the diverse marine invertebrates indicate the conditions of marine environments with sandy to sandy-clayey seabed in the infralittoral zone. Presence of the mass occurrence of gastropod *Smaragdia viridis* (Linnaeus) implies the habitat of the sea bottom covered by seagrass meadows. In modern seagrass environments, the representatives of the genus *Smaragdia* belong to the typical dwellers (Zuschin et al., 2007; Harzhauser, 2014).

From the Slovak part of the Vienna Basin, there comes a first evidence of the species *P. exbonellii* in the Upper Badenian of Central Paratethys. These new discoveries from Slovakia expand the stratigraphic and geographic distribution of *P. exbonellii* in the Central Paratethys realm. The studied strombid gastropods lived in the eastern marginal part of the Vienna Basin during the Upper Badenian in the shallow-water marine environments of the infralittoral zone on the soft sandy and sandy-clayey bottom overgrown by the seagrass meadows.

D. BOOROVÁ, M. HAVRILA a J. HAVRILA: **Výsledky štúdia bázy lunzských vrstiev hronika na základe dierkavcov**

Predložené sú výsledky úvodného biostratigrafického výskumu bazálnej časti reingrabenských bridlíc (spodnej časti lunzských vrstiev). Vykonaný bol v priestore západnej a centrálnej časti bielovážskeho bazénu (v zmysle Havrilu, 2011) hronika, zachovanej vo východnej časti Veľkej Fatry, ale najmä v Chočských vrchoch a Nízkych Tatrách. Skúmané boli lokality Liptovská Osada, Liptovské Matiašovce, Turík, Liptovský Ján a Svarín. Tak ako v Severných Vápencových Alpách, aj v centrálnych Západných Karpatoch boli z reingrabenských bridlíc získané mikrofosílie širšieho spektra organizmov, najmä však dierkavce.

Spoločenstvá v jednotlivých lokalitách sú vďaka svojej pozícii vo vrstevnom slede, resp. v paleopriestore rôznorodé. Okrajová časť bazénu je zachovaná v okolí Liptovskej Osady. V podloží lunzských vrstiev tam vystupujú rify wettersteinskej fácie pôvodne tvoriace okraj karbonátovej plošiny. Jej časť bola zlomom oddelená, vytvoriac tak kryhu, na ktorej počas jej klesania do bazénu sedimentovali korytnické vápence (aonové vrstvy) s patch-reefmi „cidarisových" vápencov. Lokalita Liptovské Matiašovce sa nachádzala v dosahu rozšírenia proximálnejších častí turbiditných prúdov, z ktorých sa usadili raminské vápence, zdrojom detritu, ktorých boli wettersteinské rify lemujúce okraj mojtínsko-harmaneckej karbonátovej plošiny. Lokality Turík, Liptovský Ján a Svarín sa nachádzali v centrálnejšej časti bielovážskeho bazénu. Lokality Turík a Liptovský Ján sa nachádzali v dosahu distálnych častí turbiditných prúdov, z ktorých sa usadili göstlinské vápence, resp. trachycerasové vrstvy. Lokalita Svarín sa nachádzala už mimo dosahu turbiditných raminsko-göstlinských fácií.

Najbohatšia a najviac diverzifikovaná mikrofauna dierkavcov bola zistená v lokalitách Turík a hlavne Liptovský Ján, kde bolo identifikované spoločenstvo bentických dierkavcov, reprezentované *Hyperammina stabilis* Kristan–Tollmann, *Ammodiscus* sp., *Pachyphloides dracosimilis* (Oberhauser), *Pachyphloides* ex gr. *oberhauseri* Civrieux et Dessauvagie, *Nodosaria levifracta* Kristan–Tollmann, *Nodosaria* ex gr. *nitidana* Brand, *Dentalina* ex gr. *subsiliqua* Franke, *Pseudonodosaria sphaerocephala* Kristan–Tollmann, *Pseudonodosaria vulgata multicamerata* (Kristan–Tollmann), *Lenticulina (Lenticulina)* cf. *gottingensis* (Bornemann), *Lenticulina (Lenticulina)* ex. gr. *matutina* (d´Orbigny), *Lenticulina (Lenticulina) nauptiloides* (Bornemann), *Astacolus carnicus* (Oberhauser), *Marginulina erromena turica* Samuel, *Lingulina infirmis* Oberhauser, *Lingulina esseyana* Deecke, *Frondicularia sulcata* Bornemann, *Duostomina alta* Kristan–Tollmann, *Duostomina biconvexa* Kristan–Tollmann, *Variostoma cochlea* Kristan–Tollmann. Obidve lokality obsahujú rovnaké spoločenstvá. V Liptovskej Osade bolo zistené spoločenstvo, v ktorom sa na rozdiel od ostatných lokalít vyskytujú vysokoklenuté formy *Lamelliconus multispirus* (Oberhauser), *Lamelliconus procerus* (Liebus), *Pragsoconulus robustus* Oberhauser, resp. *Lamelliconus ventroplanus* (Oberhauser). Zaznamenané bolo tiež spoločenstvo, dominantne pozostávajúce zo zástupcov ophtalmídií. Najchudobnejšie, zle zachované bentické dierkavce pozostávajúce z hyperamín a duostomín poskytla vzorka z Liptovských Matiašoviec. Na lokalite Svarín prevláda „duostominová" zložka, avšak dierkavce vykazujú väčšiu diverzitu a bohatšie zastúpenie jednotlivých foriem v porovnaní s lokalitou Liptovské Matiašovce. Prevaha duostomín bola zaznamenaná aj na lokalite Turík.

Identifikované dierkavce umožnili stanoviť vek karn – jul reigrabenských bridlíc. Časť foriem uvedených z reigrabenských bridlíc Západných Karpát bola pôvodne opísaná z iných (hlavne mladších) stratigrafických horizontov.

Poďakovanie. Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave prostredníctvom projektu „Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenskej republiky v mierke 1 : 50 000."

J. HAVRILA a M. HAVRILA: **Ráztocký vápenec v štureckej faciálnej oblasti**

Ráztocký vápenec tvorí súčasť vrstvového sledu hronika popri východnom aj západnom okraji mojtínsko-harmaneckej karbonátovej plošiny. Je resedimentom z plytkovodných do priľahlých pelagických priestorov. Obsahuje zmes alochémov plytkovodného a pelagického pôvodu. Vo vrstvovom slede vystupuje medzi jasenským a reiflinským vápencom. Bol zistený v lokalitách Harmanecká jaskyňa (pri Hornom Harmanci), Tintovo (pri Kordíkoch), Liptovské Revúce a Podhradie (pri Topoľčanoch).

Ráztocký vápenec sa v jednotlivých lokalitách líši najmä celkovou hrúbkou a počtom vrstiev. V lokalite Harmanecká jaskyňa tvorí jedno hrubšie teleso medzi jasenským a reiflinským vápencom a jedno tenšie teleso v reiflinskom vápenci. V Liptovských Revúcach tvorí jedno hrubé teleso medzi jasenským a reiflinským vápencom zodpovedajúce spodnému telesu lokality Harmanecká jaskyňa. Spomenuté odlišnosti vyplývajú z paleogeografickej pozície lokalít.

Ráztocký vápenec v štureckej faciálnej oblasti (ležiacej medzi mojtínsko-harmaneckou plošinou a bielovážskou panvou) je prevažne sivý a tmavohnedosivý (v porovnaní s jasenským vápencom je zreteľne svetlejší). Prevažne je vrstvovitý, zriedkavo aj hľuznatý. Vrstvové plochy má zvlnené a nerovné. Hrúbka vrstiev siaha od troch do päťdesiatich centimetrov, priemerná je štrnásť centimetrov (v porovnaní s jasenským vápencom je zreteľne hrubovrstevnatejší). Celková hrúbka vápenca siaha od dvoch do šiestich metrov. Obsahuje jemnozrnný až hrubozrnný organický detrit. Z makrofosílií obsahuje zvyšky ramenonožcov, amonitov a ľalioviek.

Mikrofaciálne je ráztocký vápenec štureckej faciálnej oblasti podľa klasifikácie Embryho a Klovana (1971) prevažne wackestone až packstone a packstone až grainstone. Zriedkavejšie je wackestone, packstone, rudstone a mudstone až wackestone. Z mikrofosílií obsahuje časté úlomky ostnatokožcov, úlomky lastúrnikov, dierkavce a úlomky aj celé schránky ramenonožcov. Menej časté sú lastúrničky, ostne ježoviek, zúbky rýb, zvyšky šupín rýb, úlomky aj celé schránky ulitníkov, globochéty, kalcisféry a ihlice hubiek. Zriedkavé sú mrežovce a amonity. Z ostatných alochémov sú časté peloidy, menej časté intraklasty a zriedkavejšie onkoidy. Medzi ďalšie znaky patrí rôzna pokročilosť mikritizácie časti dierkavcov, navŕtané schránky ramenonožcov, bioturbácia a imbrikácia bioklastov. Zanedbateľne je prítomný pyrit a klastický i autigénny kremeň.

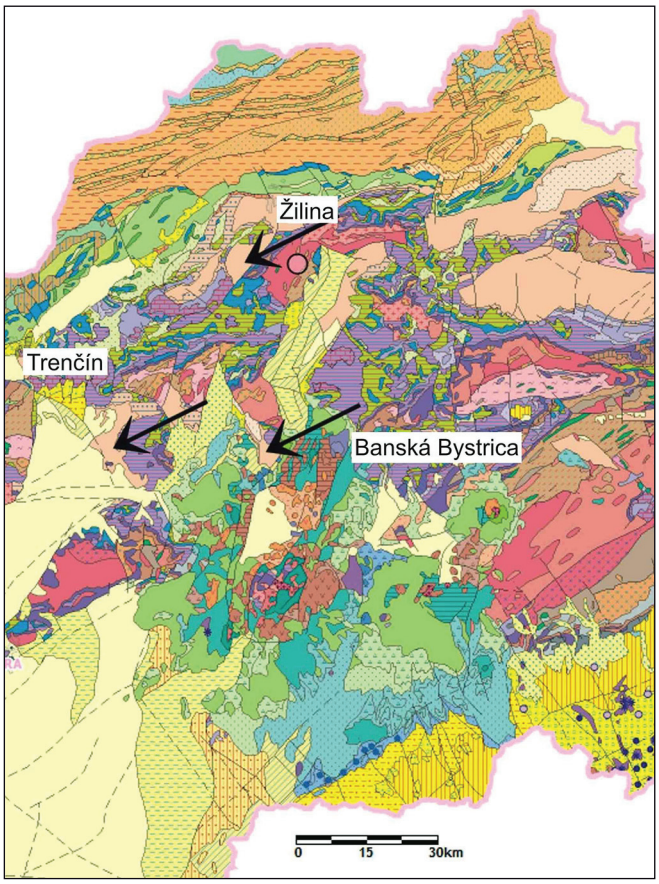
Uvedené mikrofaciálne vlastnosti umožňujú vápenec zaradiť do rozmedzia od najvrchnejšej časti štandardného mikrofaciálneho typu štyri až po prechod k typu päť modelu tropickej lemovanej karbonátovej plošiny Wilsona (1975) upraveného Flügelom (2010).

Z ráztockého vápenca boli získané konodonty. Na základe predbežného vyhodnotenia je možné vápenec zaradiť do ilýru. Podľa veku a litologického charakteru možno ráztocký vápenec vystupujúci v štureckej faciálnej oblasti laterálne korelovať s gaderským vápencom (v zmysle Havrilu, 2011), ktorý vystupuje vo vrstvovom slede karbonátovej plošiny. Zo sedimentu nahromadeného na karbonátovej plošine vznikol gaderský vápenec. Rovnaký sediment redeponovaný do pelagického priestoru, obohatený o materiál získaný behom gravitačného transportu a autochtónnej pelagickej sedimentácie, bol základom pre vznik ráztockého vápenca.

Poďakovanie. Príspevok vznikol vďaka finančnej podpore Univerzity Komenského prostredníctvom grantu UK/116/2014 a Agentúry na podporu výskumu a vývoja prostredníctvom grantu APVV-0212-12.

A. ZLINSKÁ a J. SOTÁK: **Mikrofaunistická korelácia bielopotockého súvrstvia v panvách centrálnokarpatského paleogénu**

Paleogénne sedimenty Hornonitrianskej (Handlovskej), Bánovskej a Žilinsko-rajeckej kotliny (obr. 1) tvoria faciálne celky vykazujúce odlišné znaky v porovnaní s podtatranskou skupinou a budínskym paleogénom. V Handlovskej kotline je *bielopotocké súvrstvie* vyvinuté ako masívne pieskovce a konglomeráty *chrenoveckých vrstiev* a hrubozrnné balvanovité konglomeráty *podrematských vrstiev* (Gross, 2008). V Bánovskej kotline sú litofaciálne ekvivalenty chrenoveckých vrstiev v okolí dediny Vysočany, v Rajeckej kotline sú sedimenty chrenoveckej litofácie známe pod názvom konský pieskovec (Andrusov a Köhler, 1963).



Obr. 1. Situačná schéma korelačného územia.

Fig. 1. Geological scheme of correlation area.

Mikrobiostratigrafický vek týchto sedimentov bol prvýkrát datovaný v stratotype pieskovne nad cintorínom v Brusne v spojených obciach Chrenovec – Brusno v Handlovskej kotline (Zlinská, 2013). Vložky vápnitých ílovcov v chrenoveckých vrstvách poskytli chudobné asociácie malých planktonických foraminifer, veľké foraminifery (*Operculina* sp., *Planostegina costata*), bryozoá *(Hornera subangulata)*, ostne ježoviek a ich fragmenty. Planktonické foraminifery patria druhom: *Paragloborotalia opima, Tenuitella munda, Chiloquembelina gracillima* a *Globigerinoides trilobus*. Vek chrenoveckých vrstiev bol stanovený na základe najvyššieho výskytu *Ch. gracilima* a *P. opima* koncom kišcelu a začiatkom egeru a najnižšieho výskytu *G. trilobus* v spodnom egeri. Vek chrenoveckých vrstiev zodpovedá biozónam O5 – O6 (Berggren a Pearson, 2005). Foraminifery nie sú triedené, len niektoré zo sférických foriem vykazujú stopy po bioerózii. Preto nie je možné vylúčiť ich redepozíciu a neskorší egerský vek chrenoveckých vrstiev.

Pieskovce chrenoveckých vrstiev v Bánovskej kotline obsahujú vložky ílovcov s bohatšími planktonickými foraminiferami. Spoločenstvo sa skladá z druhov: *Globigerinoides primordius, Globoturborotalita ouachitaensis, Globigerina angulofficinalis, Paragloborotalia opima, P. siakensis, Globorotaloides hexagonus, Cassigerinella* cf. *chipolensis, Chiloquembelina cubensis, Protentella* sp. atď. Bentonické foraminifery sú menej časté, pozostávajú z druhov: *Heterolepa dutemplei, Almaena osnabrugensis, Planulina cryptomphala, Elphidium* sp. atď. Vek je datovaný podľa HO *Globigerinoides primordius,* ktorý zodpovedá báze egeru. Chatský vek je tiež preukázaný aj ďalšími druhmi planktonických foraminifer.

Konské pieskovce Rajeckej kotliny boli študované v okolí obce Kľače. Pomerne chudobná mikrofauna je tvorená väčšinou aglutinovanými foraminiferami, ako *Rhabdammina eocenica, Bathysiphon* sp., *Reophax ampullacea, Saccammina* sp. atď. Fytoplanktónne foraminifery sú veľmi zriedkavé, zastúpené tenuitelidami *(T. pseudoedita, T. gemma)*, globigerinidmi *(G. officinalis, Globigerinella pseudoobesa)*, dentoglobigerinidmi *(D. globularis)* a paragloborotalidmi. Prítomnosť *Tenuitella pseudoedita* poukazuje na oligomiocénny vek konských pieskovcov.

A. ZLINSKÁ a J. MADARÁS: **Paleokras brala Devínskeho hradu vo svetle nových biostratigrafických dát**

Bádenský paleokras, vystupujúci v južnej časti Malých Karpát (Devínska Kobyla a hrad Devín), je známy už od roku 1936 (Koutek a Zoubek), neskôr bol študovaný Mišíkom (1976, 1980). Výplne puklín na severozápadnej strane brala po prvýkrát opisuje Kahan et al. (1973); Lehotský (1994, 1996, 2012) priniesol geologické dôkazy o miocénnom krasovatení. Doteraz však presný mikrofaunistický vek sedimentárnych výplní puklín paleokrasu chýbal.



Obr. 1. Lokalizácia abráznej pukliny pod citadelou (foto A. Zlinská).

Fig. 1. Location of abbrasion fracture beneath the citadela (photo A. Zlinská).

Z dvoch puklín v umelých a čiastočne prírodných podzemných priestoroch pod horným hradom (abrázna puklina pod citadelou, obr. 1) sme odobrali 3 vzorky, zväčša piesčité. Na účely kontroly boli odobraté vzorky z piesčitých usadenín najvyššej časti typovej lokality Sandberg. Iba dve vzorky z pukliny č. 2 boli pozitívne na mikrofaunistické zvyšky. V pukline č. 1 sme zistili nešpecifikované incertae sedis a z pukliny č. 2 sme po prvýkrát získali mikrofaunu foraminifer a iných fosílnych zvyškov. Z kremito-sľudového piesku sme determinovali 16 taxónov foraminifer a jedného ostrakóda: *Cytheridea acuminata* (Bosquet). Medzi foraminiferami majú kvantitatívnu prevahu zástupcovia rodu *Elphidium*. *Ammonia viennensis* (obr.) bola menej častá. Planktonické foraminifery sú veľmi zriedkavé, zastúpené len dvoma exemplármi rodu *Globigerina*. Okrem foraminifer sa vo výplave zachovali ostne ježoviek, indikujúce plytkovodné prostredie, machovky, mikro- a makroskopické uhlie (do 2 cm), kosťové elementy netopiera a makrofauna. Z makrofauny sme identifikovali lastúrnika rodu *Chlamys* (žijú na dne mora na pevnom substráte, ale často na piesočnatom dne) a z ulitníkov zástupcov epifauny rodu *Mohrensternia* (13,65 až 5,332 mil. rokov) obľubujúcich morsko-brakické prostredie.

V lokalite Sandberg bola zistená podobná mikrofauna foraminifer. V obidvoch lokalitách sme celkovo identifikovali 29 taxónov foraminifer a 6 ostrakódov. Druhovo pestrejšia asociácia sa vyskytuje v Sandbergu. Z 29 taxónov foraminifer sú 4 zastúpené vo všetkých vzorkách a 6 súčasne na Devíne aj v Sandbergu. Z fauny ostrakód bola zistená v obidvoch lokalitách len *Cytheridea acuminata* (Bosquet).

Získané asociácie poukazujú na plytkovodné litorálne prostredie. Stratigraficky ide o vrchný báden, sandberské vrstvy (člen studienčanského súvrstvia) a mikrofaunisticky o *bulimíno-bolivínovú* biozónu (Grill, 1941).

M. OLŠAVSKÝ a D. BOOROVÁ: **Gaderské vápence v pohorí Žiar**

Pri súčasnom geologickom mapovaní tektonickej jednotky hronika v severnej časti pohoria Žiar realizovanom v rámci úlohy 19 10 (Geologická mapa regiónu Žiar v mierke 1 : 50 000) boli v najvyššej časti gutensteinského súvrstvia lokalizované krinoidové vápence. Ich litostratigrafická pozícia naznačuje, že ide o ekvivalent najvyššej z troch častí, resp. fácií gaderských vápencov vyčlenených na základe ich výskytu vo Veľkej Fatre (Polák et al., 1996), resp. o gaderské vápence (podľa Havrilu in Havrila et al., 2001; Havrila, 2011). Tento typ fácie bol v pohorí Žiar zistený po prvýkrát.

Prítomnosť krinoidových vápencov je viazaná na obidve čiastkové štruktúry hronika (Havrila, 2011). V spodnej štruktúre (považský príkrov) sú situované na rozhraní gutensteinských vápencov a ramsauských dolomitov. Vo vyššej štruktúre (znievsky príkrov) sa nachádzajú medzi gutensteinskými vápencami (resp. steinalmskými vápencami) a wettersteinskými dolomitmi. V považskom príkrove, v lokalite Ondrašovské skaly (SZ od Abramovej), vytvárajú niekoľkometrovú polohu (max. 10 m). Ide o svetlosivé hrubozrnné vápence, ktoré sú zložené najmä z krinoidového detritu. Sprievodným javom výskytu tejto litofácie je výrazná hľuzovitá dolomitizácia asociovaných jemnozrnných vápencov. Podobné znaky vykazujú aj v znievskom príkrove v lokalitách Zniev (hrad) a Panské hory (SZ od Abramovej).

Gaderské vápence reprezentované hrubozrnnými organodetritickými (krinoidovými) vápencami (podľa Havrilu in Havrila et al., 2001; Havrila, 2011) sa radia z hľadiska mikroštruktúry k foraminiferovo-echinodermátovým biosparitom (foraminiferovo-echinodermátový grainstone), k foraminiferovo-echinodermátovým intrabiosparitom (intraklastovo-foraminiferovo-echinodermátový grainstone), resp. k intrabiosparitom (intraklastovo-biogénny grainstone).

Vyznačujú sa bohatým obsahom husto usporiadaných pomerne nevytriedených alochémov, hlavne organických zvyškov. Vyskytujú sa v nich aj klasty vápencov, ktoré sú obyčajne dobre, niekedy až dokonale opracované. Časť z nich má biomikritovú štruktúru (biogénny wackestone). Niektoré komponenty možno zaradiť k pseudoolitom. Pre študované vápence je charakteristická prítomnosť pomerne bežných, niekedy až hojných zástupcov bentických dierkavcov. Identifikované boli prevládajúca forma *Pilammina densa* Pantić, ktorá niekedy tvorí monospoločenstvo, ?*Pilamminella gemerica* (Salaj), *Pilamminella grandis* (Salaj), *Pilamminella semiplana* (Kochansky-Devide et Pantić), vzácne sesílne, nodosaridné a iné dierkavce. Bežne až hojne sú zastúpené aj fragmenty echinodermát. Zaznamenané boli úlomky schránok hrubostenných lastúrnikov, punktátnych ramenonožcov, ostne ježoviek, zrejme prierez schránkou gastropóda a rekryštalizovaný biodetrit. Na základe bentických dierkavcov bola stanovená stratigrafická pozícia gaderských vápencov vrchný pelsón – ilýr. Ide o vrchnoaniskú zónu (Acma-zone) vyčlenenú Salajom et al. (1983).

V porovnaní s výskytom známym z Veľkej Fatry, kde dosahujú až okolo 100 m, je hrúbka gaderských vápencov zistených v pohorí Žiar oveľa menšia. Ich stratigrafický rozsah vrchný pelsón – spodný ilýr uvádzaný Havrilom (l. c.) je v súlade s nami zisteným vekom gaderských vápencov z lokalít Žiaru. Výskyt tejto netypickej litofácie dokresľuje vývoj diferenciácie karbonátovej platformy v uvedenom období.

B. KRONOME, D. BOOROVÁ a M. OLŠAVSKÝ: **Geologické pomery v oblasti Gindury – Hôrky – Strundžaníka**

V rokoch 2011 – 2013 sme vykonávali geologické mapovanie a mikropaleontologický výskum v oblasti Gindury a Strundžaníka v rámci úlohy T-01/11: Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenska v mierke 1 : 50 000, podúloha Tektonické vzťahy, vnútorná náplň a korelačné aspekty horninových komplexov v oblasti severného a južného veporika. Úloha bola tematicky zameraná na styčnú oblasť bázy muránskeho príkrovu s podložným veporikom. V rámci prác bolo zdokumentovaných celkovo 131 dokumentačných bodov, z ktorých bolo vyhotovených 30 krytých výbrusov. Mikropaleontologické vyhodnotenie vykonala D. Boorová.

Študované územie bolo doposiaľ podrobnejšie zobrazené iba na geologickej mape Klinca (1976). Podľa tejto mapy sa tu vyskytujú jednotky kryštalinika veporika, veporský obal vo föderatskom (severoveporskom) vývoji, gemeridné karbónske fylity, mezozoikum silicika a dokonca ojedinele aj jura meliatika.

Výsledky nášho geologického mapovania a následného mikroskopického spracovania vzoriek môžeme zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- Súbory, predtým vymapované (Klinec, 1976) ako mezozoikum veporika (föderatská jednotka), karbón gemerika, resp. jura meliatika, sme zhrnuli do jedinej – föderatskej – jednotky; mapovacie práce nás vedú k názoru, že ide o jeden metamorfovaný triasový (spodný trias až norik) komplex.
- V rámci föderatskej jednotky sme podrobne vymapovali pruhy jednotlivých súvrství, kde tieto pruhy majú S – J priebeh, iný teda, ako bolo zobrazené na starších mapách (obvykle V – Z).
- Získali sme nové paleontologické údaje, podľa ktorých sled masívu Gindury a Hôrky predstavuje stratigrafický interval vyšší anis až nór (-rét?); ide o vekové údaje, ktoré sú v principiálnom protiklade s doterajším názorom o ich staršom strednotriasovom (väčšinou aniskom) veku. Vek, faciálne rozdiely, ako aj rozdiel v stupni rekryštalizácie nás vedú k názoru, že masív Gindury a Hôrky nepatrí do „klasického" silicika, ako ho poznáme napr. zo susedného muránskeho príkrovu, najväčšiu podobnosť tento masív preukazuje podľa nášho názoru s tzv. „vernárikom", resp. vernárskym príkrovom silicika (?), ktorý predstavuje faciálny „medzičlen" medzi silicikom a hronikom.
- V spodnotriasových súboroch muránskeho príkrovu silicika sme vymapovali zopakovanie sledu, ktoré vysvetľujeme šupinovým násunom, pričom nie je vylúčené, že ide už vlastne o príkrovový násun „vrchného" na „spodný" silický príkrov.

Okrem príkrovových, príp. šupinových násunových plôch sa na štruktúrnom obraze územia najviac podieľajú zlomové systémy:

- zlomový systém V – Z, ktorému pripisujeme poklesový charakter;
- zlomový systém SSV – JJZ, rozštiepený miestami na niekoľko menších čiastkových zlomov, ktorý má podľa nás sinistrálny strike-slipový charakter.

4. časť – Part 4

Geologická stavba a tektonometamorfný vývoj Západných Karpát

Geological setting and tectonometamorphic evolution on the Western Carpathians

Kryštalinikum, jeho obal a superficiálne príkrovy

Crystalline basement, its cover and superfial nappes

I. PETRÍK a M. JANÁK: **Ordovický metagranit zo severného veporika**

Na južnom svahu Veľkej Vápenice, v doline Koleso (LAC, Hovorka, 1997; alebo zvrstvený metamagmatický komplex; Putiš et al., 1997) sa nachádzajú vysokotlakové metamorfity, eklogity, ruly a granity. Podmienky metamorfózy vypočítali Janák et al. (2012) na P = 25 kbarov a T = 700 °C z asociácie granát + omfacit + fengit v eklogite. V asociácii s vysokotlakovými horninami sa našiel aj granit. Je to hrubozrnná hornina označená ako granáticko-biotitický (meta)granit. Hlavné minerály sú kremeň, biotit, K-živec, granát, plagioklas a muskovit, doplnené akcesorickým rutilom, ilmenitom a monazitom. Kremeň je často dynamicky rekryštalizovaný, *K-živec* je pertitický s odlúčenými lamelami albitu, je hypidiomorfný a prevláda nad plagioklasom, často podlieha sericitizácii. Plagioklas je hyp- až idiomorfný, silne saussuritizovaný, zachované zrná majú An_{22-24}. *Granát* je dvoch typov podobného zloženia: (1) veľký granát až do 1 cm; (2) neskorší malý granát (Alm_{78}, Py_{13}, $Sps_{4,9}$, $Grs_{2,6}$), ktorý typicky obrastá biotit alebo tvorí tmavé jemnozrnné symplektity s kyanitom a kremeňom. *Biotit* je tmavočervenohnedý/slamový, často pseudomorfovaný symplektitmi Grt + Ky + Q. Miestami v centre lupeňov obsahuje zrná rutilu tmelené ilmenitom. Často prerastá s veľkolupenitým muskovitom, okrem toho je veľmi hojný aj ako retrogresný muskovit v živcoch. Charakteristický je častý jemnolupenitý *grafit*. Dôležitá je prítomnosť mimoriadne častého *monazitu*, ktorý sa nachádza v biotite, v ky-grt symplektitoch aj v kremeni. Monazit obsahuje v priemere 75,5 % monazitového, 17 % xenotímového a 7,5 % cheralitového komponentu. Distribúcia REE ukazuje výraznú negatívnu Eu anomáliu (Eu/Eu* = 0,7 – 0,005), ktorá narastá k okrajom a naznačuje frakcionáciu granitovej magmy. Tým sa monazit z metagranitu líši od ruly, ktorá má monotónne anomálie s Eu/Eu* = 0,3 – 0,05. Datovanie (P. Konečný, DAMON) opísanej variety granitu ukázalo takmer výlučne predvariský vek: 468 ± 3,1 mil. rokov (MSWD = 3,89, n = 114), len dva body na okraji zrna majú variský vek: 376 mil. rokov. Je možné, že variské prepracovanie monazitu je výraznejšie, pretože pri datovaní sme sa vyhýbali okrajom zŕn. Monazit dáva mladší vek než zirkóny z tejto oblasti (530 – 540 mil. rokov; Putiš et al., 2008, 2009; ale pozri okraj zirkónu zo vzorky Ko-1, 479 mil. rokov).

Na základe tohto datovania považujeme granit z Kolesa za nový typ granitu, doteraz neidentifikovaný v Západných Karpatoch. Geochémia granitu je ešte neznáma, ale podľa mineralogického zloženia (muskovit, granát, grafit, monazit) ide pravdepodobne o S-typ. Metagranit má aj odlišné variety: (1) s menším podielom granátu a bez ky + grt symplektitov alebo (2) s magmatickým granátom (Alm_{61}, Py_{20}, Sps_{12}, $Grs_{2,6}$) obrastaným Ca bohatším lemom (Alm_{63}, Py_{16}, Sps_{8}, $Grs_{8,5}$). Posledná varieta bola tiež datovaná a monazit dal prevažne variský vek (385 ± 8 mil. rokov, n = 13, MSWD 1,07), len dva malé monazity sú staré (ca 500 mil. rokov). Táto varieta má monazit variský resetovaný, ako je to bežné v ortorulách tatrika.

Monazity z metagranitov v severnom veporiku indikujú prítomnosť predvariskej kôry vo fundamente Západných Karpát (perigondwanský teran s významným ordovickým felzickým magmatizmom, von Raumer et al., 2002) a variský vek ich metamorfného prepracovania. Alpínsky orogén nezanechal žiadne vekové stopy.

Poďakovanie. Práca bola financovaná projektmi APVV 0080-11 a VEGA 0159/13.

M. RADVANEC, Z. NÉMETH, J. KRÁĽ a S. PRAMUKA: **Rulovo-amfibolitový komplex gemerika – výsledky petrologického a tektonického výskumu**

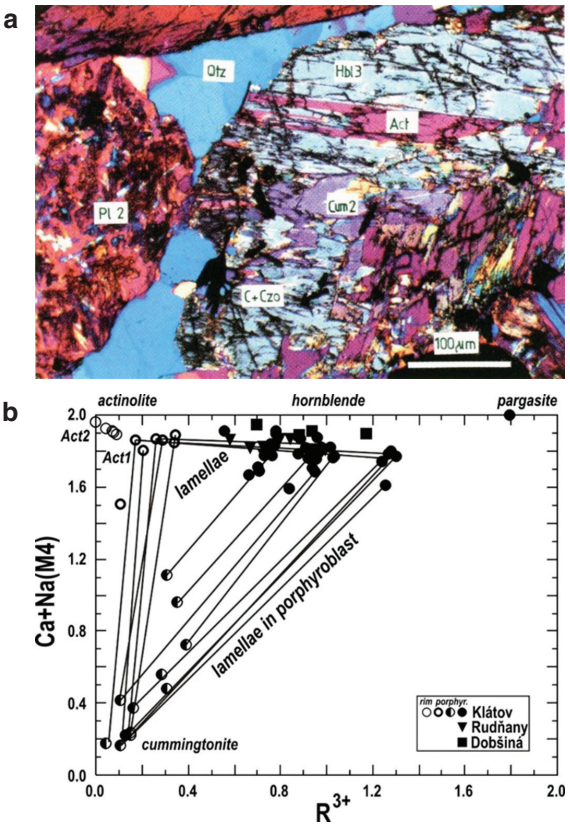
Rulovo-amfibolitový komplex na severe gemerika je tvorený troma exhumovanými blokmi – dobšinským, rudnianskym a klátovským, ktoré pôvodne predstavovali segmenty generujúceho sa stredooceánskeho chrbta v embryonálnom štádiu s prísunom aj detritického materiálu s organickou prímesou. Exhumované bloky rulovo-amfibolitového komplexu sú tvorené piatimi základnými horninovými súbormi: (1) ruly s granátom (Alm-Pl-Bt-Ms-Qtz-Ap-Act) a grafitom (výskyt v dobšinskom a rudnianskom bloku), (2) plagiogranit (Kfs-Ab-Pl-Ms-Bt-Qtz+Zo+Cal; výskyt v rudnianskom bloku), (3) ruly s porfyroklastmi amfibolov (Cum-Hb/Prg-Act) a grafitom; výskyt v klátovskom bloku), (4) amfibolity (Pl+Hbl+Tnt+Ap+Ilm+Act; dobšinský, rudniansky a klátovský blok); (5) serpentinit (Chl+Dol+Ctl+CrSpl+Hem; v klátovskom bloku).

Vek vytavenia plagiogranitu v amfibolite bol odvodený z izochróny Rb-Sr s presnosťou 371 ±4 mil. rokov. Izochróna Rb-Sr bola zostavená zo separovaných minerálov Hbl, Ms, Bt, Pl a K-živec dvoch generácií. Izotopický pomer $^{87}Sr/^{86}Sr$ = 0,7051 je najnižší z doteraz izotopicky hodnotených granitoidov Západných Karpát a je blízky hodnotám plášťa. Dostatočné množstvo uvoľneného Ar z hornblendu poskytlo plató vek 362 mil. rokov, ktorý môže byť považovaný za vek chladnutia pri cca 550 °C. (TGA = K/Ar) vek hornblendu (Ar/Ar) v okolitom amfibolite je 363 mil. rokov.

Z pohľadu sukcesie minerálnych asociácií v dobšinskom, rudnianskom a klátovskom exhumovanom bloku rulovo-amfibolitového komplexu bol odvodený tento scenár vývoja: devónsky protolit (sedimenty s organickou prímesou, bazalt, peridotit) bol polymetamorfne zmenený najprv v metamorfóze oceánskeho dna na rulovo-amfibolitový komplex (metamorfóza M0). Následne v karbóne boli tektonicky segmentované bloky tohto komplexu metamorfované najprv v pumpellyitovo-aktinolitovej fácii a potom v strednom perme v epidotovo-amfibolitovej fácii (M1-kompresná fáza variského orogénu). Vo vrchnom perme boli predchádzajúce metamorfogénne asociácie čiastočne prepísané novou minerálnou asociáciou vo fácii albitovo-epidotických amfibolitov (M1-dekompresná fáza variského orogénu). Tektonické segmenty rulovo-amfibolitového komplexu poskytli po ich exhumácii v najvrchnejšom karbóne detritický materiál zlepencom rudnianskeho súvrstvia (vestfál).V alpínskej tektonometamorfnej evolúcii zaznamenal rulovo-amfibolitový komplex lokálne – na strižných zónach – nízkostupňovú metamorfózu M2 v chloritovej fácii.

Terénny štruktúrny výskum fokusovaný v prvej etape prednostne na klátovský exhumovaný blok anizometrického tvaru s dlhšou osou v smere SZ – JV vyčlenil relikty pôvodných štruktúr zo zóny stredo-

oceánskeho chrbta (M0; VD_0) s následnými exhumačnými prepismi v štádiu VD_1 (exhumačné vrásy, kinematika exhumácie vrchu na JZ z pohľadu recentných koordinát). Variské duktilné štruktúry boli následne prepísané alpínskymi násunovými a strižnými prevažne krehko-duktilnými až krehkými štruktúrami štádií AD_1 a AD_3.



Obr. 1. a – Porfyroklasty plagioklasu (Pl2) a zmesi amfibolov obklopujúce kremeň (Qtz; modré interferenčné farby) sú produktom metamorfózy oceánskeho dna (M0) a plastickej deformácie. Porfyroklast amfibolov tvoria lamely cummingtonitu (Cum2), hornblendu (Hbl3) a aktinolitu (Act) + uzavreniny grafitu (C) a klinozoisitu (Czo). Lokalita Klátov. **b** – Chemická klasifikácia amfibolov rulovo-amfibolitového komplexu gemerika.

Fig. 1. a – Porphyroclasts of plagioclase (Pl2) and amphiboles mixture surrounding quartz (Qtz; blue interference colours) represent a product of the ocean floor metamorphism (M0) and plastic deformation. Porphyroclast of amphiboles contains cummingtonite (Cum2), hornblende (Hbl3) and actinolite (Act) lamella + inclusions of graphite (C) and clinozoisite (Czo). The Klátov locality. **b** – Chemical classification of amphiboles of the gneiss-amphibolite complex.

Ľ. HRAŠKO a R. DEMKO: **Geologická stavba, litológia a metamorfné podmienky styku veporika a gemerika medzi Halierom a Cinobaňou**

Územie medzi Halierom – J okolím Uderinej – Cinobaňou – Mládzovom a S okolím Kalinova predstavuje tektonický styk dvoch významných geologických superjednotiek celokarpatského významu – veporika a gemerika. Na alpínsky sformovanej stavbe sedimentovali počas paleogénu sedimenty okrajových častí budínskeho bazénu (zachované len južne od územia). Mladoterciérny andezitový vulkanizmus zasiahol svojimi produktmi aj toto územie, avšak pokračujúca denudácia odstránila jeho stopy, ktoré sa zachovali len v hlbších častiach panvy. V najmladšom terciéri sa usadzovali jazerno-riečne sedimenty poltárskeho súvrstvia, sprevádzané vulkanickou činnosťou alkalických bazaltov. Počas kvartérneho obdobia územie prechádzalo štádiom pokračujúcej peneplenizácie, a zvetrávaním, pričom sa vytvorili pomerne hrubé vrstvy svahových hlín a sutín, ktoré sťažujú identifikáciu podložných útvarov a charakter geologickej stavby.

Podľa ostatnej publikovanej geologickej mapy v M 1 : 50 000 (Vass et al., 1992) sú v predterciérnej stavbe územia zastúpené alpínske granitoidy, metasedimenty revúckej skupiny (slatvinské a rimavské súvrstvie), siliciklastické horniny federátskeho súvrstvia a v tektonickej pozícii sivočierne metasedimenty ochtinskej skupiny s telesami metakarbonátov a metabazaltov.

Podľa novšieho terénneho výskumu – prehodnotenie približne 500 vrtov s rôznym hĺbkovým dosahom, realizovaných pri viacerých starších prieskumných aktivitách a so zohľadnením starších geofyzikálnych údajov – možno konštatovať, že podstatnú časť povrchovej stavby v SV časti územia tvorí teleso amfibolitov, ktoré má afinitu k telesu metabazitov pri Lovinobani (alebo lovinobanskému amfibolitovému komplexu). Súčasťou komplexu sú aj amfibolické až biotitické pararuly a hercýnske granitoidy trondhjemitového typu. Petrologické štúdium amfibolitov poskytlo T-p podmienky 644/7,6 – 667/8,6 (°C/kbar), zodpovedajúce podmienkam hercýnskej metamorfózy v iných častiach veporika.

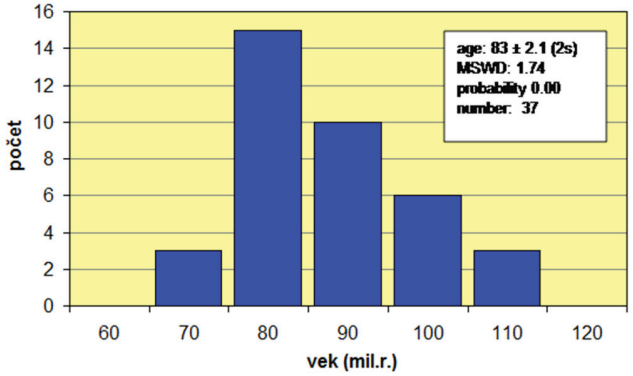
Analýza množstva dokumentačného materiálu zo starších vrtných prác preukázala prítomnosť kryštalinika v podloží len niekoľko desiatok m mocného obalu veporika (rimavského súvrstvia, föderatského súvrstvia) v rámci celého územia. Na základe geofyzikálnych anomálií (Kubeš et al., 2001) možno v hĺbke niekoľko 100 m predpokladať aj svory, ktoré spoločne s telesom metabazitov tvoria strednú hercýnsku tektonickú jednotku (podľa Bezáka, 1994).

Výskyt metapieskovcov slatvinského súvrstvia nebol potvrdený. V minulosti boli za súbor metapieskovcov slatvinského súvrstvia považované alpínsky metamorfované metapelity s výraznou blastézou najmä chloritoidu, kyanitu a sĺúd. Určili sme podmienky 530/5,5 – 550/7,5 (°C/kbar) pre asociáciu metamorfných minerálov Chl+Cld+Mus+Ky, zodpovedajúcu alpínskej metamorfóze s vekom blastézy monazitu 83 ± 2,1 mil. rokov.

Vrásovo-šupinová stavba s vergenciou vrásových rovín k S spôsobila vznik pásovej stavby prevažne V – Z smeru s neskoršou transformáciou do strižno-zlomových pásiem SV – JZ smeru.

Pozícia metasedimentov ochtinskej skupiny je jednak plytká (na juhu územia) vo forme ponorených vrás, jednak strmá vo forme strižno-zlomových štruktúr SV – JZ smeru na severe územia, kde sa metasedimenty lubenického súvrstvia ochtinskej skupiny stýkajú priamo s kryštalinikom veporika. Na základe geofyzikálnych údajov a zhodnotenia vrtných prác sme vyčlenili pokračovanie metasedimentov ochtinskej skupiny aj v podloží sedimentov poltárskeho súvrstvia v oblasti JZ od Točnice.

Územie je postihnuté mladou zlomovou tektonikou SSZ – JJV smeru, ktorá rozblokovala územie a v Z časti má v smere na Z výraznú poklesovú tendenciu.



Obr. 1. Histogram distribúcie vypočítaného veku z 37 EMP analýz monazitov zo vzorky chloritoidovej bridlice HL-18/08.

Fig. 1. Histogram of distribution of computed age from 37 EMP monasite analyses from the chloritoid schists sample HL-18/08.

M. KOHÚT, M. HAVRILA, M. HOFMANN a J. HAVRILA: **Nové poznatky o lunzských vrstvách v Západných Karpatoch**

Lunzské vrstvy LV – predstavujú triasovú formáciu Severných vápencových Álp s typovou lokalitou pri Lunz am See v dolnorakúskom Ybbstaly. LV tvoria polohu siliciklastických sedimentov medzi karbonátovými sedimentmi stredného a vrchného triasu alpsko-karpatskej oblasti. Tieto horniny sú interpretované ako morské deltové sedimenty lokálne aj s uhoľnými slojmi s prínosom terigénneho materiálu z veľkých riek, pričom LV dosahujú hrúbku približne 350 m. Názov lunzské vrstvy *Lunzer Schichten* bol prvýkrát použitý Markom Vincencom Lipoldom v roku 1863. Prínos kontinentálneho siliciklastického materiálu do LV sa tradične predpokladal zo severu – z dnešnej Škandinávie – a sedimentačný priestor lunzských vrstiev zo západu (SZ) obmedzoval Vindelický val. LV sa vyznačujú bohatstvom fosílnej fauny a flóry v bridličnatých ílovcových polohách, čo umožnilo stanoviť ich vek na spodný karn už Sturovi (1868). Lunzské vrstvy v priestore centrálnych Západných Karpát vystupujú vo fatriku, veporiku a hroniku. Pokúsili sme sa k nim zaradiť aj došnianske vrstvy vystupujúce v tatriku.

Náš súčasný výskum bol realizovaný zo vzoriek zo známych lokalít, ako Remata, Podtureň pri Liptovskom Hrádku, Homôlka pri Valašskej Belej a Trstín. Mineralogicko-petrografický výskum s využitím elektrónovej mikrosondy (EMP) preukázal, že študované vzorky hornín možno označiť ako litické a živcové arkózovité pieskovce. Na ich minerálnom zložení sa podieľajú hlavne: kremeň, K-živec a plagioklas v rôznom stupni opracovanosti a zvetrania vo forme klastických zŕn, ako aj v horninových litoklastoch. V menšej miere sa vyskytuje: muskovit, biotit, chlorit a glaukonit. Jemnozrnný sericit zo zvetraných živcov a sčasti aj karbonát tvoria matrix. Ťažké minerály sú reprezentované najmä zirkónom, apatitom, rutilom, pyritom, Cr-spinelom, titanitom, turmalínom, granátom, xenotímom a ojedinele bol identifikovaný aj goyazit. Pomerne často sa však vyskytuje aj monazit a jeho EMP Th-U-Pb vek je v širokom spektre od 1 935 po 220 Ma, pričom dominuje vek medzi 500 – 300 Ma. Využili sme možnosť a v rámci medzinárodnej spolupráce sme vyseparované detritálne zirkóny datovali na prístroji LA ICP MS na poznanie proveniencie. Katodoluminiscenčné štúdium podobne preukázalo rôzny stupeň ich opracovania („ováľania"), pričom v rámci jednej vzorky sme pozorovali zirkóny výrazne oválnych tvarov, ako aj zirkóny s dokonale zachovanými kryštalizačnými plochami, vykazujúce minimálny transport. Získaný vek varíruje od mladšieho archaika 2 600 Ma po 216 Ma s dominujúcim vekom medzi 500 až 250 Ma a s reprezentatívnymi konkordiami najmladších synsedimentárnych zirkónov s vekom okolo 220 Ma. Z vyššie uvedeného je evidentné, že zdrojový klastický materiál do lunzských vrstiev bol derivovaný z viacerých zdrojov, a to najmä z recyklovaného variského orogénu, ktorý tvoril okraj kontinentu, zo vzdialeného kratónu – Sarmatie (južný okraj Európskej platformy) – a z blízkeho súvekého triasového vulkanického zdroja. Takéto vulkanity sa v súčasnosti vyskytujú od Lombardie v Južných Alpách cez pohorie Bükk až do oblasti Čierneho mora a Turecka.

Pokúsili sme sa zostaviť paleogeografickú schému pre obdobie sedimentácie lunzských vrstiev (jul/tuval). Východiskom bol stav poznania zachytený na tektonickej mape Západných Karpát mierky 1 : 500 000. Príkrovovú stavbu sme rozvinuli proti smeru transportu príkrovov. Schému sme následne doplnili o transportné smery lunzských vrstiev (Marschalko a Pulec, 1967; Marschalko, 1978). Na základe priestorového prekryvu s deltou sedimentov karpatského keuperu (norik) – sediment transportovaný z germánskeho priestoru prielivom vo Vindelickom vale – zrekonštruovanou Havrilom (1996) sme lunzskú deltu umiestnili do paleopriestoru východne od delty karpatského keuperu. Obidve delty zväzujú sedimentačné priestory, z ktorých boli formované tektonické jednotky tatrika, fatrika, veporika a hronika. Zosumarizujúc vyššie uvedené, predpokladáme prínos klastického materiálu LV výraznou deltou od východu, pričom trvanie „karnskej krízy", a teda hranicu karn – norik, naše datovanie posúva až na 220 Ma, čo je v zhode s najnovšou predstavou Lucas et al. (2012). Tieto výsledky jasne potvrdzujú, že zirkóny sú najlepšie „mikrofosílie", nezaťažené subjektívnym faktorom pri ich stratigrafickom zaradení.

A. LAČNÝ, M. SÝKORA a D. PLAŠIENKA: **Nové poznatky k reinterpretácii meliatika v oblasti Brádna a Rákoša (Revúcka vrchovina)**

Študované územie je lokalizované v oblasti obcí Rákoš a Brádno, nachádzajúcimi sa približne medzi mestami Hnúšťa a Jelšava. V rámci geomorfologického členenia je územie súčasťou Revúckej vrchoviny (Mazúr a Lukniš, 1986). Vo vzájomnom kontakte tu vystupujú jednotky gemerika a turnaika. V zmysle starších interpretácií geologických máp (Elečko et al., 1985; Mello et al., 1996; Less et al., 2004; Mello et al., 2008) sa na kontakte gemerika a turnaika (v minulosti chápané ako silický príkrov) medzi Brádnom a Rákošom mali nachádzať horniny meliatskej jednotky s. s. (Vass et al., 1986) a príkrovu Bôrky (Mello et al., 2008).

Už pri terénnom geologickom výskume a mapovaní nastali pochybnosti k uvedenému zaradeniu hornín do zmienených jednotiek. V oblasti okolia Brádna, na kontakte gemerika a turnaika, mali vystupovať slienité a piesčito-vápenaté spodnotriasové vrstvy meliatskej skupiny (Elečko et al., 1985). Neskôr boli tieto horniny chápané ako súčasť dúbravského súvrstvia príkrovu Bôrky, ako chloriticko-sericitické fylity s polohami kryštalických vápencov a metabázických hornín – prevažne metatufitov triasového veku (Bezák et al., 2008). Terénny ani petrografický výskum nepotvrdil výskyt metabázických hornín a metatufitov. Asociáciu horninových typov interpretujeme ako produkt kataklázy, resp. melanže vytvorenej pri nasúvaní turnaika na gemerikum. Výskyt hornín dosahuje mocnosť od niekoľkých desiatok metrov až po nevymapovateľné horizonty pod 1 m. V tektonických brekciách je možné nájsť klasty do veľkosti 5 cm. V tektonitoch prevládajú polymiktné brekcie obsahujúce karbonáty a zároveň klasty piesčitej a aleuritovo-pelitovej frakcie. Taktiež sa tu nachádzajú aj monomiktné brekcie pozostávajúce výlučne z klastov karbonátov. Mikroskopickou analýzou sa potvrdilo, že klasty pochádzajú zo szinského a bodvaszilašského súvrstvia turnaika a karbonátov pravdepodobne strednotriasového veku zmieneného súvrstvia. V lokalite Brádno je priamo pozorovateľný kontakt medzi szinským súvrstvím a rauvakmi. Výskyt týchto hornín okrem Brádna by sa mal nachádzať podľa Elečka et al. (1985) aj východne od Poproča smerom na Rovné, v identickej situácii ako v okolí Brádna. V danej lokalite sme nepotvrdili výskyt tektonitov, konštatujeme priamy styk bodvaszilašského súvrstvia s čiernymi fylitmi a pieskovcami gemerika (karbón).

V oblasti obce Rákoš bol výskyt hončianskych vápencov interpretovaný ako olistolity v olistostróme jurského veku, ktorej súčasťou sú tmavosivé bridlice a pieskovce (Mello et al., 1996). Analýza hornín ani terénny výskum v oblasti obce Rákoš nepotvrdili prítomnosť jurských hornín. V dolinách – depresiách – a na svahoch sme síce našli bridlice a pieskovce, pokladáme ich však za ekvivalenty spodnotriasových hornín bodvaszilašského (griensbach – ?namal) a szinského súvrstvia (?namal – spat) (Kovács et al., 1989) turnaika, ktoré boli vo forme delúvií splavené z vyšších úrovní kopcov. Doliny vznikali na S – J zlomoch, ktoré porušili rigidnejšie hončianske vápence. Domnievame sa, že hončianske vápence tu vystupujú vo forme pokračujúceho vrstevného sledu turnaika. Nevylučujeme ani šupinový tektonický charakter. Lokalizovaný bol aj kontakt so štítnickým súvrstvím gemerika, bez akýchkoľvek náznakov prítomnosti hornín meliatika. Oblasť okolia Rákoša je významná aj výskytom krasu, ktorého vek nemožno jednoznačne určiť. Vyskytuje sa v podobe rozsiahleho tmavočerveného pôdneho pokryvu bezprostredne na hončianskych vápencoch, zároveň vypĺňa dutiny a pukliny v zmienených vápencoch. V tejto oblasti sa nám preto potvrdzuje názor, že horniny meliatika medzi jednotkami turnaika a gemerika absentujú. To môže mať v budúcnosti vplyv na hodnotenie ďalšieho výskytu meliatskej jednotky s. s. a príkrovu Bôrky medzi jednotkami turnaika a gemerika východne od študovanej oblasti.

Poďakovanie. Príspevok bol vypracovaný s podporou projektov VEGA 1/0193/13, APVV-0212-12 a VEGA 1/0712/11.

Z. PULIŠOVÁ, J. SOTÁK a J. ŠURKA: **Litostratigrafia a tektonické štruktúry jednotiek fatrika a hronika na severných svahoch Veľkej Fatry**

Nové poznatky o geologickej stavbe severných svahov Veľkej Fatry sa získali pri vrtných prácach na projekte Korbeľka. Na skúmanom území bola vyčlenená štruktúra Krpelian (tektonická jednotka fatrika, paleogénne formácie), štruktúra Kopy (tektonická jednotka hronika) a štruktúra Korbeľka (neokómske formácie tektonickej jednotky fatrika).

V štruktúre Krpelian sú na sliene strednoeocénneho veku s *Hantkenina alabamensis, Turborotalia frontosa, Subbotina eoceana* a *Acarinina pseudotopilensis* nasunuté formácie fatrika aptského veku s *Ticinella roberti, Ticinella primula, Planomalina buxtorfi* a *Haplophragmoides nonioninoides*. Superpozíciu strednokriedových jednotiek nad paleogénnymi formáciami môžeme vysvetliť spätným násunom, ako to bolo opísané z oblasti Malej Fatry (Marko et al., 2005; Sentpetery, 2011), reaktivovanými poklesovými zlomami na prešmyky s násunom spodnejších jednotiek nad bazénovú výplň. Prevrátené štruktúry vo vrtoch z Krpelian sú tiež dokumentované superpozíciou kalpionelových vápencov nad mráznickým a párnickým/porubským súvrstvím s *Gorbachikella, Favusella* (hoteriv), *Globigerinoides algerianus* a *Ticinella* cf. *primula* (apt – alb).

Štruktúra Kopy je budovaná triasovými formáciami tektonickej jednotky hronika (gutensteinské, gaderské, ramsauské, zámostské, pseudoreiflinské, raminské, korytnické, wettersteinské vápence a dolomity a hauptdolomity). Navrstvenie vápencovo-dolomitových komplexov demonštrujú duplexové štruktúry z okolia kóty Kopa (1187 m n. m.) so superpozíciou dvoch rôznych príkrovových jednotiek. Spodná príkrovová jednotka s hlbokovodnejšími fáciami reiflinských vápencov patrí pravdepodobne Chočskému príkrovu. Vrchná príkrovová jednotka s platformovými fáciami (napr. raminské a wettersteinské vápence) je podobná Štureckému príkrovu. V štruktúre Kopy boli navŕtané komplexy wettersteinských vápencov a dolomitov s hrúbkou cca 200 m, čo by naznačovalo prítomnosť aj Strážovského príkrovu, ktorý bol vo Veľkej Fatre predpokladaný už Perželom (1969) a neskôr potvrdený mapovaním Poláka et al. (1997).

Štruktúra Korbeľky demonštruje príkrovový kontakt tektonických jednotiek hronika a fatrika. Spodná príkrovová jednotka je budovaná spodnokriedovými formáciami. Jej hrúbka je približne 400 m. Spodnokriedové formácie sú vo vrtoch zachytené v prevrátenej pozícii od mráznického súvrstvia v nadloží po porubské súvrstvie v podloží. Vápence a slieňovce mráznického súvrstvia sú silne tektonizované – strižne deformované a prevrásnené. Obsahujú kalpionely zo skupiny *C. darderi* a hedbergelidné foraminifery. Spodnokriedové sekvencie párnického súvrstvia sú menej a skôr krehko deformované (en-echelon žily, tektonické zrkadlá, atď.). Obsahujú báremsko-aptskú mikrofaunu (e. g. *Globigerinelloides ferreolensis, Praehedbergella luterbacherii, Hedbergella praetrocoidea*). Sekvencie porubského súvrstvia obsahujú albskú mikrofaunu (napr. *Ticinella roberti, T. primula*). Mladšie sedimenty porubského súvrstvia majú vek od neskorého albu – cenomanu *(Thalmanninella globotruncanoides)* až po turón *(Marginotruncana pseudolinneiana)*.

Poďakovanie. Výskum bol financovaný z projektu VEGA 2/0042/12.

M. VĎAČNÝ a P. BAČÍK: **Chemické zloženie granátov a turmalínov z pieskovcov malužinského súvrstvia (Malé Karpaty) a ich provenienčný význam**

Vyhodnotenie chemického zloženia detritických granátov (ide o almandínové a andraditové granáty bohaté na spessartin, grosulár a pyrop) a dravitových turmalínov z troch vybraných pieskovcových vzoriek permského malužinského súvrstvia v severnej časti Malých Karpát odhalilo veľkú variabilitu potenciálnych zdrojových hornín. Tie zahŕňajú (1) nízkostupňovo-regionálne metamorfované horniny (metarohovce, modré bridlice, metapelity a metapsamity), (2) kontaktno-termálne metamorfované vápnité horniny (skarny alebo rodingity), (3) granátické svory a ruly vznikajúce pri regionálnej metamorfóze ílovitých sedimentov, (4) amfibolity a metabázické subofiolitické horniny, (5) granulity, (6) na Li chudobné granity a s nimi spojené pegmatity a aplity, ako aj (7) ryolity. Na základe vyššie uvedeného možno predpokladať, že postvariský riftový sedimentačný bazén malužinského súvrstvia vznikal v blízkosti nízko- až vysokostupňového kryštalického fundamentu s granitickými horninami. Takéto litologické typy metamorfovaných a magmatických hornín sú charakteristické pre variské terany centrálnych Západných Karpát (tatrická a veporická superjednotka).

Poďakovanie. Tento abstrakt vznikol vďaka podpore v rámci Operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum excelentnosti pre integrovaný výskum geosféry Zeme (ITMS: 26220120064), ktorý je spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

O. PELECH, J. HÓK a Š. JÓSZA: **Nový výskyt vrchnokriedových hornín v priestore tatrika, dolina Striebornica v Považskom Inovci**

V priebehu tektonického výskumu centrálnej časti Považského Inovca v oblasti doliny Striebornica východne od obce Moravany nad Váhom bol identifikovaný nový výskyt hornín vrchnokriedového veku. Odkryvy sa nachádzajú v zárezе lesnej cesty na severnom svahu doliny, ležia vo vrchnej časti tatrickej obalovej jednotky v nadloží albsko-cenomanského porubského súvrstvia a v podloží triasových komplexov fatrika. Ílovce a prachovce s telesami pieskovcov, zlepencov a závalkami ílovcov tvoria 10 – 65 m hrubú sekvenciu litologicky nápadne odlišnú od hornín porubského súvrstvia. Vrchnokriedové horniny javia výrazné známky krehko-duktilnej deformácie. V rámci terénneho geologického výskumu bol overený priestorový rozsah skúmanej sekvencie, sedimentológia a boli odobraté vzorky na mikropaleontologické vyhodnotenie. Analýze boli podrobené aj deformačné štruktúry. Mikropaleontologický výskum preukázal prítomnosť bohatej asociácie planktonických foraminifer. Väčšina jedincov bola deformovaná a slabo zachovaná, avšak periférny obrys schránok a prítomnosť sigmoidálnych sutúr na umbilikálnej strane väčšiny jedincov poukazuje na vrchnokriedové rody *Globotruncana* a *Marginotruncana*. Prítomnosť druhov podobných ?*Dicarinella* cf. *imbricata* (Mornod) a početných druhov ?*Marginotruncana* cf. *pseudolinneiana* Pessagno a *Marginotruncana coronata* (Bolli) poukazuje na asociáciu vrchného turónu až koňaku (Caron, 1985; Premoli Silva a Verga, 2004). Asociácie bohaté na zástupcov rodu *Marginotruncana* sú v Západných Karpatoch typické pre vrchný turón až santón (napr. Bąk, 1998). Nadložie konglomerátov tvoria sedimenty bahnotokov s dobre opracovanými obliakmi až balvanmi. Vo vrchnej časti bahnotoku s ílovcovými závalkami bola zistená prítomnosť vrchnocenomanských foriem podobných *Rotalipora* cf. *cushmani* (Morrow), ktorých prítomnosť môže byť vysvetlená redepozíciou. Zriedkavo sa vyskytujúce aglutinované foraminifery patrili hlavne k druhom *Tritaxia* sp. Osobitosťou skúmanej sekvencie je jej pomerne výrazná deformácia, najmä deformácia obliakov v zlepencoch, ktorá naznačuje dominantne pohyb zo západu na východ a súvisí zrejme so spätným násunom fatrika v oligocénno-spodnomiocénnom období. Litostratigrafické zaradenie novej jednotky je zatiaľ predmetom diskusie, avšak asociácia foraminifer aj sedimentologický charakter sú blízke výskytu vrchnokriedových hornín belickej jednotky známej z iných oblastí Považského Inovca (Kullmanová a Gašpariková, 1982; Plašienka et al., 1994). Z hľadiska geologickej pozície je prítomnosť vrchnokriedových hornín v podloží fatrika a nadloží obalovej jednotky tatrika unikátna a naznačuje, že k presunu fatrika mohlo v priestore Považského Inovca dôjsť po turóne, teda neskôr ako v iných oblastiach Západných Karpát. Takýto predpoklad je taktiež v zhode s výsledkami vrtu SBM-1 Soblahov z okraja Strážovských vrchov (Maheľ, 1985). Štruktúrna pozícia, vekové zaradenie a korelácia s výskytom belickej jednotky umožňuje uvažovať o existencii synorogénnych „piggy-back" paniev, ktoré existovali vo vrchnej kriede v priestore tatrika v priebehu nasúvania príkrovov.

Poďakovanie. Táto práca bola realizovaná s podporou projektu Agentúry na podporu výskumu a vývoja APVV-0212-12 „Tektonický a sedimentárny transfer horninových komplexov v rastúcom západokarpatskom orogénnom kline".

Kenozoikum Západných Karpát
Cenozoic of the Western Carpathians

M. KOHÚT a S. SHERLOCK: **Indikácie začiatku kenozoickej „Basin and Range" tektoniky v Západných Karpatoch na základe Ar/Ar datovaní pseudotachylytov**

Malý objem taveniny vzniknutej pri bleskurýchlych frikčných (trecích) procesoch spojených so seizmickými/tektonickými udalosťami v zemskej kôre hrá významnú úlohu v našej schopnosti určiť vek tektonických procesov v orogénnych pásmach a intrakratonických oblastiach. Pseudotachylyty – tmavé afanitické horniny zložené z frikčnej taveniny, obsahujúcej často klasty a kryštály z okolnej horniny, vznikli ako dôsledok seizmickej aktivity, dopadu meteoritov, prípadne tvorby tektonických porúch kôrového významu (Philpotts, 1964; Kohút a Sherlock, 2003). Význam produktov seizmo-tektonických procesov narastá v oblastiach, kde chýba duktilná deformácia. Zvýšený obsah K_2O vo frikčnej tavenine pseudotachylytov, derivovaný z okolitých sľúd, prípadne amfibolov, robí z pseudotachylytov ideálnych kandidátov na $^{40}Ar/^{39}Ar$ datovanie.

Pohorie Tribeč predstavuje najzápadnejšiu časť vnútorného pásma tatridných jadrových pohorí, formujúcu asymetrickú hrasť SV – JZ smeru s úklonom k JV. Ohraničené je dvomi neogénnymi depresiami, a to komjatickou na východe a rišňovskou na západe. Kryštalinický sokel Tribeča je budovaný najmä hlboko erodovanými variskými granitickými horninami v centrálnej časti pohoria. Mezozoické obalové komplexy sú zachované v bočných častiach, kým superficiálne príkrovy vystupujú v SV a JZ okrajových častiach pohoria. V rámci vyhľadávania vhodných štruktúr pre možné hĺbkové úložisko jadrového odpadu bol v centrálnej časti pohoria odvŕtaný prieskumný vrt RAO-3. V hĺbke 108 až 111 m, v prostredí stredno- až hrubozrnných I-typových biotitických granodioritov až tonalitov, boli objavené žilky pseudotachylytov s hrúbkou 0,5 až 2,5 cm (Madarás et al., 2004), pričom obdobné žilky pseudotachylytov neboli dovtedy identifikované na povrchu pohoria Tribeč. Tieto granitoidy boli v súčasnosti datované na zirkónoch U-Th-Pb metódou na prístroji SIMS s vekom 367 – 364 Ma (Broska et al., 2013), resp. na prístroji SHRIMP s vekom 332 Ma (Kohút et al., 2013). Biotity z týchto tonalitov vykazujúce porušené $^{40}Ar/^{39}Ar$ spektrá indikujú vek chladnutia medzi 380 – 334 Ma (Kráľ et al., 2002).

Naše datovanie pseudotachylytov s využitím bodových $^{40}Ar/^{39}Ar$ analýz na laserovej mikrosonde bolo realizované na Open Univerzite (Milton Keynes, UK) s použitím fokusovaného CW Nd-Yag infračerveného lasera a MAP 215-50 vzácnoplynového hmotnostného spektrometra, podľa metodiky Sherlocka a Hetzela (2001). Dvadsať bodových datovacích analýz pseudotachylytov poskytlo vek varírujúci od 60 po 46 Ma s dominanciou mladšieho veku pod 50 Ma. Keďže okolité granitické horniny nevykazujú výraznú postkryštalizačnú stratu argónu v dôsledku regionálneho prehriatia, predpokladáme, že ani študované pseudotachylyty nezaznamenali stratu argónu po ich vytavení. Získaný vek pseudotachylytov (49 ~ 46 Ma) zodpovedá pravdepodobne ich formovaniu počas stredného paleogénu – eocénu pri výraznej seizmo-tektonickej udalosti, spojenej s fungovaním a pokračovaním periadriatického lineamentu do západokarpatskej oblasti. Aj keď prezentované datovanie pseudotachylytov z pohoria Tribeč je nové, mladé alpínske tektonické postihnutie tribečských granitoidov bolo zdokumentované na muskovitoch z mylonitov strižných zón v Ar/Ar systéme s vekom medzi 71 ~ 63 Ma (Kráľ et al., 2002). Ďalšie termochronologické údaje z tejto oblasti pochádzajú z práce Danišíka et al. (2004), kde sa prezentujú 4 apatitové fission track veky (AFT) v rozsahu od 43,7 ± 2,9 do 34,8 ± 1,9 Ma. Tieto údaje indikujú regionálne významnú eocénnu exhumačnú udalosť. Majúc na pamäti súčasnú geologickú situáciu, rozloženie paleogénnych a neogénnych sedimentov v okolitých depresiách, AFT dáta a naše datovanie pseudotachylytov, môžeme dedukovať nasledujúce: ***(i)*** maximálne pochovanie širšej oblasti Tribeča pod možnými sedimentmi paleogénu bolo pred 50 Ma; ***(ii)*** po seizmo-tektonickej udalosti generujúcej datované pseudotachylyty už nepredpokladáme ďalšiu sedimentáciu, ale len exhumáciu, ktorá vyvrcholila na rozhraní eocénu a oligocénu (AFT); ***(iii)*** exhumácia sokla Tribeča pokračovala aj počas miocénu až pliocénu pri súčasnej sedimentácii v okolitých depresiách, čím vznikla typická „Basin and Range" štruktúra.

M. DANIŠÍK a M. KOHÚT: **Dá sa stanoviť rýchlosť geologických procesov? – Geospeedometria na Slovensku na príklade umiestnenia a vychladnutia granitických hornín stredoslovenských neovulkanitov**

Geospeedometria je odvetvie geológie zaoberajúce sa štúdiom rýchlosti geologických procesov. Samotný pojem *Geospeedometria* bol zavedený Lasagom (1983) v súvislosti s výpočtom rýchlosti chladnutia minerálnych párov v závislosti od zmien chemickej difúzie atómov na okrajoch minerálov v čase pri exhumácii horninových komplexov, keďže každý minerál má špecifický rozsah teploty a tlaku, pri ktorom rastie a vzájomne reaguje, čím sa dosahuje ich rovnovážny stav. Lasaga (l. c.) považoval geospeedometriu za nadstavbu geotermometrie. Praktický význam geospeedometrie nastal v geochronológii aplikáciou Dodsonovej teórie *blokovacích teplôt* v mineráloch, resp. nahradením tohto pojmu termínom *uzatvárajúca teplota* (Dodson, 1973, 1986) v rôznych izotopických systémoch a stanovením tejto teploty pre širokú škálu minerálov od vysokých magmatických teplôt (cca 900 °C pre U-Th-Pb systém v zirkóne) po nízkoteplotné systémy (cca 65 °C pre (U-Th)/He systém v apatite). Relevantný dobový prehľad tejto problematiky bol podaný v slovenčine v časopise *Mineralia Slovaca* v práci Kohúta et al. (1998). Treba však povedať, že v sedimentárnej geológii pri bazénovej analýze sa už predtým vypočítavala rýchlosť sedimentácie v čase a priestore na základe stratigrafického stanovenia veku jednotlivých formácií a ich hrúbky.

Stredoslovenské neovulkanity (CSNF) sa nepriamo spájajú so subdukciou oceanickej/suboceanickej litosféry v podloží flyšového bazénu, pričom táto subdukcia vyvolala metasomatické procesy v nadložnom kline plášťa. Geochemický charakter CSNF značne ovplyvnila skutočnosť, že sa vyvíjali v oblasti budovanej relatívne hrubou kontinentálnou kôrou, ktorá sa však v priebehu vulkanickej aktivity v dôsledku extenzie stenčovala. Viacetapovými komplikovanými procesmi s primárnou bazaltovou magmou z plášťového zdroja, tavením na rozhraní plášť/kôra, tvorbou rezervoára v kôre, pričom došlo k sekundárnemu taveniu okolitých hornín, opakovaným procesom asimilácie a frakcionácie, vznikla pestrá suita hornín od bazaltov po ryolity v rámci CSNF. Miocénne vápenato-alkalické granitické horniny stredoslovenských neovulkanitov tvoria súčasť vulkanických a intruzívnych hornín vystupujúcich v oblasti Banskej Štiavnice a Hodruše, tzv. *hodrušsko-štiavnickom intruzívnom komplexe*. Vek granitických hornín CSNF bol stanovený viacerými metódami: K/Ar datovanie poskytlo vek medzi 19,5 ± 0,8 Ma ~ 10,5 ± 0,5 Ma (Konečný et al., 1983), resp. 16,9 ± 3 Ma (Rozložník et al., 1991); FT metóda – 17,2 ± 1,5 Ma (Repčok, 1981) a Rb/Sr izochrónne datovanie 19,6 ± 8 Ma (Rozložník et al., 1991), kým prvotné U/Pb konvenčné datovanie zirkónov indikovalo ich homogenizáciu pred 24 ~ 21 Ma (Rozložník et al., l. c.). V súčasnosti (Chernyshev et al., 2013) na základe nových K/Ar a Rb/Sr izochrónnych údajov preukázal vek umiestnenia subvulkanického intruzívneho komplexu dioritov, granodioritov a ich porfýrických variet CSNF v intervale 13,4 ~ 12,7 Ma. Náš nový výskum bol zameraný na datovanie zirkónov prístrojom SHRIMP spolu s (U-Th)/He datovaním zirkónov (ZHe) a apatitov (AHe) z reprezentatívnych vzoriek dioritov z lokality Banky a granodioritov z Hodruše. SHRIMP bodové U-Th-Pb datovanie zirkónov z dioritov poskytlo konkordantný vek cca 15 Ma, kým granodiority dali vek cca 13 Ma. ZHe datovanie identických vzoriek poskytlo kompatibilný vek o 0,2 Ma mladší, kým AHe vek je mladší o menej než 1 Ma, ako bol vek magmatickej kryštalizácie zirkónu. Zosumarizujúc vyššie uvedené,

nám vychádza, že granitické horniny CSNF, ktoré sa umiestnili v hĺbke cca 5 km pri teplote 900 °C (uzatvorenie zirkónu v U-Th-Pb systéme), boli rapídne rýchlo exhumované do podpovrchových úrovní s teplotou cca 65 °C (uzatvorenie apatitu v (U-Th)/He systéme) pri rýchlosti výstupu 5 mm/rok, pričom chladli z 900 na 220 °C (uzatvorenie zirkónu v (U-Th)/He systéme) rýchlosťou od 900 ~ 500 °C/Ma, kým záverečné vychladnutie z 220 na 65 °C sa udialo pri gradiente len cca 100 °C/Ma. Obdobná rýchlosť výstupu a chladnutia je známa z oblasti Ánd a Papuy-Novej Guiney.

D. PLAŠIENKA: **Vývoj senónsko-eocénnych paniev združených okolo pieninského bradlového pásma – model založený na koncepcii kritického zahrotenia akrečného klina**

Pieninské bradlové pásmo (PBP) a priľahlé zóny reprezentujú bývalý vrásovo-násunový akrečný klin, ktorý sa počas vrchnej kriedy a paleogénu vyvíjal v čele centrálnokarpatského orogénneho systému. Pri interpretácii tektonickej evolúcie týchto zón hrajú rozhodujúcu úlohu vek, zloženie a depozičné prostredie synorogénnych, senónsko-eocénnych klastických formácií. Tie sa usadili v systéme depocentier predpolia a čela prograduj úceho orogénneho klinu. Panvy predpolia zahrňujú trenčovo-predhlbinovú flexúrnu panvu spodnej platne a nesené nadklinové panvy vrchnej platne (DeCelles a Gilles, 1996). Periférne predhlbiny oravických jednotiek PBP sú charakterizované klastickými vejármi a apronmi s trendom hrubnutia nahor. Ich hrubý, neopracovaný a nezrelý materiál bol derivovaný z aktívnych čiel nasúvajúcich sa príkrovov a do panvy sa dostával epizodickými masovými gravitačnými tokmi umiestnenými v hlbokovodných hemipelagických a distálnych turbiditových sedimentoch (napr. gregoriánske a milpošské brekcie – Nemčok et al., 1989; Plašienka et al., 2012). Súčasťou hrubozrnných klastík sú lokálne aj dobre opracované „exotické“ obliaky, ktoré boli recyklované zo strednokriedových zlepencov klapskej jednotky fatrika (Plašienka, 2012). Panvy predhlbiny sa v jednotkách oravika vyvíjali postupne – najskôr počas spodného senónu v pieninskej jednotke (sromowské súvrstvie), potom počas mástrichtu až dánu? v subpieninskej jednotke (jarmutské súvrstvie) a napokon v najexternejšej šarišskej jednotke v najmladšej kriede až spodnom eocéne (pročské súvrstvie). Naproti tomu nadklinové panvy gosauského typu majú koňackú transgresívnu bázu, spočiatku trend zjemňovania nahor a prekrývajú čelá centrálnokarpatských príkrovov fatrika a hronika. Okrem materiálu derivovaného z podložných komplexov, opäť vrátane resedimentovaných exotických obliakov, obsahujú tiež podstatné množstvo plytkovodného biogénneho detritu a dezintegrované rifové telesá (napr. kambühelské vápence). Senónsko-spodnoeocénne gosauské sledy sú zostavené do viacerých transgresno-regresných cyklov kontrolovaných subdukčno-kolíznymi procesmi, pohybovou dynamikou podložného klina a kolísaním morskej hladiny.

Tektonický vývoj klina a nadklinových nesených paniev interpretujeme v intenciách modelu kritického zašpicatenia násunového klina (napr. Dahlen, 1990). Nadkriticky zhrubnutý klin je v nesených panvách zaznamenaný regresiou a deštrukciou okrajových rifových telies, kým predhlbiny boli vypĺňané množstvom klastického materiálu erodovaného z vyzdvihnutého klina. Následný gravitačný kolaps viedol k podkriticky zahrotenému klinu, čo je zaznamenané transgresiou a prehlbovaním v nadklinových panvách, ako aj všeobecnou unifikáciou depozičných podmienok v celom systéme paniev predpolia, poklesom prínosu terigénneho aj biogénneho detritu a prevažne batyálnou hemipelagickou sedimentáciou. Vo vývoji klina a jeho predpolia takto rozoznávame sedem štádií (Plašienka a Soták, v tlači): 1. vrchný turón až spodný santón (cca 90 – 85 Ma) – podkritický až kritický klin (umiestnenie centrálnokarpatských príkrovov, subdukcia váhika, mimosekvenčné nasúvanie v kline, snežnicko-sromowská predhlbina); 2. vrchný santón až stredný kampán (85 – 75 Ma) – podkritický klin (subdukcia váhika, extenzný kolaps klina, púchovská hemipelagická panva); 3. vrchný kampán až najstarší dán (75 – 65 Ma) – nadkritický klin (subdukcia váhika, akrécia pieninskej jednotky, počiatok kolízie klina s czorsztynským chrbtom, jarmutská predhlbina); 4. dán až yprés (65 – 50 Ma) – nadkritický klin (kolízia a akrécia subpieninskej jednotky, pročská predhlbina); 5. vrchný yprés až lutét (50 – 40 Ma) – podkritický klin (subdukcia magurského oceána, extenzný kolaps klina, súľovsko-domanižská panva); 6. bartón až vrchný rupel (40 – 30 Ma) – nadkritický klin (akrécia šarišskej a bielokarpatskej jednotky, spätné nasúvanie v tyle klina); 7. vrchný rupel až spodný burdigal (30 – 20 Ma) – podkritický klin (extenzný kolaps tylu klina).

Poďakovanie. Táto práca je výsledkom riešenia projektu APVV-0212-12 „Transfer“. Za finančnú podporu ďakujeme Agentúre na podporu výskumu a vývoja.

F. TEŤÁK, M. KOVÁČIK, A. NAGY, I. PEŠKOVÁ, S. BUČEK, J. MAGLAY, M. VLAČIKY, D. LAURINC, K. ŽECOVÁ a A. ZLINSKÁ: **Prvé výsledky geologického mapovania regiónu Biela Orava (flyšové pásmo, magurská jednotka)**

V júli 2014 boli kolektívom autorov F. Teťák, M. Kováčik, A. Nagy, I. Pešková, S. Buček, J. Maglay, M. Vlačiky, D. Laurinc, K. Žecová a A. Zlinská v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra odovzdané prvé výsledky nového geologického mapovania regiónu Biela Orava v jeho južnej časti (Teťák et al., 2014). Vypracovaná bola základná geologická mapa regiónu v mierke 1 : 25 000 spolu s opisom jeho geologickej stavby.

V regióne Biela Orava sú zastúpené všetky tri tektonicko-litofaciálne jednotky magurskej skupiny príkrovov flyšového pásma – račianska, bystrická a krynická jednotka. Tvorené sú hlbokomorskými sedimentárnymi sekvenciami flyšového charakteru, prevažne paleogénneho veku. V severovýchodnej časti sú sedimenty magurského príkrovu prekryté neogénnymi sedimentmi oravsko-nowotarskej panvy. Počas geologického výskumu boli riešené viaceré nové, zatiaľ len veľmi všeobecne definované problémy. Vzhľadom na to, že terénne práce ešte neskončili, môžeme spomenúť len najdôležitejšie poznatky, ktoré nový geologický výskum priniesol. V rámci krynickej jednotky sme spresnili rozsah a náplň magurského a raciborského súvrstvia. Vyčlenili a definovali sme novú litostratigrafickú jednotku v najstaršej časti krynickej jednotky – redikálne vrstvy. Zaznamenali sme hojné vystupovanie glaukonitových pieskovcov v raciborskom súvrství medzi Lomnou a Hruštínom. Zaujímavé je časté vystupovanie drobových pieskovcov v zlínskom súvrství v južnej časti bystrickej jednotky a ich postupné nahrádzanie glaukonitovými pieskovcami k severu. Preto sme tu vyčlenili a definovali novú, zatiaľ nepomenovanú litostratigrafickú jednotku. V okolí Oravského Veselého bola pozorovaná „bradlová“ stavba bystrickej jednotky. Jej prevažnú časť tu tvorí belovežské súvrstvie, v ktorom sú v pásoch rozmiestnené tektonicky izolované šošovky glaukonitových a drobových pieskovcov. Nejasným zatiaľ zostáva kontakt bystrickej a račianskej jednotky vystupujúci na úpätí Pilska a Babej hory. Zdá sa, že vrstvový sled od soláňskeho cez belovežské do zlínskeho súvrstvia (bystrické vrstvy) je neprerušený.

Región je pokrytý pestrou škálou kvartérnych sedimentov. Novinkou sú značne rozšírené glacifluviálne sedimenty na úpätí Babej hory a Pilska v rozsahu až niekoľko km^2, terasové systémy a obrovské množstvo menších aj väčších rašelinísk, ktoré približujú zatiaľ málo známy vývoj Bielej Oravy počas posledných glaciálov.

Na základe petrografickej analýzy je väčšina pieskovcov klasifikovaná ako sublitarenity a subarkózové arenity, menej sú zastúpené kremenné arenity a sporadicky aj litické arenity (Pettijohn, 1972). V menšej miere sú prítomné aj všetky typy drob.

Biostratigrafický rozbor spoločenstiev vápnitého nanoplanktónu preukázal staroeocénny vek (zóna NP12 až NP13) až staromiocénny vek (zóna NN2) skúmaných sedimentov. Spodnomiocénny vek bude potrebné potvrdiť vo viacerých vzorkách. Aglutinované a planktonické foraminifery sú mladopaleocénneho až starooligocénneho (starší kišcel) veku.

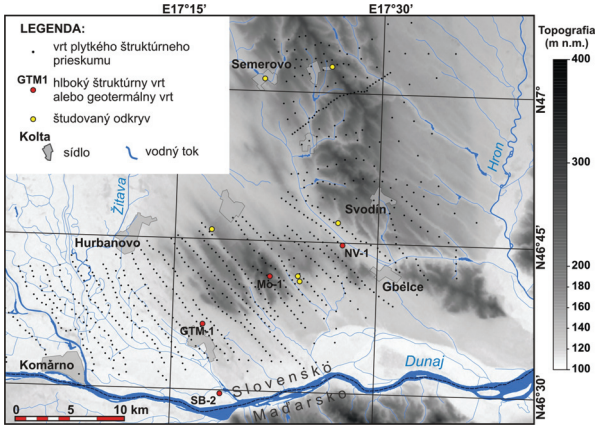
Výsledkom geologického výskumu je výrazné doplnenie a spresnenie geologickej mapy v celej skúmanej oblasti.

M. ŠUJAN, M. KOVÁČ, K. ŠARINOVÁ, V. BARANYI, S. RYBÁR, M. KOVÁČOVÁ a N. HUDÁČKOVÁ: **Vývoj sedimentárnych prostredí východnej časti Dunajskej panvy počas neskorého miocénu**

Prezentovaný výskum je zameraný na reinterpretáciu údajov získaných v minulosti predovšetkým prospekciou uhľovodíkov so snahou posunúť poznanie o geologickej stavbe vrchnomiocénnej výplne východnej časti Dunajskej panvy (obr. 1) k stavu zodpovedajúcemu aktuálnym trendom vo výskume panónskeho systému paniev. Analýza vychádza zo štúdia jadier hlbokých štruktúrnych vrtov a karotážnych kriviek, ako aj reinterpretácie litologických profilov vyše 700 vrtov plytkého štruktúrneho prieskumu. Terénny výskum, limitovaný miernou topografiou oblasti, poskytol doplňujúce informácie o geologickej stavbe vrchnej časti skúmaných sekvencií.

Koncom stredného miocénu v Dunajskej panve prebiehala sedimentácia vo výrazne regresívnom vývoji, ktorý pokračoval aj na začiatku panónu (11,6 Ma), čo je dokumentované výskytom bazálnych konglomerátov prostredia riek a aluviálnych vejárov (napr. vrt GTM-1), ako aj skrasovatenými kavernóznymi vápencami transdanubika v podloží panónskych sedimentov (napr. vrt SB-2). Po následnej transgresii tvorila študovaná oblasť spolu s maďarským stredohorím plytký šelf oddelený od výraznejšieho prínosu klastického materiálu hlbokým panvovým prostredím. Prevládajúca sedimentácia siltov a ílov radených do ivanského súvrstvia trvala až do obdobia pred cca 9,0 Ma, keď sa skúmané územie dostalo pod vplyv spoločného deltového systému paleo-Dunaja a riek odvodňujúcich Západné Karpaty, prograduj úceho zo severozápadu. Sedimenty tvorené predovšetkým nahor zrnitostne hrubnúcimi parasekvenciami deltových lalokov a lagunárnych výplní sú radené k beladickému súvrstviu a typické sú častým obsahom uhoľných slojí. Deltová sekvencia dosahuje hrúbku 300 – 350 m. Obsah piesčitých vrstiev v stĺpci sedimentov sa pohybuje v rozmedzí 0 – 45 % s maximom medzi 10 a 20 % a priemernou hrúbkou 2 – 4 m. Nadložné aluviálne volkovské súvrstvie sa od deltovej roviny odlišuje absenciou jazernej fauny, vo vrtných profiloch je však spoľahlivejším indikátorom výrazné zníženie výskytu uhoľných vrstiev. Piesčité vrstvy tvoria 0 – 50 % stĺpca sedimentov s maximom medzi 20 a 35 %. Tvoria izolované telesá meandrujúcich kanálov s priemernou hrúbkou 6 – 10 m obklopené nivnými jemnozrnnými sedimentmi. Podľa údajov z odkryvov prevládal transport zo severu smerom k juhu, na základe priemernej hrúbky dún tvorených jemnozrnnými pieskami (St a Sp) možno odvodiť hĺbku toku približne na 8 m. Sled vrchnomiocénnych sedimentov je post-depozične tiltovaný o cca 5° a čiastočne erodovaný, čo je dôsledkom pliocénnej inverzie okrajov panvy.

Poďakovanie. Prezentované výsledky boli dosiahnuté vďaka podpore grantu APVV-0099-11, grantu UK/455/2014 a v spolupráci so spoločnosťami Nafta, a. s., a EQUIS, spol. s r. o.



Obr. 1. Situácia skúmanej oblasti, reinterpretovaných vrtov a odkryvov.

Fig. 1. Situation of investigated area, re-interpreted boreholes and outcrops.

R. VOJTKO, O. PELECH, M. ŠUJAN, S. RYBÁR, T. KLUČIAR, J. HÓK a T. MIŠURA: **Sarmatský až kvartérny vývoj paleonapäťového poľa v severovýchodnej časti Dunajskej panvy**

Dunajská panva tvorí severozápadnú časť panónskeho panvového systému. Na území Slovenskej republiky je geograficky nazývaná Podunajskou nížinou; na maďarskom území je nazývaná ako Malá uhorská nížina. Nachádza sa medzi Východnými Alpami, Západnými Karpatmi a Zadunajským stredohorím. Predkenozoické podložie panvy v jej západnej, severnej a centrálnej časti je tvorené austroalpínskymi a centrálnozápadokarpatskými jednotkami. Podložie južnej časti panvy tvoria jednotky Zadunajského stredohoria patriace k transdanubiku. Študovaná oblasť je situovaná v severnej a východnej časti panvy, ktorá je rozdelená do štyroch depresií (blatnianska, rišňovská, komjatická a železovská). Depresie predstavujú typické morfoštruktúry v oblasti Podunajskej nížiny na styku so západokarpatskými pohoriami. Ich tektonický vývoj bol študovaný pomocou metód štruktúrnej geológie, predovšetkým paleonapäťovej analýzy (inverzná metóda, metóda p-T osí). Objektom paleonapäťovej analýzy boli odkryvy nasledujúcich litostratigrafických jednotiek: (1) spodnobádenské príbeľské vrstvy, uložené v plytkomorskom až deltovom prostredí; (2) deltové a aluviálne spodnosarmatské sedimenty baďanskej formácie; (3) vrchnomiocénna aluviálna sekvencia volkovského súvrstvia; (4) neskoropliocénne až spodnopleistocénne riečne sedimenty lukáčovských vrstiev; (5) sprašové sekvencie pleistocénu. Cieľom práce bola rekonštrukcia paleonapätia pre obdobie sarmat – kvartér a jeho následné využitie pri interpretácii tektonického vývoja záujmového územia.

Na základe výsledkov paleonapäťovej analýzy bolo študované územie pod vplyvom štyroch paleonapäťových fáz, pričom dve staršie sú charakterizované smerne posuvným tektonickým režimom a mladšie extenzným tektonickým režimom. Najstaršie paleonapäťové pole je charakterizované generálne S – J orientovanou kompresiou a Z – V orientovanou tenziou v podmienkach smerne posuvného tektonického režimu podmienečne datovaného do obdobia vrchný báden – spodný sarmat. Druhé, sarmatsko-spodnopanónske paleonapäťové pole je podmienené SV – JZ orientovanou kompresiou a SZ – JV tenziou v smerne posuvnom tektonickom režime. Vo vrchnom miocéne dochádza k zmene tektonického režimu od smerne posuvného do extenzného. Od stredného panónu až do pliocénu bola oblasť pod vplyvom extenzného tektonického režimu, s generálnou orientáciou tenzie v smere SZ – JV. Najmladšia zaznamenaná paleonapäťová fáza pravdepodobne pretrvávajúca až do recentu je charakterizovaná SV – JZ až V – Z orientovanou tenziou.

Poďakovanie. Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0099-11, APVV-0625-11 a APVV-0315-12.

S. RYBÁR, M. ŠUJAN, D. STAREK, K. HOLCOVÁ, K. ŠARINOVÁ, M. KOVÁČ, E. HALÁSOVÁ and M. MIKUDÍKOVÁ: **Brief presence of the Lower Badenian shoreline in the North Novohrad – Nógrád Basin**

The outcrops of the Miocene marine sediments at the foothills of the Krupinská planina Mts. belong to the most monumental sites of the Central Paratethys coastal remnants. The area is well known for abundant Neogene localities which were studied in the past by many generations of geologists. Nevertheless, sedimentology and paleoenvironmental settings were never studied in a full detail. These large outcrops in overall thickness ranging from 5 to 50 m, located near Čebovce, Príbelce, Plachtince and Horné Strháre villages inspired us to study the Karpatian and Lower Badenian sedimentary record. The Karpatian sediments, occur below the Lower Badenian strata are strongly eroded. They are represented by deep marine deposits “schlier” of the Lower Miocene marine flooding of the area and crop out in an abandoned clay pit near Čebovce. They were deposited in offshore environment, connecting bathyal water-depths masses in

the north-west (Foredeep, Vienna Basin, Bánovská kotlina Basin) with the basins in the south-west (Somogy – Mecsek – Kiskunhalas Basin, Styrian Basin, Slovenian Basin), rimming the uplifted Eastern Alps and the westernmost part of the Western Carpathians (Danube basin basement). After strong tectonic events at the Early/Middle Miocene boundary the study area was uplifted and eroded. The Early Badenian transgression followed and reached the study area. The increasing volcanic activity rapidly filled the accommodation space and the sea shore line retreat is documented already before the end of the Early Badenian. Abundant shark teeth fossils occur in the gravel beds in different parts of this sequence, sporadically accompanied by macrofauna fragments (molluscs and rare reptiles). The Lower Badenian age is supported by presence of NN5b calcareous nannoplankton zone. The sedimentary history of the studied outcrops resulted in definition of a short sedimentary cycle emplaced within the Príbelce sand member: (1) The cycle start with fine sandy-gravel beds arranged in large foresets but most likely representing only local feature at the Horné Strháre site (interpreted as coastal and mouth bars); (2) Overlaying transgressive sequence (Fig. 1) contains sandstone strata with herring bone structures and up to 1 m high planar cross-beds at all sites (interpreted as tidal plain); (3) At Príbelce site, the upper part of the outcrops contains sandstones with ripple cross beds, at Plachtince site – the strata with large sandy cross-beds 1–4 m high, and at Strháre site – sandstone and gravel trough cross beds, interpreted as deltaic to fluvial deposits representing regression of the coastal line. The top of the succession is built up by pyroclastic material which covers all localities.

Acknowledgements. This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contracts APVV- 0099-11, APVV-0625-11 and Grant UK/325/2014.

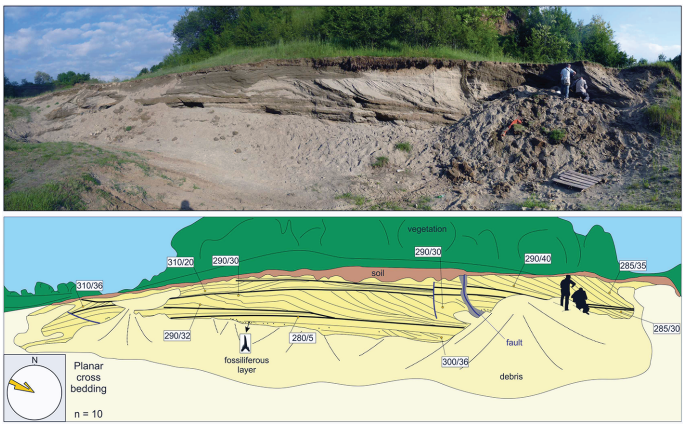
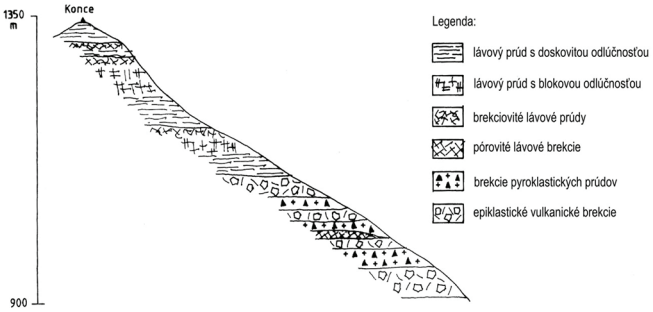


Fig. 1. Lower most level of the Príbelce site, with planar cross beds and fossiliferous horizon.

L. ŠIMON, V. KOLLÁROVÁ, M. KOVÁČIKOVÁ, B. ŠIMONOVÁ a J. ŠTEPIGA: **Nové výsledky geologického mapovania vulkanitov pohoria Poľana za roky 2007 až 2013**

Nové geologické mapovanie vulkanitov pohoria Poľana v časti listov 36-411, 36-412, 36-413, 36-233 a 36-234 umožnilo spracovať geologickú mapu v mierke 1 : 25 000. Geologická mapa dáva nový obraz rozmiestnenia vulkanických fácií v pohorí Poľana. Vulkanické sukcesie reprezentujú novodefinovaná formácia Poľana (obr. 1), formácia Strelníky a formácia Šútovka. Formácia Poľana a formácia Strelníky boli zaradené do obdobia sarmat. Formácia Šútovka bola na základe nových poznatkov litofaciálnej analýzy preradená zo sarmatu do bádenu. Definované boli nové vulkanické fácie explozívnych produktov. Prvýkrát tu boli opísané ignimbrity katmaiských erupcií typu Novarupta a chaotické pyroklastické brekcie vulkánskeho typu s charakteristickými prvkami fumarolového odplyňovania. Redefinovali sa niektoré pôvodne opisované epiklastiká na fácie pyroklastík a redeponovaných pyroklastík, ktoré sa ďalej detailne členili. Podrobne sa analyzovali a rozčlenili fácie epiklastických vulkanických hornín. Pôvodne opisovaný mohutný lávový komplex Poľany bol rozčlenený na sukcesiu strednohrubých lávových prúdov s lávovými brekciami andezitov amfibolicko-pyroxénických, pyroxénických, pyroxénických s amfibolom a bazaltických andezitov. Tiež bol definovaný nový výskyt tenkých lávových prúdov a zbrekciovatených lávových prúdov andezitov. Zaznamenaný bol nový výskyt intrúzií andezitových a dioritových porfýrov a extrúzií andezitov a dacitov. Definovaný bol nový komplex propylitizovaných hornín Kyslinky v centrálnej vulkanickej zóne Poľana. Vo vulkanickej stavbe študovaného územia pohoria Poľana bola zaznamenaná prítomnosť centrálnej vulkanickej zóny a prechodnej vulkanickej zóny. Pôvodne opisovaná distálna vulkanická zóna Poľany na študovanom území bola odstránená pravdepodobne z dôvodu náhlych geologických zmien, ktoré sa udiali v širšom regionálnom rozsahu. Na základe podrobného geologického mapovania bolo prvýkrát v pohorí Poľana urobené detailné rozčlenenie kvartérneho pokryvu.



Obr. 1. Typový profil formácie Poľana vo východnom svahu k. 1344 m Konce.

Fig. 1. Type profile of the Poľana Formation in the eastern slope of the Konce elevation point (1344 m a.s.l.).

Neotektonika

Neotectonics

J. LITTVA, J. HÓK and P. BELLA: **Hypogenic caves as an indicator of neotectonics**

Caves, formed due to the host rock dissolution by the groundwater, are usually referred to as solutional caves. Of those, a vast majority (80 to 85 percent) is formed by the activity of shallow-circulating meteoric groundwater. These types of caves are commonly called epigenic or hypergenic caves. However, around 15 to 20 percent of all caves owe their origin to the activity of aggressive groundwaters rising from the depths. This peculiar group of caves is known as hypogenic caves (Ford and Williams, 1989, 2007; Palmer, 1991, 2007, 2011; Klimchouk, 2007 and others). As the flow of aggressive groundwater is significantly facilitated along the active faults, the hypogenic caves represent an excellent indicator of neotectonics.

Despite the fact that there is a huge number of caves in Slovakia, the hypogenic origin was proposed or suspected only for handful of them (see reviews Bella et al., 2009; Bella and Bosák, 2012; as well as Bella and Gaál, 2012, 2013). There are many speleological features that can point out to the hypogenic origin of a cave, but many of them can be erased during further remodelling of the cave by either epigenic solutional or collapse processes. Herein we present several geological features which are directly tied to the presence of

hypogenic caves. The hypogenic origin of the cave can be suspected if at least one of this geological features is located in the vicinity of the cave: (1) A Quaternary or Pliocene fault; (2) Signs of intensive faulting; (3) Epithermal veins and mineralization; (4) Thermal and/or mineral waters; (5) Travertine mounds. These geological indicators not only complement the results of previous studies on hypogenic caves in Slovakia, but also point out to other caves that could potentially be hypogenic. The most obvious example of this are the cavities drilled in the limestones at the villages of Liptovský Ján (Porubský et al., 1959; Čajka et al., 1969; Peterka et al., 1976; Šalaga et al., 1985), Lúčky (Klago, 1969, 1984) and the Rimava Basin (Straka, 1986) areas (Liptovský Ján + Lúčky + Rimava Basin).

Conversely, the presence of the hypogenic caves can serve as an indicator of the neotectonic activity of the fault on which the cave has originated. The cave's morphology and age can be used to infer the fault's orientation and age of activity. For that reason the hypogenic caves should be considered a good indicator of neotectonics, similarly to travertines. However there is an evidence that other types of caves could also be utilized in the neotectonic studies (e. g. Littva and Hók, 2014). Similarly to the term travitonics which was proposed for using travertines in active fault studies (Hancock et al., 1999), the term cavitonics is proposed by us for using the caves in general for neotectonics.

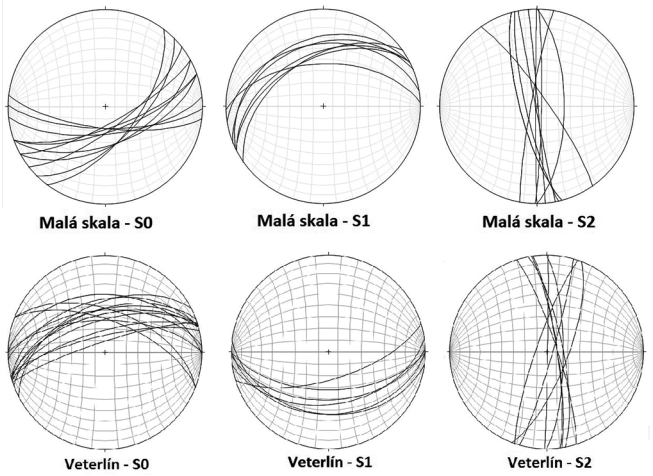
Acknowledgement. This research was supported by VEGA project No. 1/0030/12 and APVV projects APVV-0099-11 and APVV-0315-12.

T. CSIBRI a A. LAČNÝ: **Vplyv tektoniky a litológie na genézu jaskýň v oblasti vrchu Veterlín (Malé Karpaty, Plavecký kras)**

Skúmané územie sa nachádza približne 5 km severovýchodne od obce Smolenice. Podľa Mittera (1983) sa zaraďuje do Plaveckého krasu, konkrétne do Sološnicko-trstínskeho krasu. V rámci geológie Malých Karpát sa zaraďuje do veterlínskeho príkrovu (Havrila, 1993, 2004, 2011), ktorý je jeden z čiastkových príkrovov hronika (Andrusov, 1973). Podľa Poláka et al. (2012) sa na geologickej stavbe záujmového územia podieľajú hlavne vápence (gutensteinské, steinalmské, reiflinské a raminské vápence) v normálnom vrstevnom slede až po wettersteinské vápence, ktoré tvoria homogénne teleso štruktúrneho hrebeňa Veterlín – Čelo. Jaskyne z tohto územia podrobne opisuje Šmída (1996, 2010), hlavne z geograficko-geomorfologického hľadiska.

Cieľom práce bolo zistiť, ako vplýva tektonika a litológia na vývoj jaskýň. Počas štruktúrnych meraní sme identifikovali tri smery diskontinuít, na ktorých vznikajú jaskyne (obr. 1). Ako S_0 sme zadefinovali primárnu vrstvovitosť ZJZ – VSV smeru, vyznačujúcu sa až subvertikálnym uložením. Nevýraznú, no penetratívnu diskontinuitu ?kliváž sme označili ako S_1. Tieto štruktúry majú JJV – SSZ až V – Z smer. Sú to plochy so sklonom v rozmedzí 45 – 50°. Môžeme predpokladať, že tieto štruktúry mohli vzniknúť juhovergentným tektonickým prepracovaním pôvodnej severovergentnej stavby v spodnom miocéne (Marko et al., 1991, 1995). Najmladšiu diskontinuitu S_2 predstavujú S – J smery so subvertikálnym uložením. Na diskontinuity S – J smerov sú viazané mnohé významné jaskyne v Plaveckom (Lánczos et al., 2013), Kuchynsko-orešanskom krase (Lačný, 2013), či na iných krasových územiach Malých Karpát. Tieto zlomy boli reaktivizované počas strednomiocénneho kompresného napätia S – J smeru ako poklesy a majú súvis s pull-apartovým otváraním bádenského depocentra Viedenskej panvy (Marko a Jureňa, 1999). Ich reaktivizácia sa predpokladá aj v plio-kvartérnom období (Marko, 2012). V nižších polohách (gutensteinské vápence) dominujú štruktúry S_2 a S_1 (Malá skala, Pod Malou skalou). Jedinou výnimkou je jaskyňa Peterská priepasť, ktorá má generálny smer V – Z, vznikla na litologickej poruche, ktorá bola neskôr gravitačne poklesnutá (Šmída, 2010). Pri jaskyniach vo vyšších úrovniach, ktoré sú vytvorené vo wettersteinských vápencoch, dominujú skôr plochy vrstvovitosti S_0 (priepasť 3V/2, veterlínska sonda) (Csibri, 2014). Zaujímavou jaskyňou je Hačova jaskyňa, ktorá má hĺbku až –73 m, dĺžku 660 m (Šmída, 2010). V tejto jaskyni nájdeme všetky tri diskontinuity, avšak ich pretínanie začína v určitej hĺbke.

Poďakovanie. Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu VEGA 1/0095/14 „Komplexný výskum krasových fenoménov Malých Karpát."



Obr. 1. Tektonogramy nameraných údajov znázorňujúce orientáciu jednotlivých plôch diskontinuít (Csibri, 2014).

Fig. 1. Tectonograms of measured values manifesting the spatial characteristics of individual discontinuities (Csibri, 2014).

5. časť – Part 5

Popularizácia geológie a výchova mladých vedcov

Popularization of geology and training of young geoscientists

V. SLÁVIKOVÁ: **Geologické zaujímavosti Slovenska a ich aplikácia v Biológii 8 ZŠ**

Nezáujem žiakov o prírodovedné predmety, ktorý sa v konečnom dôsledku nepriaznivo odráža v ich nedobrých výsledkoch v medzinárodných testovaniach (napr. PISA 2009), podnecuje mnohých výskumníkov zaoberať sa príčinami tohto nelichotivého stavu. Z autorov, ktorých práce sa zameriavali na sledovanie záujmu slovenských žiakov o prírodovedné predmety, spomeniem aspoň mená: Chudá a Prokop (2007), Komorníková (2007), Horňáčková a Kubiatko (2007), Lalíková (2008), Veselský a Hrubišková (2009). Závery spomínaných prieskumov možno zhrnúť takto: záujem žiakov o prírodovedné predmety je veľmi nízky, pričom v mnohých prípadoch hraničí s nezáujmom. Uvedené skutočnosti platia aj pre predmet biológia 8. ročníka, kde sa žiaci učia geológiu.

V príspevku uvádzam výsledky dizertačnej práce Geologické zaujímavosti Slovenska a ich aplikácia v Biológii 8 ZŠ, ktorá sa zaoberá skúmaním možností zvýšiť záujem žiakov o predmet biológia 8. ročníka. Cieľom práce bolo vytvoriť učebné texty o geologických zaujímavostiach Slovenska a overiť ich efektívnosť vo vzťahu k trvácnosti vedomostí, ako aj vzhľadom na postoj žiakov k predmetu biológia 8. ročníka. Dôležitým výstupom práce je preto 15 učebných textov (UT) o geologických zaujímavostiach Slovenska (GZS) a metodický materiál k učebným textom pre učiteľov predmetu biológia 8. ročníka ZŠ.

Hlavnou metódou výskumu bol pedagogický experiment. Žiaci 8. ročníka dvoch základných škôl v Považskej Bystrici (1. ZŠ a 3. ZŠ) boli rozdelení do skupín, pričom žiaci experimentálnych skupín pracovali počas výučby s učebnými textami o geologických zaujímavostiach Slovenska, žiaci kontrolných skupín pracovali počas výučby bez učebných textov o geologických zaujímavostiach Slovenska. Učebné texty boli navrhnuté pre konkrétne lokality Slovenska v súlade s učivom predmetu biológia 8. ročníka. Prostredníctvom didaktických testov, ktoré som zostavila, boli testované vedomosti žiakov a trvácnosť vedomostí žiakov obidvoch skupín. Údaje získané v testoch som podrobila matematicko-štatistickej analýze. Ako som predpokladala, lepšie výsledky dosiahli v testoch žiaci experimentálnych skupín. Čiže používanie učebných textov vo výučbe má vplyv nielen na vedomosti žiakov, ale aj na trvácnosť nadobudnutých vedomostí. Súčasťou výskumu dizertačnej práce bolo aj zisťovanie postojov žiakov k predmetu biológia 8. ročníka. Žiaci experimentálnej skupiny, ktorí počas výučby použili UT o GZS, majú pozitívnejší vzťah k predmetu biológia 8. ročníka a k neživej prírode ako žiaci kontrolnej skupiny, ktorí počas výučby nepoužívali UT o GZS.

V závere výskumu som oslovila učiteľov predmetov biológia a geografia, aby sa vyjadrili k vytvoreným UT o GZS. Je potešiteľné, že učitelia, ktorých som oslovila, reagovali pozitívne na vytvorené UT o GZS. Hodnotili učebné texty ako výbornú učebnú pomôcku, ktorú radi využijú vo výučbe, prijali by vydanie učebných textov vo forme geologickej čítanky nielen pre predmet biológia 8. ročníka, ale aj pre predmet geografia 9. ročníka.

Verím, že uvedené výsledky výskumu budú prínosom v riešení problematiky týkajúcej sa výučby geológie na základných školách a podnietia učiteľov k zamysleniu sa nad tým, aké postoje a akú motiváciu môžu vyvolať u svojich žiakov.

Aktivity košickej pobočky Slovenskej geologickej spoločnosti v roku 2014

The activities of the Slovak Geological Society, branch Košice, in 2014

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

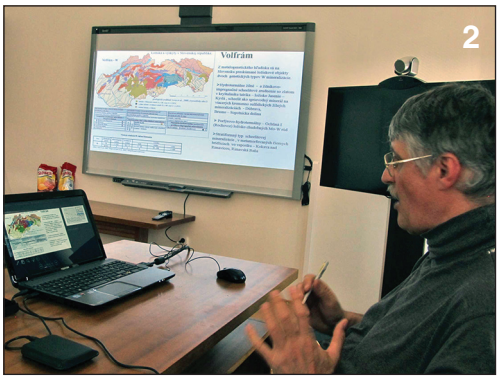
Abstract: *Two geological seminars, held in the State Geological Institute of Dionýz Štúr (ŠGÚDŠ) and one field correlation were organized by the Slovak Geological Society (SGS), branch Košice, in 2014. Besides, a lecture about the main outcomes of the World Landslide Forum 3 (Being, China, 2–6 June 2014) was held up to date. First geological seminar – Actual results of geological and environmental projects solved in eastern Slovakia – was held on 7 April 2014. Second seminar – Eastern Slovakia – Geological setting and geological factors of the environment took part on 24 November 2014. The field correlation –* ***Rakovec suture zone – relict after the Paleozoic ocean Paleotethys****, was devoted to new findings of exhumed block of metagabbros in the Babiná massif (1278 m a.s.l.) located the western segment of the North-Gemeric zone (Inner Western Carpathians).*

Key words: *geological seminars, field correlation, Rakovec suture zone, Gemericum, Western Carpathians*

V roku 2014 košická pobočka Slovenskej geologickej spoločnosti (SGS) spolu so Štátnym geologickým ústavom Dionýza Štúra (ŠGÚDŠ), regionálnym centrom Košice, zorganizovala dve geovedné prednáškové popoludnia v ŠGÚDŠ v Košiciach a tiež terénny geologický seminár SGS *Rakovecká geosutúra – relikt po paleozoickom oceáne Paleotetýdy,* ktorý bol venovaný novým zisteniam exhumovaných blokov metagabier v masíve Babinej (1278 m n. m.) v segmente severogemerickej zóny medzi obcami Rakovec a Hnilec. Okrem týchto aktivít **Ľ. Petro** v samostatnej prednáške ŠGÚDŠ-SAIG-SGS 3. 7. 2014 uviedol hlavné vedecké závery konferencie World Landslide Forum 3 (Peking, Čína, 2. – 6. 6. 2014) a podelil sa o poznatky z prehliadky pamiatok UNESCO v Pekingu a jeho okolí.

Jarné prednáškové popoludnie *Aktuálne výsledky geologických a environmentálnych projektov riešených na východe Slovenska*


1

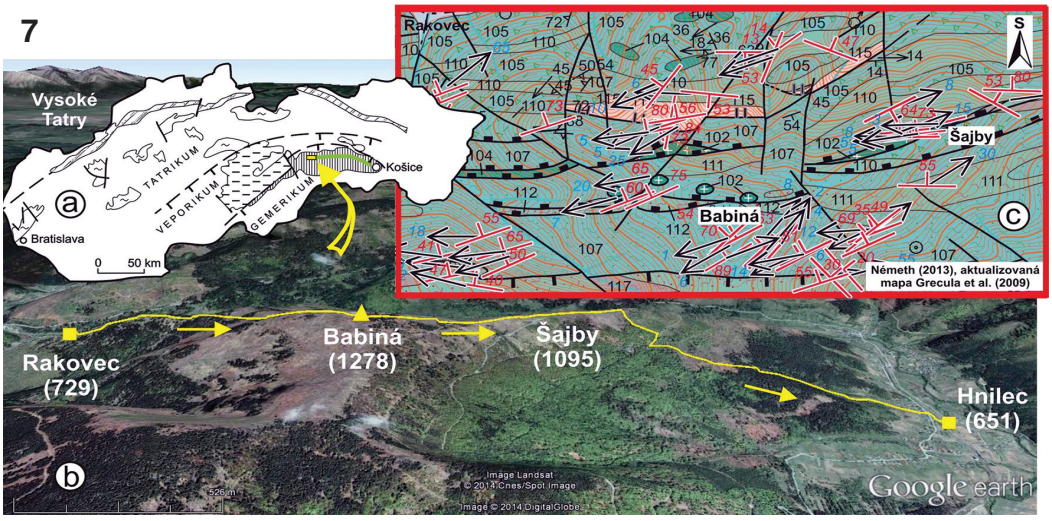

2
Volfrám


3


4


5


6


7
Vysoké Tatry
TATRIKUM
VEPORIKUM
GEMERIKUM
Košice
Bratislava
0 50 km
a
Rakovec
105
727
105
104
36
18
36
14
105
110
105
110
105
110
105
45
50
64
107
45
10
53
105
14
105
110
105
110
73
70
80
50
53
11
15
45
110
54
102
107
Šajby
104
107
102
107
111
110
55
30
111
112
20
65
75
102
Babiná
112
94
70
12
111
55
65
18
41
50
107
107
117
69
14
55
107
S
C
Németh (2013), aktualizovaná mapa Grecula et al. (2009)
b
Rakovec (729)
Babiná (1278)
Šajby (1095)
Hnilec (651)
526 m
Image Landsat
© 2014 Cnes/Spot Image
Image © 2014 DigitalGlobe
Google earth

sa uskutočnilo 7. 4. 2014. Do jeho organizácie sa zapojila tiež Slovenská asociácia ložiskových geológov (SALG). Prezentovaných bolo 8 prednášok, členených do niekoľkých tematických blokov:

V bloku *Environmentálna geológia* **K. Čechovská, Ľ. Tuček** a **J. Derco** informovali o vzniku syntetického hydromagnezitu karbonatizáciou odpadu po kalcinácii magnezitu a o možnostiach jeho praktického využitia. V nasledujúcej prednáške **Ľ. Kovaničová** a **Ľ. Tuček** hodnotili vplyv rôznych typov prírodných sorbentov na elimináciu rizikových prvkov z banskej vody.

V problematike *ložiskovej geológie* **Z. Bačová** uviedla hlavné typy ložísk kritických nerastných surovín vo svete a na Slovensku a porovnala tiež ich kvalitatívne a kvantitatívne parametre. **P. Bačo, Z. Bačová** a **Z. Németh** uviedli perspektívy výskytu niektorých kritických nerastných surovín, doteraz netradičných pre územie Slovenska.

Úvod tematického bloku o *regionálnej geológii Západných Karpát* bol venovaný propagácii novej geologicko-náučnej mapy Zemplínskych vrchov v mierke 1 : 50 000 od autorov **J. Kobulský** (red.), **K. Žecová, Ľ. Gazdačko, P. Bačo, Z. Bačová** a **J. Maglay**. V ďalšej prednáške **M. Radvanec** prvý raz prezentoval mineralogickú evidenciu premeny spodnopaleozoického gabra vo vysokotlakovej metamorfóze meliatika. **Z. Németh** a **Ľ. Kovanič** informovali o aktuálnych výsledkoch štruktúrneho výskumu spodnopaleozoického rulovo-amfibolitového komplexu vo východnej časti gemerika.

Záver prednáškového popoludnia bol venovaný popularizačnej prednáške o austroalpiniku gleinalmských Álp (Štajersko). **Z. Németh** v nej uviedol prehľad súčasných regionálnogeologických a tektonických koncepcií stavby gleinalmských Álp od zahraničných autorov a tiež výsledky vlastných pozorovaní z niekoľkých krátkodobejších terénnych pobytov v danom regióne.

Jesenné prednáškové popoludnie *Východné Slovensko – Geologická stavba a geofaktory životného prostredia,* ktoré sa uskutočnilo 24. novembra 2014, bolo spoluorganizované Slovenskou asociáciou inžinierskych geológov (SALG). Pozostávalo zo šiestich prednášok:

V bloku *Environmentálna geológia* **K. Čechovská, Ľ. Tuček, M. Radvanec, Z. Németh** a **J. Derco** prezentovali možnosti likvidácie CO_2 jeho reakciou so štyrmi potenciálne vhodnými litotypmi – metabázickými horninami, chloritickou bridlicou, mastencovou bridlicou a pyroxénickým andezitom. Zrealizovaný výskum bol nadstavbou skoršieho výskumu s aplikáciou ultramafických hornín na likvidácii CO_2, ktoré vďaka svojmu minerálnemu a chemickému zloženiu preukázali doteraz najvyššiu sekvestračnú kapacitu z testovaných prírodných materiálov. V nasledujúcej prednáške **Ľ. Kovaničová, Ľ. Tuček** a **P. Bajtoš** informovali o možnostiach sorpcie rizikových prvkov sorbentmi na báze prírodných materiálov – bentonitu, zeolitizovaného a perlitizovaného tufu, glaukonitu, Fe pigmentu a produktov z úpravy lignitu, vápenca a dolomitu.

V bloku o nových poznatkoch *regionálnej a ložiskovej geológie* **Ľ. Kovanič** a **Z. Németh** informovali o možnostiach využitia moderných geodetických a fotogrametrických metód v štruktúrnogeologickej praxi a porovnali tiež výsledky v prípade použitia obidvoch metodík. O hroziacom kritickom nedostatku prvkov vzácnych zemín (REE) v krajinách EU a priemyselných odvetviach, v ktorých sa REE v podstatnej miere využívajú, zreferovali **Z. Németh, Z. Bačová** a **M. Radvanec**. Súčasne podali informáciu o spôsobe riešenia hrozby tohto deficitu vo svete a v Európe. Pozitívnym výsledkom v podmienkach EU bolo zistenie a overenie dostatočných zásob REE na ložiskách Kvanefjeld (Grónsko) a Norra Kärr (Švédsko) a tiež úspešný rozbeh novodobej extrakcie LREE v pôvodnom úpravárenskom komplexe v Estónsku (začiatok REE produkcie bol už v roku 1970). V ďalšej prednáške o ložisku Gemerská Poloma (talk, polymetalická mineralizácia, REE) a jeho širšom okolí poskytli

◀ **Obr. 1.** Ľ. Kovaničová počas prednášky o vplyve rôznych typov prírodných sorbentov na elimináciu rizikových prvkov z banskej vody. Jarné prednáškové popoludnie ŠGÚDŠ-SGS-SALG, Košice 7. 4. 2014. Foto Z. Németh.

Fig. 1. Ľ. Kovaničová during her lecture about the application of various natural sorbents for the elimination of the risk element in the discharging mine waters. ŠGÚDŠ-SGS-SALG Seminar, Košice 7. 4. 2014. Photo Z. Németh.

Obr. 2. P. Bačo hodnotiaci perspektívu výskytu niektorých kritických nerastných surovín, doteraz netradičných pre územie Slovenska. Jarné prednáškové popoludnie ŠGÚDŠ-SGS-SALG, Košice 7. 4. 2014. Foto Z. Németh.

Fig. 2. P. Bačo reporting about the perspectives of selected critical raw materials, until untraditional in the Slovak territory. ŠGÚDŠ-SGS-SALG Seminar, Košice 7. 4. 2014. Photo Z. Németh.

Obr. 3. M. Smolárik prezentujúci históriu geologickoprieskumných aktivít v oblasti ložiska talku pri Gemerskej Polome a rámcové výsledky nových geologickoprieskumných a otvárkových prác (štôlňa Elisabeth). Jesenné prednáškové popoludnie ŠGÚDŠ-SGS-SAIG, Košice 24. 11. 2014. Foto Z. Németh.

Fig. 3. M. Smolárik presenting the history of geological-exploration works in the wider area of talc deposit at the village of Gemerská Poloma and general results of new geological-exploration and opening works (Elisabeth adit). ŠGÚDŠ-SGS-SAIG Seminar, Košice 24. 11. 2014. Photo Z. Németh.

Obr. 4. Časť účastníkov jesenného prednáškového popoludnia ŠGÚDŠ-SGS-SAIG, Košice 24. 11. 2014. Foto Z. Németh.

Fig. 4. Part of participants of the ŠGÚDŠ-SGS-SAIG Seminar, Košice 24. 11. 2014. Photo Z. Németh.

Obr. 5. Terénna korelácia na trase Rakovec – Babiná – Šajby – Hnilec s výskytom exhumovaných metagabier sa uskutočnila 18. 5. 2014 v náročných klimatických podmienkach. Foto I. Hadbavníková.

Fig. 5. SGS field correlation on the route Rakovec – Babiná – Šajby – Hnilec with occurrences of exhumed metagabbro blocks taking place on 18. 5. 2014 at demanding climatic conditions. Photo I. Hadbavníková.

Obr. 6. Časť účastníkov terénnej korelácie 18. 5. 2014 na vrchole Babinej (1278 m n. m.). Foto I. Hadbavníková.

Fig. 6. Part of participants standing on the Babiná peak (1278 m a.s.l.) during the SGS field correlation on 18. 5. 2014. Photo I. Hadbavníková.

Obr. 7. Veľká časť korelačnej trasy v západnom segmente severogemerickej zóny (a) viedla ťažko prechodným terénom (b), v ktorom sa podarilo detailne vymapovať 8 rozsiahlych exhumovaných blokov metagabier šošovkovitého tvaru (vysvetlivka 102, Németh in Németh a Radvanec, 2013; c).

Fig. 7. Prevailing part of the SGS field correlation route 18. 5. 2014 in the western segment on the North Gemeric zone (a) passed through the heavily reachable terrain (b), where eight large senses of exhumed metagabbroes were recently discovered (explanation 102 in map c, Németh in Németh and Radvanec, 2013).

M. Smolárik a **Z. Németh** informácie o histórii geologickoprieskumných a ťažobných aktivít v danej oblasti a o rámcových výsledkoch nových geologickoprieskumných a otvárkových prác (štôlňa Elisabeth).

V závere prednáškového popoludnia odznela popularizačná prednáška: **Z. Németh** – Ofiolity severného Albánska, venovaná priebehu XX. kongresu Karpatsko-balkánskej geologickej asociácie v Tirane (24. – 26. 9. 2014) a geologicko-tektonickej stavbe predovšetkým ofiolitových sekvencií na geotraverzoch Shkodër – Pukë – Kukës a Kukës – Krujë v severnom Albánsku.

Výber abstraktov prednášok z obidvoch prednáškových popoludní je zaradený za týmto sumarizujúcim príspevkom.

Terénny geologický seminár SGS *Rakovecká geosutúra – relikt po paleozoickom oceáne Paleotetýdy* sa uskutočnil 18. 5. 2014. Venovaný bol novým zisteniam exhumovaných blokov metagabier v masíve Babinej (1278 m n. m.) v západnom segmente severogemerickej zóny medzi obcami Rakovec a Hnilec.

Napriek tomu, že trasa bola fyzicky náročná (10,4 km s prevýšením 535 m, značná časť trasy mimo ciest a turistických chodníkov), geotúry sa zúčastnilo 11 účastníkov. Zóna exhumovaných blokov metagabier zo spodnej časti kontinentu a všadeprítomné názorné kinematické indikátory exhumácie priamo v exhumovaných blokoch, ale aj podložných a nadložných horninových súboroch reprezentovali inštruktívne príklady vrchnopaleozoických konvergentno-kolíznych geodynamických pochodov.

Výber abstraktov z prednáškových popoludní ŠGÚDŠ-SGS-SALG-SAIG v Košiciach 7. 4. 2014 a 24. 11. 2014

K. ČECHOVSKÁ, Ľ. TUČEK a J. DERCO: **Syntetický hydromagnezit ako spomaľovač horenia získaný karbonatizáciou odpadu po kalcinácii magnezitu**

Príspevok poukazuje na možnosti prípravy syntetického hydromagnezitu metódou karbonatizácie odpadového materiálu po termickom spracovaní magnezitovej suroviny, t. j. pôsobením oxidu uhličitého (CO_2) na vhodnú zložku odpadového materiálu (Mg zložku) pri konkrétnych teplotno-tlakovo-časových podmienkach vzniká Mg karbonát (hydromagnezit) s možnosťou jeho využitia na trhu minerálnych samozhášavých materiálov.

Pri realizácii experimentálnych výskumných prác boli simulované vybraté parametre karbonatizácie (teplota, tlak CO_2, trvanie procesu, zahustenie suspenzie) v laboratórnych podmienkach tak, aby sa zistili možnosti a potenciál pre fixáciu CO_2 na vhodné zložky vstupného odpadového materiálu s následným získavaním zrážaného Mg karbonátu (hydromagnezitu) metódou minerálnej karbonatizácie vo vysokotlakovom reaktore a v neposlednom rade možnosť redukcie určitého množstva odpadového materiálu na haldách po spracovaní magnezitovej suroviny.

Ľ. KOVANIČOVÁ a Ľ. TUČEK: **Vplyv druhu sorbentu na elimináciu rizikových prvkov z banskej vody**

Kyslé banské vody (AMD – Acid Mine Drainage) s vysokým obsahom kovov a síranov sú trvalým problémom mnohých banských lokalít, v ktorých dochádza k zvetrávaniu sulfidických minerálov. Neupravené banské vody spôsobujú kontamináciu vodných tokov i podzemných vôd toxickými kovmi a síranmi. Jednotlivé AMD majú jedinečné zloženie, ktoré vyplýva z podmienok príslušného ložiska, resp. prostredia, v ktorom sa nachádzajú, a z toho dôvodu pri ich sanácii je potrebné pristupovať jednotlivo.

Príspevok prezentoval výsledky experimentov, ktorých cieľom bolo znižovanie obsahu rizikových prvkov (Fe, Mn, Al, Zn) v banskej vode vytekajúcej zo štôlne Slávik na Dubníku sorpciou na prírodné sorbenty. Na sorpciu boli použité sorbenty: zeolitizované tufy, perlitizované tufy, bentonity, Fe pigment, odpadový produkt z úpravy lignitu jednotlivo a v kombinácii s odpadovým produktom z termickej úpravy vápenca.

Sorpciou na prírodné sorbenty jednotlivo neboli všetky sledované prvky vo vode znížené na limitné OH (odporúčané hodnoty), resp. MH (medzné hodnoty) v zmysle NV č. 296/2010, Z. z. príloha 2, časť A, kategória A1. K podstatnému zníženiu všetkých rizikových prvkov došlo až pri použití sorbentu zloženého z uvedeného druhu prírodného sorbentu a vápenca, pričom použitím vápenca došlo k úprave pH prostredia z kyslého na neutrálne až mierne zásadité, čo vylepšilo sorpciu Al a Zn, a zároveň došlo k procesu zrážania, následkom čoho bol dostatočne znížený obsah Mn a Fe vo vode po sorpcii.

K. ČECHOVSKÁ, Ľ. TUČEK, M. RADVANEC, Z. NÉMETH a J. DERCO: **Výskum likvidácie oxidu uhličitého aplikáciou štyroch potenciálne vhodných litotypov**

Príspevok poukazuje na schopnosť vhodných zložiek (Mg, Ca, resp. Fe^{2+} zložiek) geologických vzoriek štyroch litotypov tvoriť spolu s oxidom uhličitým nové minerálne formy (karbonáty) metódou minerálnej karbonatizácie.

Pri realizácii experimentálnych výskumných prác boli simulované vybraté parametre minerálnej sekvestrácie CO_2 (tlak CO_2, teplota prostredia, trvanie procesu, zahustenie suspenzie) v laboratórnych podmienkach tak, aby sa zistili možnosti a potenciál pre viazanie sa CO_2 na vhodné zložky vzoriek štyroch litotypov s následným vytváraním a získavaním zrážaných Mg, Ca, resp. Fe karbonátov (hydromagnezit, kalcit, siderit) metódou minerálnej karbonatizácie vo vysokotlakovom reaktore.

Ľ. KOVANIČOVÁ, Ľ. TUČEK a P. BAJTOŠ: **Sorpcie rizikových prvkov sorbentmi na báze prírodných materiálov**

V tomto príspevku bol uvedený prehľad výsledkov dosiahnutých počas riešenia úlohy „Výskum aplikácie prírodných sorbentov pri odstraňovaní toxických a ťažkých kovov z prírodných vôd v objektoch pozostatkov banskej činnosti". Výskum sorpcie toxických a ťažkých kovov z kontaminovaných prírodných vôd bol realizovaný na 9 objektoch, ktoré boli rozdelené na:

– objekty s kyslou reakciou a sulfido-silikátogénnou mineralizáciou, tvorenou vo výrazne aeróbnom prostredí – Pech šachta Smolník a Slávik štôlňa Dubník;

– objekty s vodami so slabo kyslou reakciou a sulfido-karbonátovo-silikátogénnou mineralizáciou, tvorenou v aeróbnom prostredí – Dolnosirkovská odvodňovacia štôlňa Sirk a baňa Mária Rožňava;

– objekty so slabo zásaditou reakciou a sulfido-karbonátovo-silikátogénnou mineralizáciou, tvorenou v aeróbnom prostredí – Rochus štôlňa Rudňany, VOŠ Voznica, odkalisko Špania Dolina, odkalisko Nižná Slaná a odkalisko Slovinky.

Sledované rizikové prvky z banských a drenážnych vôd predmetných lokalít boli sorbované na prírodné materiály kombinované s odpadovým produktom z termickej výroby vápna – vápencom. Zostatkové hodnoty sledovaných kontaminantov boli znížené na limitné OH (odporúčané hodnoty), resp. MH (medzné hodnoty) v zmysle NV č. 296/2010, Z. z. príloha 2, časť A, kategória A1 s účinnosťou sorpcie nad 90 %. V drenážnej vode zo Špianej Doliny bol na sorpciu Sb použitý prírodný goethit, ale obsah Sb vo vode po sorpcii bol nad limitnými hodnotami predmetného NV SR. Antimón v priesakovej vode sa nachádza hlavne v aniónovej forme, ktorá sa podstatne horšie sorbuje na skúšané kombinované sorbenty.

Sanácia banských vôd na prírodné, prípadne kombinované sorpčné materiály je len jednou z metód, pričom výber vhodnej technológie je podmienený rôznymi technickými, ekonomickými i legislatívnymi faktormi.

K. ŽECOVÁ, J. KOBULSKÝ, Ľ. GAZDAČKO, P. BAČO, Z. BAČOVÁ a J. MAGLAY: **Geologické lokality, ochrana prírody a geoturistika v podaní novej geologicko-náučnej mapy Zemplínskych vrchov**

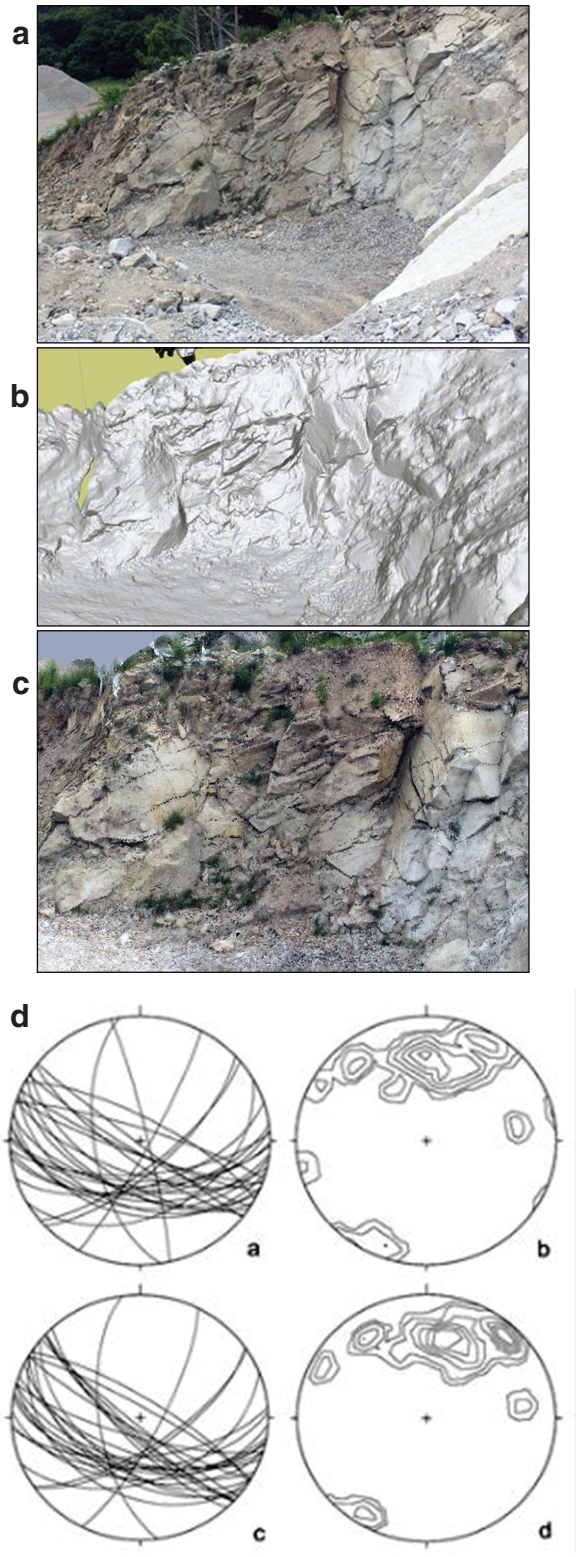
Geologicko-náučná mapa *Zemplínske vrchy* v mierke 1 : 50 000, ktorú vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, je štvrtou vydanou mapou v edícii geologicko-náučných máp. Účelom geologicko-náučných máp je poskytnúť širokej verejnosti nové poznatky o geologickej stavbe, prírodných, kultúrnych a historických zaujímavostiach a tiež spropagovať možnosti turistiky v jednotlivých regiónoch Slovenska.

Na prednej strane mapy Zemplínskych vrchov je zobrazená geológia regiónu s legendou, zoznam a hranice CHKO, NPR, PR, CHA a ÚEV (NATURA 2000), geologický rez územím, cykloturistické trasy a zjednodušená mapa lesných porastov s číslami a prehľadom značiek jednotlivých opísaných objektov. Na zadnej strane mapy je formou 3D modelov, schém, tabuliek, nákresov a fotografií prezentovaná geologická stavba regiónu a geologický vývoj územia od prvohôr až po súčasnosť. Sú tu uvedené údaje o vinohradníckych oblastiach a rajónoch, významných pamiatkach regiónu a o zaujímavostiach fauny a flóry.

Prílohou mapy je stručný textový sprievodca, v ktorom sú uvedené základné informácie o geologickej stavbe, živej prírode Zemplínskych vrchov a ich okolia a údaje o histórii Zemplínskej župy. Najdôležitejšou časťou je opis zaujímavostí Zemplínskych vrchov a ich okolia, kde sa užívateľ oboznámi nielen s významnými geologickými lokalitami, ale aj s chránenými prírodnými, národnými, technickými a kultúrnymi pamiatkami, ktoré sú zdokumentované stručnými opismi, fotografiami a nákresmi s odporúčanými náučnými trasami. Významnou časťou sú údaje o Vinohradníckej oblasti Tokaj, Tokajskej vínnej ceste, Královskochlmeckom vinohradníckom rajóne, múzeách, galériách, turistike a cykloturistike, kúpeľoch a minerálnych prameňoch. Tieto údaje sú doplnené informáciami o možnostiach ubytovania, stravovania a ochutnávky vín, o turistických informačných centrách, regionálnych združeniach, službách (plavba na lodi, jazda na koni a kočoch), lekárskej pohotovosti, zaujímavých receptoch zo Zemplína a kalendárom tradičných podujatí. Sprievodca je doplnený aj o slovníček odborných výrazov. K mape a sprievodcovi je priložené aj interaktívne CD.

Ľ. KOVANIČ a Z. NÉMETH: **Možnosti využitia moderných geodetických a fotogrametrických metód v štruktúrnogeologickej praxi**

Geodetické metódy sú v súčasnosti bežne využívaným prostriedkom na dokumentáciu geologických objektov a javov, ako sú napr. zosuvy, skalné zrútenia a pozorovanie ich morfologických zmien. Cieľom je vytvoriť počítačový 3D model a jeho dodatočným spracovaním získať potrebné priestorové údaje. V tomto prípade sú často využívané najmä GNSS merania a terestrické metódy na princípe priestorovej polárnej metódy s využitím univerzálnych meracích staníc. Na účely štruktúrnej geológie sa najčastejšie využíva priame meranie štruktúrnogeologických parametrov pomocou geologického kompasu. Tento spôsob však neumožňuje meranie plôch neprístupných pre merače. V súčasnosti sa v štruktúrnej geológii vo zvýšenej miere začína využívať 2D/3D modelovanie. Na účely nepriameho odvodenia štruktúrnych parametrov je potrebné vytvoriť model odkryvu s dostatočnou hustotou bodov. Z geodetických metód, ktoré toto umožňujú, prichádzajú do úvahy metóda terestrického laserového skenovania (TLS), pozemné a letecké fotogrametrické metódy. Výsledný model je dostatočne detailný, v prípade fotogrametrie aj textúrovaný, čo umožňuje ľahšiu identifikáciu signifikantných plôch.



Obr. 1. Aplikácia fotogrametrie v štruktúrno-geologickej praxi. **a** – fotografia; **b** – počítačovo získaná vizualizácia (mesh); **c** – textúrovaný model; **d** – tektonogramy štruktúrnych parametrov vybraných plôch, meraných geologickým kompasom (a, b) a odvodených z modelu (c, d).

Prípadová štúdia potvrdila, že číselné a grafické výsledky porovnania smerov a sklonov získaných geologickým kompasom a z modelu referenčných plôch preukazujú výraznú zhodu. Hodnoty smeru a sklonu plôch určené z modelu získaného metódou TLS boli porovnávané s hodnotami získanými geologickým kompasom na 29 identických bodoch. Čiastočne sú zobrazené na obr. 5. Hodnoty rozdielov smeru sú v rozsahu od –24° do +8°, čo v percentuálnom vyjadrení zodpovedá hodnotám od –6,7 % do +2,2 %. Hodnoty rozdielov smeru sú v rozsahu od –28° do +14°, čo v percentuálnom vyjadrení zodpovedá hodnotám od –7,8 % do +3,9 %. Priemer hodnôt rozdielov sklonu je –9,0°, čo zodpovedá –2,5 %. Priemer hodnôt sklonu je –0,9° čo zodpovedá –0,2 %.

Práca vznikla ako súčasť projektu APVV-0339-12 – Genéza perlitu a inovatívne prístupy pri jeho ťažbe a spracovaní.

Z. NÉMETH, Z. BAČOVÁ a M. RADVANEC: **REE v EU – od rizika kritického nedostatku ku kvalitným domácim zdrojom a úpravárenským kapacitám**

O hrozbe kritického nedostatku REE (prvkov vzácnych zemín) vo svete a EU v dôsledku monopolného postavenia Číny v produkcii REE a zákazu vývozu REE z tejto krajiny v rokoch 2010 – 2011 sme informovali už počas predchádzajúcich prednáškových popoludní SGS v Košiciach (Bačo a Bačová – 12. 6. 2012; Bačo et al. – 7. 4. 2014). Súčasný vývoj zaznamenal pozitívny trend na svetových trhoch s REE vďaka rýchlej aktivácii staronových svetových producentov REE (Mountain Pass, Molycorp, USA; Mount Weld, Lynas, Austrália). Títo producenti REE svoje ťažobné a úpravárenské aktivity pôvodne ukončili na počiatku prvej dekády 21. storočia predovšetkým pre vtedajšie nízke ceny REE na svetových trhoch. Ich recentnou opätovnou aktiváciou sa podiel čínskej produkcie na svetových trhoch s REE v roku 2014 podarilo znížiť z 95 % na 75 %. Rovnako bol zaznamenaný aj pokles cien REE o 80 % v porovnaní s doteraz najvyššími cenami v polovici roka 2011.

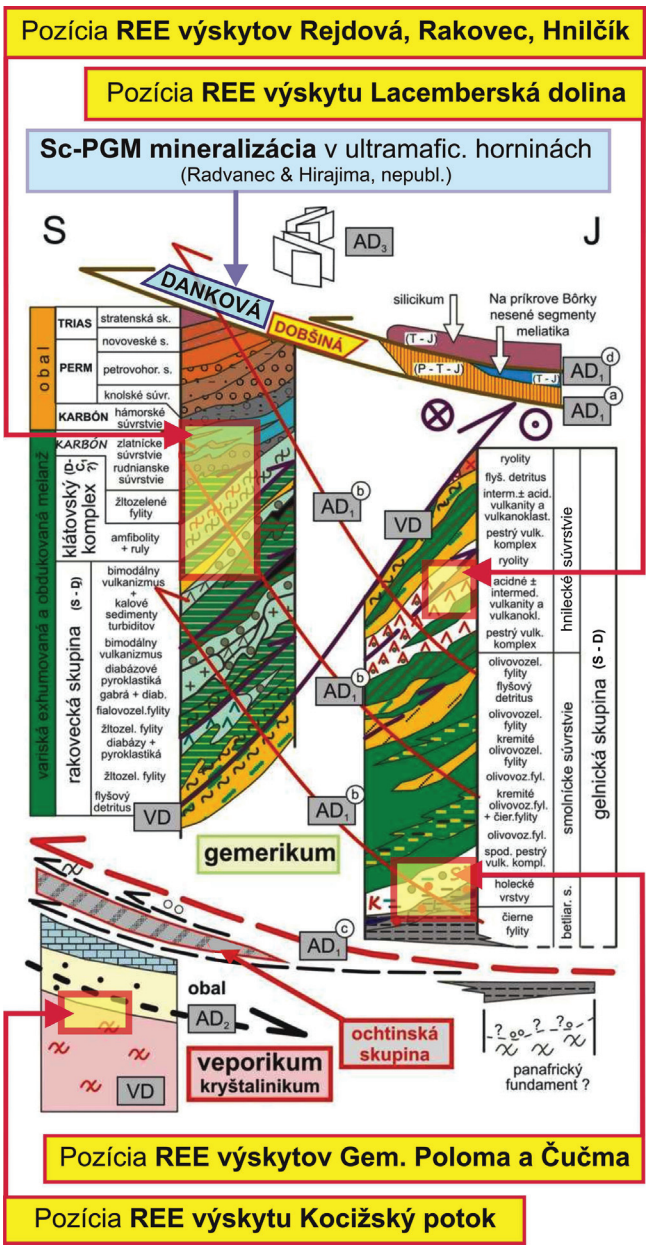
Pretrvávajúcou nepriaznivou skutočnosťou ale je, že 95 % aktuálnej produkcie REE mimo Číny sú LREE (ľahké prvky vzácnych zemín), pričom v súčasnosti sa pozornosť upriamuje na (ťažké) **HREE** – napr. pre generátory do veľmi žiadaných veterných elektrární a pre elektromotory je nevyhnutné popri Nd aj **Dy** a **Tb**, pre tepelné bariéry v prúdových motoroch súčasných lietadiel a plynových turbín v elektrárňach je nevyhnutné **Y**, v moderných diagnostických zdravotníckych zariadeniach (CT) je to popri Ce, Gd, Eu hlavne **Y**, **Tb** a **Lu** atď.

EU zaznamenala pozitívny vývoj v problematike REE aj vďaka spojenému úsiliu cca 80 expertov na ložiskovú geológiu, úpravníctvo a ekológiu, tvoriacich ERECON (European Rare Earth Competence Network), ktorý je poradným orgánom EC. Podarilo sa zabezpečiť dostatočné zdroje REE priamo na území členských štátov EU – ložiská Kvanefjeld v južnom Grónsku a Norra Kärr vo Švédsku sú vo finálnych štádiách prieskumných aktivít. (Investície do ťažobných zariadení mimo územia EU sa v dnešných nestabilných geopolitických pomeroch považujú za rizikové.) Priamo na území EU je už v prevádzke aj úpravňa na získavanie REE z hostiteľskej horniny, nachádzajúca sa v Estónsku.

Hostiteľskou horninou REE mineralizácie v Kvanefjelde je lujvarit, predstavujúci jednu z foriem nefelinického syenitu. Lujvarit obsahuje prvky skupiny REE (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb a Lu), ale tiež Th a uránové minerály. V Kvanefjelde v alkalickom intruzívnom komplexe je dominujúci arfvedsonitový lujvarit a zriedkavejšie zastúpený je egirínový lujvarit. Pozoruhodné je, že v Grónsku, ktoré dáva veľký dôraz na environmentálne otázky, sa ich podarilo uspokojivo vyriešiť a začiatok ťažby je plánovaný do obdobia rokov 2018 – 2019 s predpokladanou ťažiteľnosťou v súčasnosti overených zásob 33 rokov.

Zásoby ložiska Norra Kärr v južnom Švédsku (súčasný vlastník je Tasman Metals Ltd., Austrália) môžu pokrývať spotrebu európskeho priemyslu cca 50 rokov. Ložisko, ktoré je situované v metamorfovanej intrúzii peralkalického nefelinického syenitu, je unikátne vysokým obsahom **HREE** a nízkou úrovňou radiácie, korešpondujúcou s bežnými hodnotami v obklopujúcich granitoidoch a felzitických vulkanických horninách.

Mimo zmienených dvoch podstatných REE ložísk v EU je k dispozícii ďalších cca 30 perspektívnych lokalít, viazaných predovšetkým na alkalické vyvreté horniny, karbonatity, železorudné



Obr. 1. Ekonomicky perspektívne ložiská REE v EU sa viažu predovšetkým na kryštalinikum škandinávskych štátov. REE perspektívy krajín alpsko-karpatskej orogénnej sústavy znižuje hlavne ich zložitý polyfázový tektonometamorfný vývoj, segmentujúci potenciálnu hostiteľskú litológiu. Napriek malým rozmerom primárnych REE výskytov, a zákonite tiež sekundárnych výskytov v rozsypoch, Slovensko predstavuje etalónovú krajinu alpsko-karpatskej sústavy, ktorá disponuje komplexnými informáciami o pozícii a genetických typoch REE mineralizácie. Príklad väzby REE na konkrétne litologické prostredie v gemerickom regióne (cf. Bačo et al., 2013; Lexa, 2007; Zuberec et al., 2012; Németh et al., 2014).

a hydrotermálne ložiská v Škandinávii a Grónsku. Súčasné prieskumné aktivity ale ešte neposkytujú dostatočné informácie, ktoré by iniciovali investície do ich otvárky.

Úpravárenské zariadenie Silmet v Estónsku so 600 zamestnancami je vlastníctvom firmy Molycorp. V súčasnom období, kým sa ešte nedodáva surovina z ložísk Kvanefjeld a Norra Kärr, spracovávajú sa karbonáty s LREE (bastnezit), importované z ložiska Mountain Pass, ktoré je vo vlastníctve tej istej firmy.

Ako ďalší potenciálny primárny zdroj REE v EU sa v súčasnosti skúmajú monazitové piesky v Matamulas (Ciudad Real) v Španielsku či kumulácie ťažkých minerálov kontinentálneho šelfu v severnej časti Egejského mora. Sekundárnymi zdrojmi môžu byť aj staré haldy a odkaliská z viacerých banských prevádzok vo Švédsku a Nórsku, ale tiež reziduá po spracovaní bauxitu v Grécku a na niektorých ďalších miestach v Európe.

Ďalšou z možností opätovného získavania REE je recyklácia, ale tá naráža na problém komplikovanej architektúry a materiálovej pestrosti výrobkov s REE. Recyklácia je fokusovaná predovšetkým na permanentné magnety (Nd, Pr, Dy, Tb, Sm), fluorescentné lampy (Eu, Tb, Y, Ce, Gd, La), batérie (La, Ce, Nd, Pr) a katalyzátory (La, Ce, Pr, Nd, Y). Iným smerom riešenia nedostatkových REE je snaha o vývoj technológií, kde by REE boli substituované napr. nanokompozitnými materiálmi.

M. SMOLÁRIK and Z. NÉMETH: **The Gemerská Poloma deposit – History and the recent state of knowledge: Geological setting and metallogenesis in the wider surrounding of the deposit**

Talc in the deposit Gemerská Poloma was discovered in the 1980s during exploration for magmatogenic Sn-W mineralization. When considering the genesis of talc mineralization, we have to take into account the host lithology, tectono-metamorphic evolution of the region, as well as known data about the genesis of further present mineralization types: magmatogenic Sn mineralization and the REE mineralization.

Granite and mineralization present in the area of the Dlhá dolina valley are located in the central axis of Gemericum, being built of Lower Paleozoic sequences of the Betliar and Smolník formations of the Prakovce and Humel zones of Volovec Supergroup (sensu Grecula et al., 2009). The territory underwent the Variscan south--vergent thrusting during the VD_1 collision and post-collision top--to-the-south unroofing during VD_2 (Permian-Lower Triassic). The strongest overprint is related to the north-vergent Alpine AD_1 thrusting, south-vergent AD_2 unroofing, but mainly AD_3 sinistral shearing of ENE–WSW trend (designation of deformation phases is after Németh in Radvanec et al., 2007).

Concerning the *magmatogenic Sn mineralization* the situation in the northern surrounding of Gemerská Poloma differs from that known from previous exploration in the locality Hnilec – Medvedí potok:

1. The Sn mineralization in the deposit of Hnilec – Medvedí potok (cf. Drnzík et al., 1982) is related to the differentiation of granitoid magma – Sn is a product of postmagmatic processes of autometamorphism (greisenization) in the endocontact, as well as exocontact of the magmatic body.



Fig. 1. Earlier attempt to reach the talc deposit directly from the unique cassiterite greisen outcrop in the Dlhá dolina valley (recent state).

2. Sn occurrence Dlhá dolina (cf. Malachovský et al., 1992) is characteristic with the interbed of Li-F granite thick >200 m with cinvaldite and high content of Li (not revealed in the Hnilec granite body). Intensive post-magmatic albitization caused crystallization of albite with quartz and REE (mainly Nb-Ta). The endocontact greisenization is weaker and without concentrating Sn mineralization. Albitization, silicification and greisenization are in the granite less intensive, and occur mainly above it.

3. As found by the previous multidisciplinary exploration (project SGR-geophysics; Grecula et al., 1988–2011), the Hnilec granite is intrusive (though of S-type). Further granites in Gemericum represent anatectic melts of the host rocks (sediments and volcanites; Humel, Betliar, Podsúlová granites, boreholes PSS-1, Čučma – RS-1, Dlhá dolina – DD-3, DD-5, DD-12). It is manifested also by a high initial ratio of $^{87}Sr/^{86}Sr$. The source of the base metal mineralization, but also precious metals, Sn, Mo, Nb, Ta, Li, Ag, Au and REE is related with the Lower and Upper Variegated Volcanic Complex of Lower Paleozoic of Gemericum (sensu Grecula, 1982) with locally developed base metal mineralization of disseminated type. All stratabound deposits and occurrences of the Smolník type have increased content of Sn, Mo, reaching 600 ppm Sn and 800 ppm Mo. Metamorphism (the heat input) and appropriate protolith are interpreted (l.c.) as the principal factors of genesis of Sn and further mineralization types.

REE mineralization in Gemerská Poloma locality (polycrase-Y and uranopolycrase; Uher et al., 2009) is interpreted also a product of the Paleozoic riftogenesis (primary REE occurrences in host rocks) and Permian? or Upper Cretaceous? post-collision thermal processes (origin of quartz veins and veinlets cutting the granite and adjacent rocks; Uher et al., 2009).

Talc mineralization is bound on 2700 m long lens of E–W direction, thick up to 400 m, with moderate general dip to N. The deposit was explored by more than 40 surface boreholes as well as underground exploration drilling. Talc represents 23.2 % of carbonate body. The talc deposit was reached by more than 4 km long adit Elisabeth (Eurotalc, s. r. o.). The research of the tectono-metamorphic background of magnesite steatitization and talc origin is just in the progress.

Z. NÉMETH: **Ofiolity severného Albánska** (popularizačná prednáška SGS)

Príležitosť oboznámiť sa s geologickou a tektonickou stavbou albánskych ofiolitov poskytlo konanie XX. kongresu Karpatsko--balkánskej geologickej asociácie v Tirane (24. – 26. 9. 2014) a účasť na sprievodnej terénnej korelácii po trase Shkodër – Pukë – Kukës a Kukës – Krujë v severnom Albánsku (27. – 28. 9. 2014; obr. 1).

Alpínske dinaridno-hellenické orogénne pásmo severo-južného priebehu, kontinuálne prebiehajúce zo Slovinska a Srbska do severného Grécka, sa interpretuje ako produkt mezozoicko-terciérnej konvergencie a následnej kontinentálnej kolízie adriatickej litosférickej platne s euroázijskou. V Albánsku toto orogénne pásmo pozostáva z troch zón:

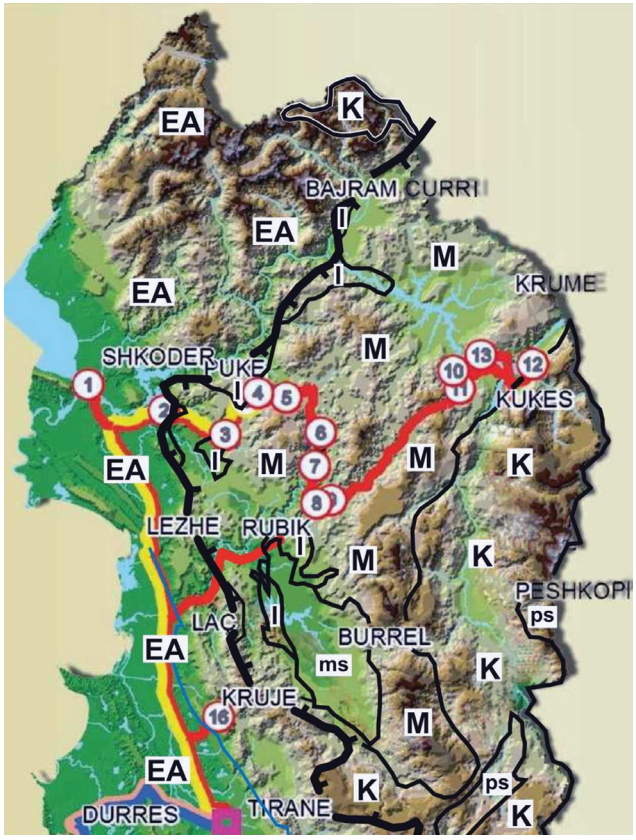
(1) západná zóna spodnooligocénno-strednomiocénnych západovergentných príkrovov pozostávajúcich zo sedimentov proximálnych fácií okraja adriatického kontinentu (v Albánsku tvorí *externé albanidy*);

(2) centrálna zóna budovaná západovergentnými príkrovmi ofiolitovej zóny Mirdita na ploche 4 000 km^2 a tiež podložnými tektonickými šupinami hornín kontinentálneho aj oceánskeho pôvodu;

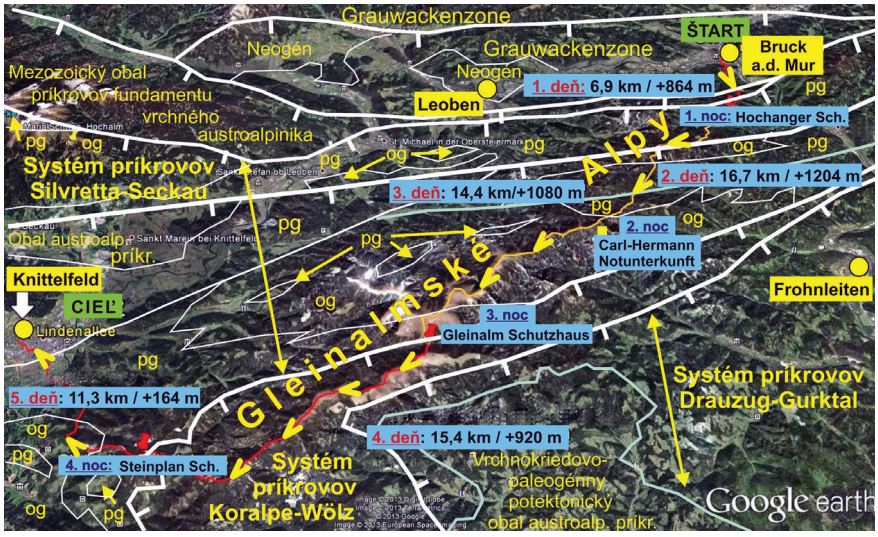
a (3) východne situovaná Korabi-Pelagonská zóna hercýnskeho fundamentu s diskordantne uloženými sedimentmi permsko--spodnotriasového obalu zo začiatku alpínskej riftogenézy a nadložnými strednotriasovými až vrchnojurskými platformnými karbonátmi (označované tiež ako *interné albanidy*).

V profile cez všetky tri zóny v severnom Albánsku (obr. 1) oboznámili prof. Alain Tremblay (Kanada) a albánski geológovia Avni Mishi a Bardhyl Miceku pri meste Shkodër účastníkov terénnej korelácie s proximálnymi fáciami adriatického kontinentu (externé albanidy) a následne so západovergentne nasunutými príkrovmi zóny Mirdita, budovanými charakteristickou tektonickou melanžou ofiolitov

s mylonitizovanými peridotitmi, gabrami, alterovanými bazaltovými dajkami a vankúšovými lávami, rovnako ako supraofiolitovou melanžou synobdukčného sedimentárneho bazénu. Komplex gabier ofiolitovej zóny Mirdita v oblasti mesta Kukës pri albánskych hraniciach s Kosovom obsahoval rôzne fácie chromitovej mineralizácie. Diskordantné uloženie kriedových sedimentov na exhumovaných ofiolitoch bolo sprevádzané zónami Ni-Fe paleolateritov. Zóna Korabi (interné albanidy) bola prezentovaná východne od mesta Kukës v blízkosti násunu paleozoického kryštalinického komplexu a jeho permského obalu so sulfidickou mineralizáciou na ofiolitový komplex zóny Mirdita.



Obr. 1. Geologická korelačná trasa v severnej časti Albánska. Sukcesiu jednotlivých zastávok vyjadrujú čísla v červených krúžkoch. EA – externé albanidy (proximálne fácie Adriatického kontinentu); M – ofiolity zóny Mirdita (I – infraofiolitové príkrovy typu Rubik a supraofiolitové melanže); K – interné albanidy (Korabi-Pelagonská zóna – hercýnsky fundament s nadložnými permsko-jurskými sekvenciami); ms – miocénne sedimenty; ps – paleogénne sedimenty. Spracované podľa Meshi et al. (2014) a Muceku et al. (2006).



Obr. 1. Hrebeň Gleinalmských Álp s vyznačením hlavných litotektonických jednotiek (sensu Schmid et al., 2004; og – ortoruly, pg – pararuly) a odporúčaná trasa päťdňového pešieho putovania. Podkladová ortofotomapa je z Google Earth.

Z. NÉMETH: **Austroalpinikum Gleinalmských Álp, Štajersko** (popularizačná prednáška SGS)

Gleinalmské Alpy reprezentujú cca 43 km dlhú horskú reťaz priebehu SV – JZ (obr. 1), ktorá sa nachádza v Rakúsku v centrálnej časti Štajerska medzi mestami Frohnleiten – Bruck a. d. Mur – Leoben – Knittelfeld a Köflach (na Z od mesta Graz). Z hľadiska geologického, ale aj morfologického, kryštalinikum Gleinalmských Álp buduje výraznú pretiahlu dómatickú štruktúru, ktorá je aj vhodným terénom na viacdňové vysokohorské pešie putovanie so spoznávaním malebnej prírody a litológie kryštalinika.

Geologickou stavbou Gleinalmských Álp sa zaoberal v rámci viacročného výskumu (1866 – 1871) už Dionýz Štúr a spracoval ju v rámci monografického diela Geologie der Steiermark – Erläuterungen zur geologischen Uebersichtskarte des Herzogthumes Steiermark (Graz, 1871). V aktuálnych publikáciách z druhej polovice 20. storočia, aplikáciou trojčlennej klasifikácie austroalpinika (vrchné, stredné, spodné: napr. Tollmann, 1963; Clar, 1973; Prey, 1976; Becker, 1979; Beck-Mannagetta a Matura, 1980 atď.), sú Gleinalmské Alpy budované stredno- až vysokostupňovými metamorfitmi stredného austroalpinika. (1) Jadro Gleinalmských Álp je tvorené rulami a amfibolitmi, (2) komplex Speik je budovaný amfibolitmi a serpentinitmi a ďalší komplex (3) tvoria svory a mramory (Neubauer, 1988). Vytvorenie morfologicky výraznej štruktúry sa interpretuje vrchnokriedovou transpresnou exhumáciou kryštalinického jadra Gleinalmských Álp (l. c.), ktorá bola dôsledkom vytvárania spodnokriedovej akrečnej prizmy pri penninicko-austroalpínskom aktívnom okraji a stredno-kriedovej tvorby príkrovov so vznikom lokálnych pretiahnutých sedimentačných bazénov v rámci Severných vápencových Álp v dôsledku extenzie paralelnej s osou orogénu (Wagreich, 1995).

V novej tektonickej interpretácii Álp (Schmid et al., 2004; Frisch a Gawlick, 2003) so zjednodušeným členením austroalpinika na vrchné a spodné sú Gleinalmské Alpy budované systémom príkrovov fundamentu vrchného austroalpinika (Silvretta-Seckau), ktorý je od JV lemovaný príkrovovými systémami Koralpe-Wölz a Drauzug-Gurktal (rovnakého litotektonického zaradenia). V Gleinalmských Alpách vystupujúca zóna Silvretta-Seckau tvorí jadro antiklinály, obidva ďalšie zmienené príkrovové systémy sa nachádzajú v jej nadloží od JV. Zo SZ strany v nadloží zóny Silvretta-Seckau vystupuje Grauwackenzone s príkrovmi Weitsch, Silberberg a Kaintaleck.

Na oboznámenie sa s litológiou a tektonikou Gleinalmských Álp je vhodné päťdňové súvislé vysokohorské putovanie priamo po ich hrebeni po trase Bruck a. d. Mur – horská chata Hochanger (1. noc) – Almwirt – útulňa Alpenverein Carl-Hermann-Noturtnekunft (potrebné je zabezpečiť si kľúč od chaty vopred; 2. noc) – Speikogel – chata Gleinalm (3. noc) – chata Steinplan (4. noc) a finálny zostup do mesta Knittelfeld.

Nové knihy k životnému jubileu

New books for Jubilee

Tento rok sa dožila významného životného jubilea – šesťdesiatich rokov – prof. Ing. Eva Chmielewská, CSc., z Prírodovedeckej fakulty UK, ktorej pri tejto príležitosti vyšli 2 nové knižné publikácie.



„Chráň životné prostredie, zvýšiš kvalitu života." je mottom knižnej publikácie **Prírodné zdroje na ochranu životného prostredia.** Ako ďalej uvádza, na začiatku 21. stor. sa stretávame s jeho pomenovaním ako storočia nanotechnológií a nanomateriálov, s čím súvisia prevratné objavy aj adsorbentov nanometrovej veľkosti a nové pohľady na adsorbenty konvenčné, resp. tradičné. Často sa však pre 21. stor. vyskytuje aj pomenovanie storočie udržateľného rozvoja a s tým súvisiacich proenvironmentálnych adsorbentov a udržateľného využívania prírodných zdrojov.

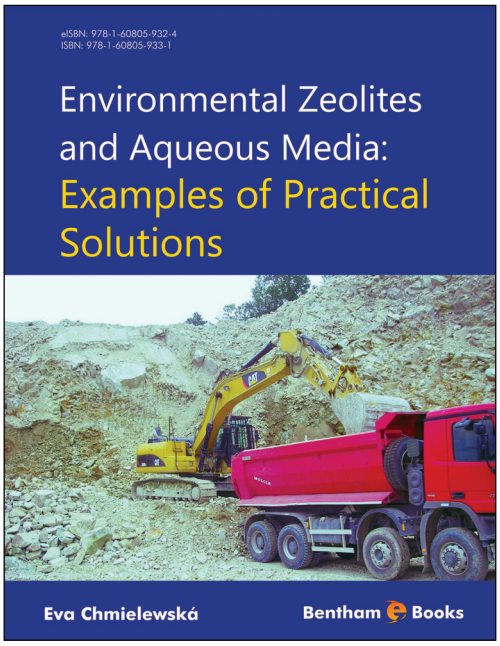
Táto publikácia obsahuje výsledky vedecko-výskumnej činnosti autorky za obdobie 1985 – 2010, prevažne však s akcentom na obdobie po roku 2000, pričom organicky nadväzuje i na realizačné výstupy projektov so silným sanačno-aplikačným nábojom, riešených v jej predchádzajúcich zamestnávateľských organizáciách (Výskumný ústav vodného hospodárstva a Comco Martech Europe AG). Ťažiskovým zámerom publikácie bolo oboznámiť čitateľov s prípravou pokročilých proenvironmentálnych adsorbentov predovšetkým na báze prírodného zeolitu, ale tiež jeho porovnanie s inými prírodnými materiálmi, resp. komerčnými adsorbentmi. Kniha má 16 kapitol na 150 stranách textu vrátane 57 obrázkov.

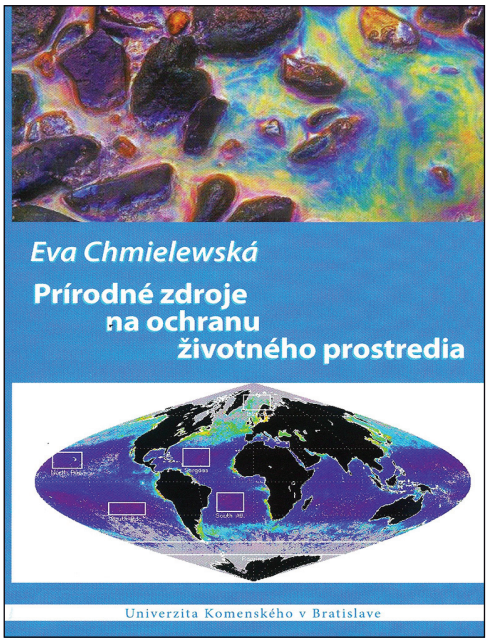
Druhá kniha **Environmental Zeolites and Aqueous Media – Examples of practical solutions** pozostáva zo 7 kapitol a 220 strán. Na rozdiel od prvej sa zaoberá len zeolitmi, a to jednak z hľadiska histórie vývoja vednej disciplíny zaoberajúcej sa zeolitmi, ďalej výskytom, diagenézou a kryštálovými štruktúrami najznámejších zeolitov v úvodných kapitolách, za ktorými nasledujú samotné experimentálne výsledky autorky, ako napr. z iónovej výmeny a adsorpcie, charakterizácia dejov kinetickými modelmi, zhodnotenie a výpočty termodynamických veličín, izotermy pre jednotlivé polutanty z vodných roztokov, poloprevádzkové overenie nekonvenčnej technológie deamonizácie zmiešanej koželužskej a splaškovej odpadovej vody v komunálnej čistiarni (ČOV) Svit Otrokovice (Toma Zlín) pri uzavretom obehu látok, t. j. s chemickou regeneráciou zeolitových filtrov a rekuperáciou vyčerpaných regeneračných soľaniek pomocou vystripovania amoniaku zmesou horúcej pary a vzduchu s tým, že vystripovaný amoniak sa zachytával v roztokoch vhodných na spracovanie (vyčiňovanie) kože podľa aplikovanej talianskej licencie výrobcu. Táto pilotná prototypová jednotka inštalovaná na komunálnej ČOV v Otrokoviciach pracovala nepretržite asi 4 mesiace tak, že permanentne zabezpečovala požadovanú kvalitu vody v odtoku. Súbežne s dočisťovaním odpadových vôd je prediskutovaná aj úprava pitných vôd pomocou zeolitu. Táto technológia bola úspešne demonštrovaná na prototypovej zostave v poľnom laboratóriu VÚVH – Vajnory s kapacitou cca 1 m^3/h.

Po odskúšaní technologických vlastností tiež novopripravených adsorbentov na báze zeolitu k čo možno najširšiemu spektru environmentálnych polutantov sa tieto materiály charakterizovali využitím progresívnych analytických metód (XRD, FT IR, SAXS, TG, DTA, NMR, Mössbauerova a Ramanova spektroskopia, XPS, SIMS, S(BET), SEM, HR TEM, AFM, STM) tak, aby sa po depozícii nezeolitovej fázy na nosič objasnili interfaciálne väzby a interakcie v systéme adsorbent/fázové rozhranie/adsorbát.

Pri príležitosti životného jubilea prajeme autorke ešte mnoho produktívnych rokov a pevné zdravie do ďalšieho života.

Za bývalých a súčasných spolupracovníkov a jej absolventov
Mgr. Renata Hodossyová





Knižná publikácia prof. Ing. Evy Chmielewskej, CSc. (Katedra environmentálnej ekológie, PriF UK): **Prírodné zdroje na ochranu životného prostredia** (vydala UK, Bratislava, 2014, ISBN-978-80-223-3674-1). **Review of the publication.**

Knižná publikácia (zatiaľ ojedinelá svojho druhu v SR) obsahuje výsledky vedeckovýskumnej činnosti autorky a jej kolektívu za obdobie 1985 – 2010, prevažne však s akcentom po roku 2000, pričom organicky nadväzuje i na realizačné výstupy výskumných prác. Ťažiskovým zámerom publikácie je oboznámiť čitateľov s prípravou proenvironmentálnych adsorbentov s vopred určenými vlastnosťami, predovšetkým na báze prírodného klinoptilolitu z lokality Nižný Hrabovec. Publikácia je rozdelená do 16 kapitol na 150 stranách textu vrátane 57 obrázkov.

Prvé kapitoly sú venované analýze problému, ktorý autorke ako bývalej výskumnej pracovníčke Výskumného ústavu vodného hospodárstva v Bratislave bol najbližší: „Monitoring kontaminácie povrchových vôd rizikovými látkami a súčasné trendy ich likvidácie“. Z monitoringu a analýzy zdrojov polutantov vyplynula ich bohatá pestrosť týkajúca sa najmä ich chemickej a fyzikálnej charakteristiky. Okrem už klasicky známych ťažkých kovov a amóniového iónu sú to dusičnanové, síranové a zložité fosforečnanové zlúčeniny vrátane ťažko definovateľných ropných odpadov. Každý z týchto polutantov má svoje špecifické vlastnosti, ktoré je nutné poznať, aby bolo možné navrhnúť adsorbent na jeho odstránenie. A tu sa dostávame k najcennejšej časti práce, k možnosti modifikácie štruktúry a vlastností adsorbentov na báze domácich prírodných surovín.

Z chronologického prehľadu publikácií autorky je zrejmá narastajúca vedecká i technická úroveň prezentovaných tém, keď z pôvodných (prírodných) štruktúr študovaných adsorbentov (najmä však klinoptilolitového tufu z Nižného Hrabovca) sa využitím metód molekulárneho inžinierstva stávajú atraktívne nanometrické kompozity s vopred určenými vlastnosťami.

Autorka zvolila metódu nanášania rôznych organických molekúl na povrch zeolitu.

Následnou interakciou (adsorpciou) takto modifikovaného zeolitu s definovaným polutantom vznikol adsorpčný produkt, ktorý bol predmetom ďalšieho štúdia, aby sa objasnili parametre adsorpčného procesu a štruktúra vzniknutého komplexu. Na tento účel boli použité tie najmodernejšie metódy vyskumu štruktúry a vlastností tuhej fázy.

Autorke sa podarilo tiež objasniť viaceré kinetické a termodynamické parametre prebiehajúcej adsorpcie, čo umožní optimalizáciu jej priebehu. Za realizačný výstup možno považovať prípravu modifikovaného klinoptilolitického tufu Nižný Hrabovec ako výkonného adsorbentu s univerzálnymi vlastnosťami porovnateľnými s ekonomicky náročnými adsorbentmi prevažne syntetickej povahy.

Prof. Chmielewská je autorkou a spoluautorkou 370 zahraničných a domácich publikácií, z toho 38 karentovaných zahraničných článkov, 74 odborných príspevkov v rôznych periodikách, 135 konferenčných vrátane pozvaných plenárnych príspevkov, 17 učebných textov, resp. monografií a množstva riešených projektov. Citovanosť jej výskumných výsledkov je mimoriadne bohatá a predstavuje v súčasnosti cca 400 citácií. E. Chmielewská je členkou mnohých výborov medzinárodných spoločností a edičných rád doma a v zahraničí.

Jej prednosťou je interdisciplinárny prístup k riešeným problémom, a preto verím, že jej knihu si rád prečíta nielen enviromentalista, ale určite aj prírodovedec, predovšetkým chemik a fyzik. Kniha sa tiež môže stať doplnkovým literárnym dielom pri štúdiu prírodných vied. Okrem nesporného vedeckého prínosu predstavenej knihy si jej autorka zaslúži mimoriadne uznanie za snahu pripraviť z domácej suroviny materiál s vysokou pridanou hodnotou a nečakať, kým to niekto urobí v zahraničí a potom privezie na Slovensko.

I. Horváth

Významné životné jubileá členov Slovenskej geologickej spoločnosti v roku 2015

Significant jubilees of the members of the Slovak Geological Society in 2015

Päťdesiatroční jubilanti

RNDr. Patrik Konečný, PhD.
RNDr. Monika Kováčiková
RNDr. Viera Sláviková

Šesťdesiatroční jubilanti

RNDr. Soňa Bellanová
Mgr. Ľudmila Boboková
RNDr. Igor Broska, DrSc.
prof. Shah Wali Faryad, CSc.
RNDr. Miloš Kováčik, CSc.
RNDr. Ján Nádašský
prof. RNDr. Daniela Reháková, CSc.

Šesťdesiatpäťroční jubilanti

doc. RNDr. Miroslav Bielik, DrSc.
doc. RNDr. Ondrej Ďurža, CSc.
RNDr. Monika Lipovská, CSc.

Sedemdesiatroční jubilanti

RNDr. Mária Bizubová
doc. RNDr. Marián Dyda, CSc.
RNDr. Karol Együd, CSc.
RNDr. Ján Greguš, PhD.
RNDr. Viera Hojstričová, CSc.
RNDr. Elena Kaličiaková
Ing. Michal Okosy
RNDr. Jozef Stankovič
doc. RNDr. Lýdia Turanová

Sedemdesiatpäťroční jubilanti

prof. RNDr. Emil Makovický, CSc., emeritný profesor

Osemdesiatroční jubilanti

RNDr. Olga Belešová
RNDr. Tibor Ďurkovič, CSc.
RNDr. Pavel Gross, CSc.
RNDr. Vlastimil Konečný, CSc.
prof. RNDr. Ivan Kraus, DrSc.
RNDr. Anna Ondrejíčková, CSc.
RNDr. Jozef Pevný, CSc.
RNDr. Ondrej Rozložník, CSc.

Osemdesiatpäťroční jubilanti

RNDr. Anton Biely, CSc.
RNDr. Dušan Kubíny, CSc.
Ing. Jaroslav Štohl, CSc.

Deväťdesiatroční jubilanti

prof. RNDr. Ernest Krist, CSc.

OBSAH – CONTENT

PÔVODNÉ ČLÁNKY – ORIGINAL PAPERS

Tuček, Ľ., Čechovská, K., Radvanec, M., Németh, Z. & Derco, J.
Liquidation of CO_2 by carbonatization: Comparison of sequestration potentials of chromium-magnesium waste material and selected rock types

Likvidácia CO_2 karbonatizáciou: Porovnanie sekvestračného potenciálu chrómovo-horečnatého odpadového materiálu a vybratých horninových typov

Pažická, A., Brčeková, J., Klimko, T., Jurkovič, Ľ., Peťková, K., Kordík, J. & Slaninka, I.
Charakteristika geogénneho a antropogénneho pôvodu potenciálne toxických stopových prvkov vo vybratých riečnych sedimentoch Slovenska na základe geochemického a mineralogického hodnotenia

Characteristics of geogenic and anthropogenic sources of potentially toxic trace elements in selected stream sediments of Slovakia based on geochemical and mineralogical evaluation