

Softvérové aplikácie na kvalitatívnu kategorizáciu chemického zloženia hornín v prieskumných vrtoch z dolomitového ložiska Rajec–Šuja

Libor Pukančík & Peter Ružička

Katedra mineralógie a petrológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava; dtlibor@gmail.com, ruzicka@fns.uniba.sk

AGEOS Software applications of the qualitative classification of the chemical composition of rocks in exploratory boreholes on the Rajec–Šuja dolomite deposit

Abstract: In Rajec–Šuja dolostone deposit there have been made exploratory boreholes for purpose of establishing the quality parameters to interpret suitability of dolomite raw in glass industry. Dolomites from boreholes were petrographically described using analytical methods such as polarized microscopy, cathodoluminescence microprobe analysis, X-ray fluorescence spectroscopy and X-ray diffraction analysis. From results of these analytical methods, there have been made a quality categorization according to Fe_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{Al}_2\text{O}_3$ and SiO_2 contents. Quality categories were created according to standard STN 72 1217. The same quality parameters were used to create simplified 2D and 3D models of distribution quality categories of dolomite raw. These models were created by using software LogPlot ver.7, Surfer ver.8 and Voxler ver.2. From results of analytical methods there was determined contaminants, which negatively affects quality of dolomites. Software processing was helpful to better understanding of space distribution of dolomite quality categories.

Key words: Western Carpathians, Hronic Unit, Rajec–Šuja, dolomite deposit, visualization, chemical composition

1. ÚVOD

Výskyt ekonomicky významných ložísk dolomitov na Slovensku je viazaný na stredno- až vrchnotriasové komplexy hronika Západných Karpát. Z ťažených ložísk dolomitov v hroniku Malých Karpát, Považského Inovca, Strážovských vrchoch v Rajeckej doline, Veľkej a Malej Fatre sa produkuje kvalitné drvené kameňo, ktoré sa využíva v rôznych odvetviach priemyslu.

Komplexný výskum slovenských dolomitov je potrebný z hľadiska rozšírenia aplikačných možností ťaženej suroviny. Sledovanie kvalitatívnych parametrov dolomitovej suroviny prispieva k hospodárnejšiemu využitiu dolomitov. Plošná a priestorová vizualizácia rozhodujúcich parametrov chemického zloženia zvyšuje možnosti uplatnenia selektívnej ťažby kvalitnejších zón za účelom zvýšenia ekonomického potenciálu suroviny.

Ložisko Rajec–Šuja sa nachádza v tektonickej jednotke hronika ako súčasť príkrovu Ostrej Malenice (Kováč & Havrila, 1998). Na ložisku boli počas septembra 2010 realizované prieskumné vrty, za účelom stanovenia kvalitatívnych parametrov dolomitovej suroviny s možnosťou rozšírenia ťažobnej kapacity. Od roku 1992 ložisko lomovým spôsobom ťaží spoločnosť DOLKAM Šuja a.s. Článok je zameraný na využitie softvérových programov s cieľom vytvorenia plošnej a priestorovej vizualizácie zmien v chemickom zložení prieskumných vrtoch.

2. METODIKA

Na ložisku Rajec–Šuja boli analyticky (monitorovanie distribučných vzťahov chemického zloženia suroviny) a softvérovo vyhodnotené prieskumné vrty s označením V–301 (hĺbka 162 m), V–302 (hĺbka 152 m) a V–303 (hĺbka 110 m). Odber reprezentatívnych vzoriek (označenie RŠ–1 až RŠ–9) z prieskumných vrtoch bol zvolený za účelom petrografického opisu a analytického stanovenia minerálneho zloženia ložiskových dolomitov. Z vrtných jadier bolo odobratých 232 vzoriek dolomitov na rtg. fluorescenčné analýzy.

2.1. Analytické metódy

Z odobratých vzoriek dolomitov bolo vyhotovených sedem leštených výbrusov, ktoré boli pozorované v polarizačnom mikroskope model Leica DM2500 P na Katedre mineralógie a petrológie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského (KMaP PriF UK) v Bratislave. Následne pozorované výbrusy boli fotograficky zdokumentované pri jednom nikole aj v skrížených nikoloch digitálnou kamerou.

Leštené, uhlíkom naparené výbrusy dolomitov boli pozorované katódovoluminiscenčným mikroskopom Simon-Neuser HC2-LM s horúcou katódou na Ústave geologických vied Masarykovej univerzity v Brne, ČR. Analytické podmienky pri pozorovaní dosahovali urýchľovacie napätie 14 kV pri prúde 10–40 mA·mm².

Na kvantitatívnu rtg. difrakčnú práškovú analýzu bolo vybraných deväť vzoriek dolomitov. Vzorky boli technicky spracované ručným drvením, pulverizáciou v trecej miske a presitovaním na veľkostnú frakciu 0,25 mm. Neorientované práškové preparáty vzoriek dolomitov boli analyzované na difraktometri BRUKER D8 ADVANCE v laboratóriu SOLIPHA na KMaP PriF UK. Na meranie sa použilo Cu K α žiarenie. Softvérový balík DIFFRACplus EVA sa použil na vyhodnotenie práškových rtg. difrakčných záznamov. Pre stanovenie obsahu ílových minerálov bola vzorka RŠ–7 sytená etylénglykolom. Záznamy vzorky RŠ–7 boli spresňované v programe DIFFRACplus TOPAS. Fotografie morfológických tvarov pyritu a markazitu v sekundárnych elektrónoch boli vyhotovené na riadkovacom elektrónovom mikroskope JEOL JXA 840 A.

Leštené, uhlíkom naparené výbrusy dolomitov analyzoval RNDr. Ivan Holický na elektrónovom mikroanalýzátore CAMECA SX 100 na Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra v Bratislave. Meranie bodových analýz vzoriek prebiehalo pri urýchľovacom napätí 15 kV a prúde 20 nA. Priemer elektrónového lúča bol prispôsobovaný počas merania v rozsahu 5–10 μ m. Chemické zloženie minerálnych fáz bolo merané vlnovodisperznými (WDS) spektrometrami, štruktúrne znaky a distribúcia minerálnych fáz sa pozorovali v elektrónovom mikroanalýzátore, v režime spätne rozptýlených elektrónov (BSE). Kalibračné štandardy pre meranie karbonátov: Mg – forsterit, Ca – wollastonit, Fe – fayalit, Sr – SrTiO₃, Mn – rodonit. Pre ílové minerály boli použité kalibračné štandardy: Si, Ca – wollastonit, Na – albit, K – ortoklas, Mg – forsterit, Al – Al₂O₃, Fe – fayalit, Mn – rodonit, Cr – Cr, Ni – NiO, Ti – TiO₂, Sr – SrTiO₃, Ba – barit, P – apatit, F – LiF, Cl – NaCl.

Metódou rtg. fluorescenčnej analýzy bolo vyhotovených 232 chemických analýz z dolomitových vrtných jadier (82 analýz z V–301, 93 analýz z V–302 a 57 analýz z V–303) prístrojom OXFORD MDX1000 v laboratóriu spoločnosti DOLKAM Šuja a.s. K hlavným analyzovaným oxidom patria CaO, MgO, SiO₂, Al₂O₃ a Fe₂O₃. Zmeny v chemickom zložení hlavných oxidov boli monitorované priebežne v dvojmetrových intervaloch z jednotlivých vrtných jadier. Analytický interval bol stanovený za účelom monitorovania zmien kvalitatívnych parametrov ložiskovej suroviny z hľadiska potenciálneho využitia ako prísady pri technologickom procese výroby skla.

2.2. Softvérové metódy

Cieľom softvérového spracovania prieskumných vrtoz označených V–301 až V–303 z ložiska Rajec–Šuja bolo vyhotovenie litologických profilov a vyjadrenie distribučných zmien chemického zloženia z rtg. fluorescenčných analýz. Grafické vyjadrenie distribučných vzťahov v chemickom zložení je spojené s kvantitatívnou migráciou obsahov hlavných oxidov vo vrtných profiloch. Poznanie geotektonických mechanizmov chemickej migrácie oxidov v ložiskovej surovine má praktický význam pri jej kvalitatívnom hodnotení s možnosťami perspektívnych aplikácií. V prípade dolomitov na ložisku Rajec–Šuja bola prioritou zameraná na vyjadrenie miery kontaminácie ložiskovej suroviny Fe-sulfidmi a následne Fe-oxidmi, ktoré negatívne ovplyvňujú jej použiteľnosť v sklárskom priemysle. V nasledujúcom texte

je použitá anglická softvérová terminológia vzhľadom k nedostupnosti slovenskej, resp. českej jazykovej verzie. Na softvérové vyhodnotenie prieskumných vrtoz boli použité dostupné programy LogPlot ver.7, Surfer ver.8 a Voxler ver.2. Detailnejšie grafické spracovanie sledovaných parametrov poskytujú novšie verzie programov Surfer ver.11 a Voxler ver.3.

2.2.1. Program LogPlot ver.7

Komerčne dostupný softvérový program ponúka americká spoločnosť RockWare. Od roku 1983 sa používa v geovedách na grafické vizualizácie. V programe LogPlot ver. 7 boli graficky spracované litologické a chemické zmeny prieskumných vrtoz v závislosti od meniacej sa hĺbky podľa nasledovných metodických krokov:

1. Vytvorenie grafického návrhu titulného listu spracovaných vrtoz pomocou funkcie Log Designer, ktorá je súčasťou softvéru LogPlot.
2. Vloženie vstupných informácií pomocou funkcie Data Editor. Do softvéru je možné importovať vstupné údaje aj z iných softvérov napr. RockWorks, LAS, Microsoft Excel, a pod. Medzi základné vstupné údaje patrí: litológia, stratigrafia, textová a grafická editácia (mierky, krivky, farebné vzory, symboly).
3. Exportovanie spracovaného vrtoz pomocou funkcie Log View umožňuje tvorbu výstupov v rôznych formátoch ako napr.: BMP, JPG, TIFF, PNG, EMF, WMF, HTML, ReportWorks.

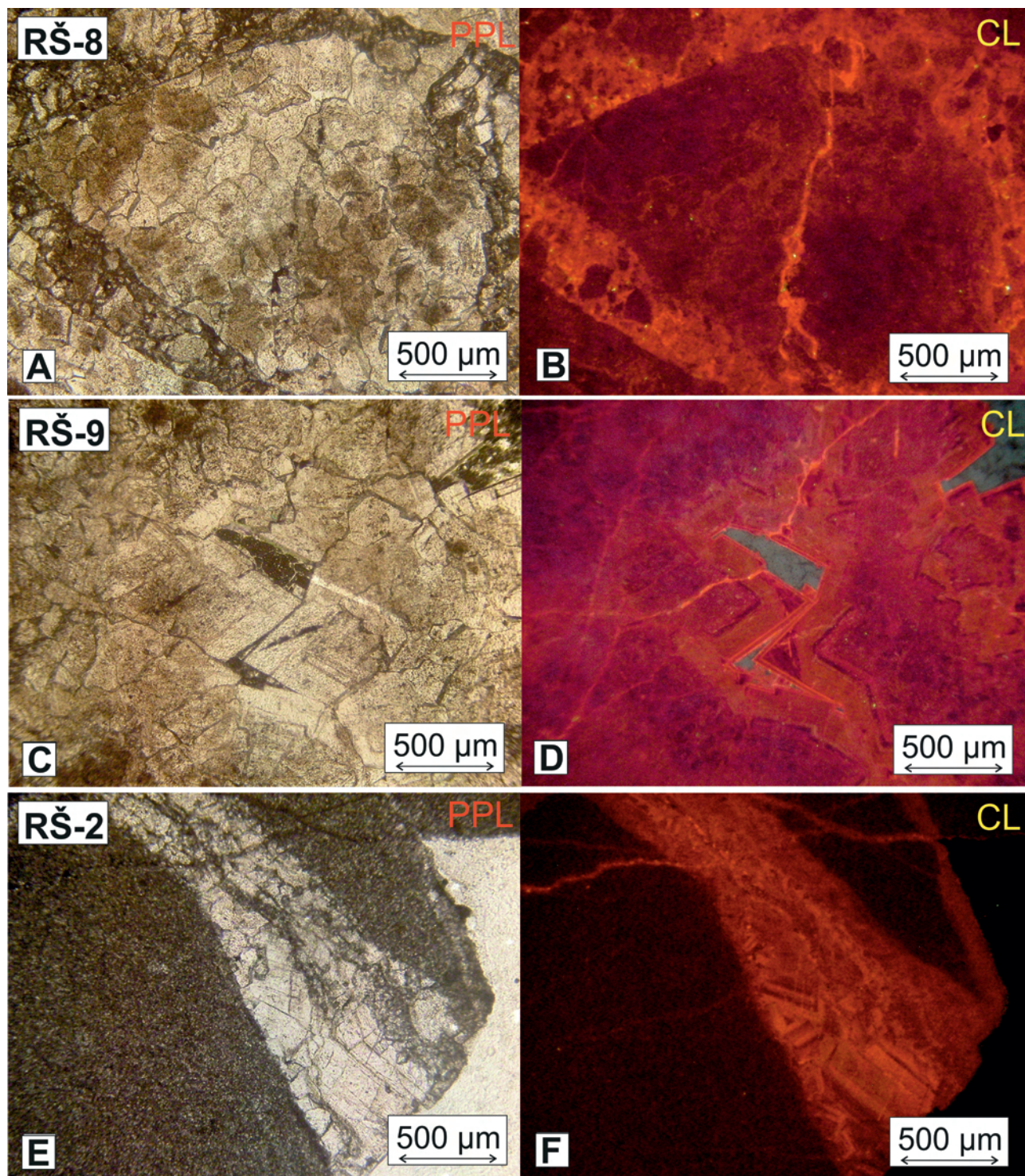
2.2.2. Program Surfer ver.8

Grafický program americkej firmy Golden Software je založený na princípe mriežkových súradníc. Program interpoluje nepravidelne uložené X-Y-Z údaje do pravidelnej mriežky. Súradnice X a Y vyjadrujú polohu a súradnica Z premenný parameter. Mriežky môžu byť použité na výrobu rôznych typov izolíniových máp. Program umožňuje zmenu vlastností mriežok a výsledných máp pre interpretáciu vstupných údajov. Mapy boli priamo v programe upravované a kombinované do výslednej podoby. Vstupné údaje boli pomocou filtrov modifikované podľa sledovaných požiadaviek. Mapy boli vyhotovené z vyhodnotených tried kvality podľa STN 72 1217 pochádzajúcich z chemických analýz hornín v prieskumných vrtoch. Na interpoláciu vstupných údajov bola použitá metóda kriging, využívajúca geoštatistické odhady. Na 2D zobrazenie distribúcie jednotlivých kvalitatívnych tried dolomitov boli použité nasledovné metodické kroky:

1. Importovanie vstupných údajov, ktoré môžu byť vytvorené priamo v programe Surfer ver.8 alebo použité z iných dátových editorov typu Excel. Základné parametre vstupných údajov sú súradnice X, Y a Z.
2. Tvorba .grid súboru, ktorý obsahuje vstupné údaje s mriežkovým usporiadaním po interpolácii, ktoré sú nevyhnutné pre zhotovenie mriežkových máp.
3. Výstup vo forme izolíniových máp, v programe Surfer ver.8 sa dajú vytvoriť rôzne druhy vzájomne kombinovateľných máp pre dosiahnutie najvhodnejšej vizualizácie sledovaných parametrov.

2.2.3. Program Voxler ver.2

Trojrozmerný vizualizačný program americkej firmy Golden Software umožňuje modelovanie sledovaných parametrov



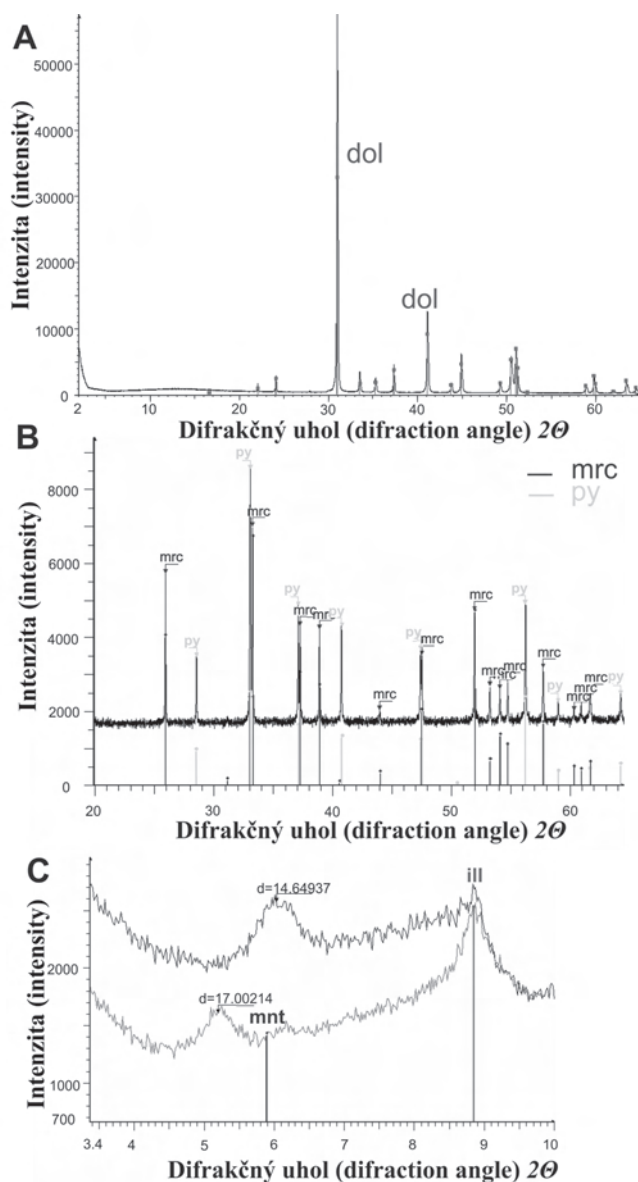
Obr. 1. Mikrostavba dolomitovej suroviny: A, B) dolomitická breccia; C, D) zonálnosť dolomitu; E, F) masívny dolomit so sekundárnou dolomitovou žilkou; PPL – pri jednom nikole; CL – katódová luminiscencia.

Fig. 1. Microstructure of dolomite raw: A, B) dolomite breccia; C, D) dolomite zonality; E, F) massive dolomite with secondary dolomite vein; PPL – plane polarized light; CL – cathodoluminescence.

v priestore, zjednotením 2D .grid súborov. Vytvorené 3D modely zhotovené z údajov z prieskumných vrtoch sa dajú upravovať a otáčať vo všetkých smeroch. Program je navrhnutý na zobrazenie X-Y-Z-C dát, pričom C je premenná hodnota meniac sa

s každou zmenou X, Y a Z súradnice. Na zhotovenie 3D modelov distribúcie kvalitatívnych parametrov dolomitovej suroviny bol použitý nasledovný metodický postup:

1. Importovanie vstupných údajov vo forme bodov. Každý bod



Obr. 2. Rtg. práškové difrakčné záznamy: A) vzorka RŠ-2; B) nerozpustný zvyšok zo vzorky RŠ-7 po rozpúšťaní v 30% HCl; C) časť rtg. záznamu vzorky RŠ-7 po spresňovaní v DIFFRACplus TOPAS. Skratky minerálov: Dol – dolomit, Py – pyrit, Mrc – markazit, Ill – illit, Mnt – montmorillonit.

Fig. 2. Powder X-Ray diffraction analyses: A) sample RŠ-2; B) nonsoluble residue from sample RŠ-7 after solution in 30% HCl; C) part of X-Ray diffraction record of RŠ-7 sample after DIFFRACplus TOPAS refinement. Indexes of minerals: Dol – dolomite, Py – pyrite, Mrc – marcasite, Ill – illite, Mnt – montmorillonite.

má vlastný lokalizačný parameter (X, Y, Z) s voliteľným parametrom (C). Vstupné údaje reprezentujú skupiny bodov označené X (S-JTSK-X súradnica vrtu), Y (S-JTSK-Y súradnica vrtu), Z (nadmorská výška) a C (priemerné obsahy Fe_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ a SiO_2). Vybrané oxidy ovplyvňujú kvalitatívnu kategorizáciu dolomitovej suroviny podľa normy STN 72 1217 pre použitie v sklárskom priemysle.

2. Matematický prepocet vstupných údajov. Pri zhotovovaní

modelov boli použité nasledovné matematické operácie pre úpravu sledovaných parametrov vstupných údajov:

A) filtrácia údajov – odstránenie maximálnych a minimálnych hodnôt z dôvodu eliminácie nepresných hodnôt;

B) aritmetický priemer – spriemerovanie metráží vrtov na rovnakú hĺbku;

C) gridding – interpolácia upravených údajov.

3. Grafický výstup. Výsledný model pozostáva z kombinácie viacerých typov výstupov ako sú osi X, Y a Z, ohraničenie, izolíniové mapy, blokdigramy, lomené a rovné prierezy atď. Vlastnosti jednotlivých výstupov (farba, veľkosť, pozícia, názov) sa dajú v priebehu tvorby modelu modifikovať podľa požiadaviek.

3. VÝSLEDKY

3.1. Mineralogicko-petrografická charakteristika vzoriek

Na základe štruktúrnych znakov vzoriek pozorovaných v polarizačnom a katódovoluminiscenčnom mikroskope boli vzorky rozdelené do skupín:

1. Tektonicky podrvené dolomity a dolomitické brekcie

(RŠ-1, RŠ-6 a RŠ-8) majú na ložisku dominantné zastúpenie. Tektonická aktivita sa výrazne prejavuje v mikrostavbe horniny. Jemnozrnná až submikroskopická základná hmota obsahuje ostrohranné dolomitové klasty (Obr. 1A, B). Mikrokryštalická základná hmota je mikritizovaná bez výraznej diferenciácie minerálnych zŕn. Vo vzorky RŠ-6 a RŠ-8 bola pozorovaná zonálnosť dolomitu v rámci dolomitových klastov. Vo vzorkách dolomitických brekcií boli prítomné dutiny, ktorých okraje boli vyplnené idiomorfne ohraničenými, často zonálnymi dolomitovými zrnami.

2. Masívne kryštalické dolomity sivobielej farby

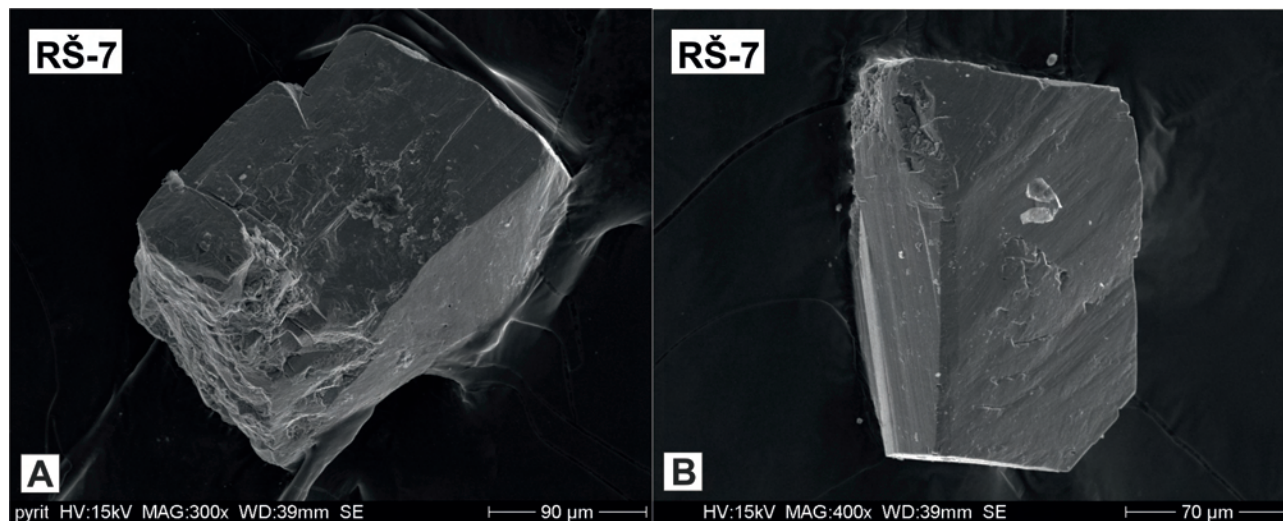
(RŠ-5 a RŠ-9) majú pomerne homogénnu jemno- až strednokryštalickú štruktúru bez prítomnosti väčších klastov. Vo vzorkách boli pozorované aj sekundárne žilky vyplnené hrubokryštalickým, často zonálnym dolomitom (Obr. 1C, D).

3. Tmavosivé masívne dolomity

(RŠ-2 a RŠ-7) majú jemno- až strednozrnnú štruktúru s hrubokryštalickou výplňou dolomitových žiliek (Obr. 1E, F). Kalcitové žilky neboli vo výbrusoch identifikované s výnimkou vzorky RŠ-7. Pozorovanie v katódovoluminiscenčnom mikroskope preukázalo prítomnosť viacerých generácií dolomitových žiliek.

Rtg. difrakčnou práškovou analýzou bolo identifikované minerálne zloženie vzoriek. Vo vzorkách RŠ-1 až RŠ-9 bola potvrdená dominancia dolomitu (Obr. 2A). Vzorka RŠ-7 bola z hľadiska minerálneho zloženia variabilnejšia. Okrem dominantného zastúpenia dolomitu, bol potvrdený aj výskyt pyritu a markazitu (Obr. 2B). Na základe rtg. difrakčných záznamov bol identifikovaný illit a montmorillonit (Obr. 2C). Morfologické tvary Fe-sulfidických minerálov boli fotograficky zdokumentované v elektrónovom mikroskope (Obr. 3A, B).

Vo vzorkách dolomitov elektrónovou mikroanalýzou bol stanovený obsah základných oxidov. Hodnoty MgO sa pohybujú v rozsahu 18,76–21,40 hm. %, CaO 30,50–32,38 hm. % a Fe_2O_3



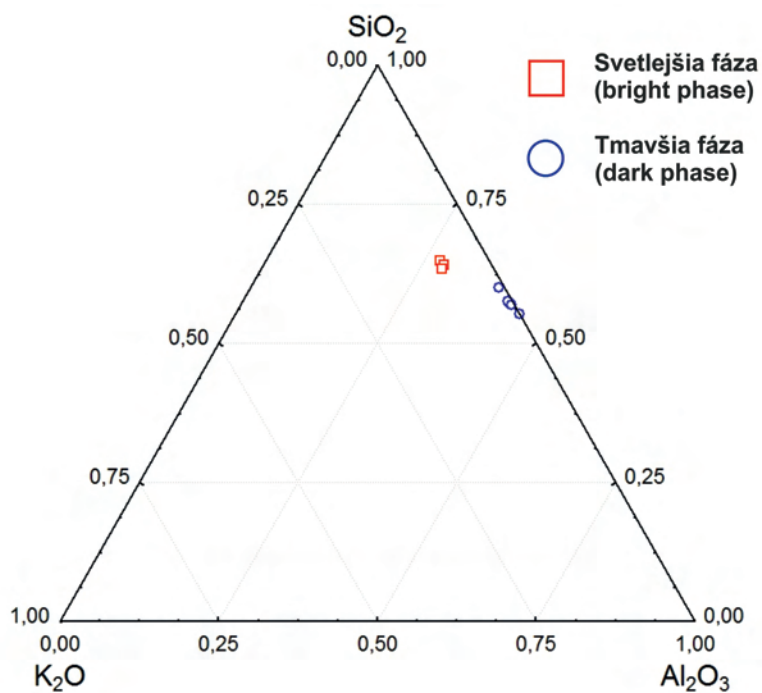
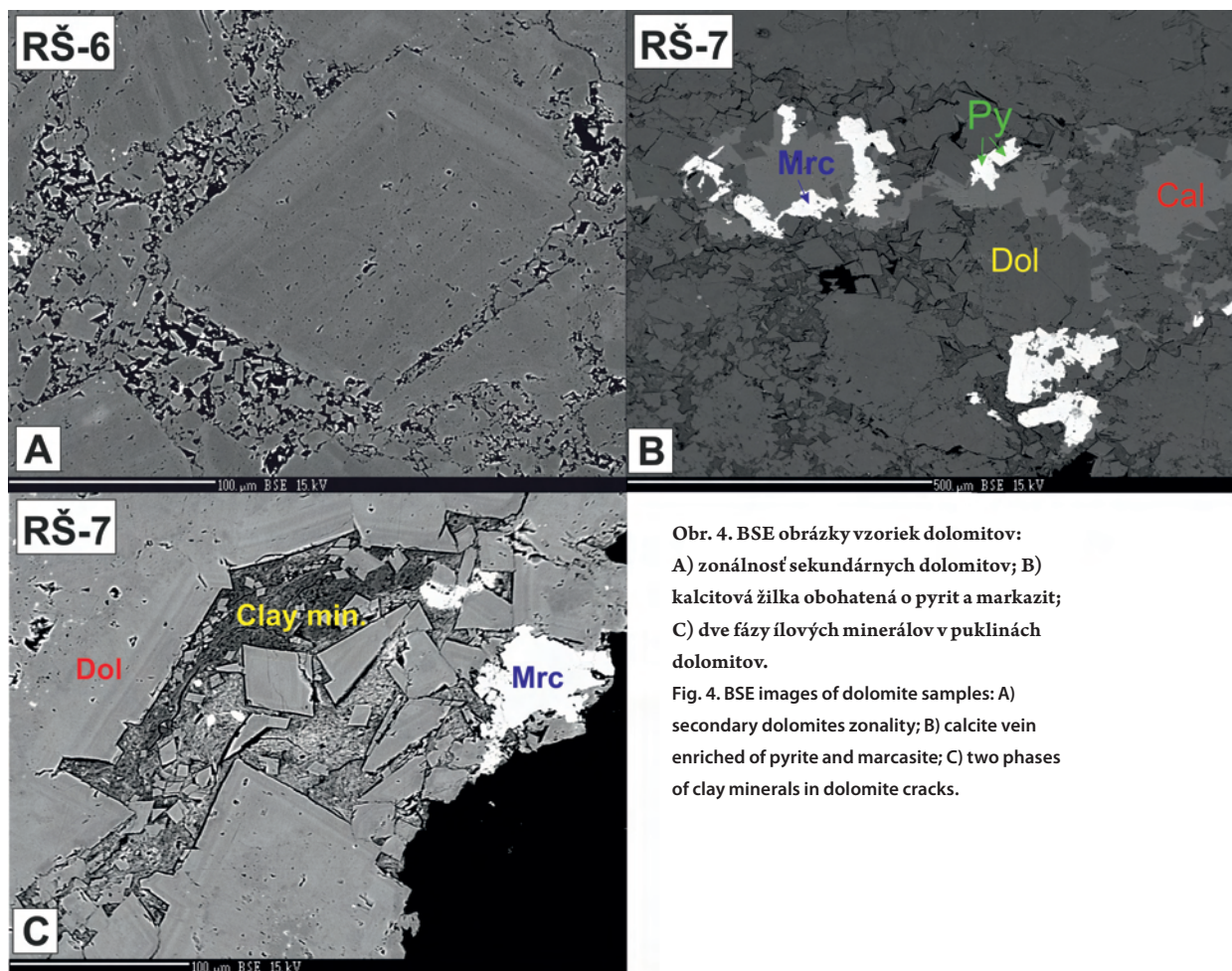
Obr. 3. Morfológia Fe-sulfidických minerálov zo vzorky RŠ-7: A) pyrit; B) markazit.

Fig. 3. Morphology of Fe-sulfidic minerals from RŠ-7 sample: A) pyrite; B) marcasite.

Tab. 1. Reprezentatívne mikrosondové analýzy dolomitov z ložiska Rajec-Šuja. Vysvetlivky: *) hodnoty Fe_2O_3 boli prepočítané prevodným koeficientom z pôvodných hodnôt FeO.

Tab. 1. Representative microprobe analyses of dolostone from Rajec-Šuja deposit. Note: *) values Fe_2O_3 were recalculated from origin FeO values by using conversion coefficient.

Vzorka/analýza Sample/analysis	Oxidy (hm. %) Oxides (wt. %)					Koncové karbonátové členy (mol %) Carbonate members (mol. %)		
	MgO	CaO	Fe_2O_3^*	SrO	MnO	MgCO_3	CaCO_3	FeCO_3
RŠ-1/1	21,40	30,82	0,00	0,00	0,00	44,77	55,01	0,00
RŠ-2/1	20,75	31,51	0,07	0,03	0,01	43,41	56,24	0,10
RŠ-2/2	21,40	30,82	0,03	0,00	0,00	44,77	55,01	0,05
RŠ-5/1	21,15	30,50	0,01	0,01	0,01	44,24	54,44	0,02
RŠ-5/2	20,49	31,72	0,03	0,01	0,01	42,86	56,61	0,05
RŠ-6/1	20,97	31,13	0,06	0,01	0,01	43,87	55,56	0,08
RŠ-6/2	20,44	30,64	0,47	0,00	0,00	42,76	54,69	0,68
RŠ-6/3	21,19	30,73	0,10	0,01	0,01	44,33	54,85	0,15
RŠ-6/4	20,24	31,91	0,27	0,02	0,00	42,34	56,95	0,39
RŠ-6/5	20,81	30,91	0,03	0,00	0,00	43,53	55,17	0,05
RŠ-7/1	18,76	32,38	0,48	0,01	0,03	39,24	57,72	0,69
RŠ-8/1	20,96	30,71	0,02	0,00	0,00	43,85	54,81	0,03
RŠ-8/2	20,59	31,52	0,00	0,02	0,04	43,07	56,26	0,00



Obr. 5. Zobrazenie chemického zloženia ílových minerálov v ternárnom kompozičnom diagrame $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3$.

Fig. 5. Distribution of chemical content of SiO_2 , K_2O and Al_2O_3 of clay minerals in ternary diagram.

Tab. 2. Rozdelenie dolomitov podľa chemického zloženia do kvalitatívnych tried (STN 72 1217). Vysvetlivky: I. trieda – sklársky priemysel, gumársky priemysel, poľnohospodárstvo, chemický a farmaceutický priemysel, výroba stavebných hmôt, hutníctvo, výroba kovového horčíka a hydroxidu horečnatého; II. trieda – sklársky priemysel, gumársky priemysel, poľnohospodárstvo, výroba stavebných hmôt, chemický priemysel, hutníctvo, výroba kovového horčíka a hydroxidu horečnatého; III. trieda – sklársky priemysel, poľnohospodárstvo, výroba stavebných hmôt, chemický priemysel a hutníctvo; IV. trieda – poľnohospodárstvo, sklársky priemysel a výroba stavebných hmôt; V. až VII. trieda – poľnohospodárstvo, výroba stavebných hmôt a ďalšie priemyselné účely; VIII. trieda – poľnohospodárstvo a výroba stavebných hmôt.

Tab. 2 Dolomite quality categorization based on a chemical content (STN 72 1217). Notes: I. class – the glass industry, rubber industry, agriculture, chemical and pharmaceutical industry, production of building materials, metallurgy, production of metal magnesium and magnesium hydroxide; II. class – the glass industry, rubber industry, agriculture, production of building materials, chemical industry, metallurgy, production of metal magnesium and magnesium hydroxide; III. class – the glass industry, agriculture, production of building materials, chemical industry and metallurgy; IV. class – agriculture, glass industry, production of building materials, V. to VII. class – agriculture, production of building materials and other industrial purposes; VIII. class – agriculture and production of building materials.

Chemické zloženie (hm. %) Chemical content (wt. %)		Kvalitatívna trieda Quality category							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
CaCO ₃ + MgCO ₃	Min.	98,5	97,5	95,5	93,0	90,0	85,0	80,0	75,0
MgCO ₃	Min.	45,0	41,5	39	36,5	34	31	27,5	
SiO ₂	Max.	0,3	0,8	2,0	3,5	5,0	6,0	8,0	18,0
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	Max.	0,2	0,4	1,0	2,5	4,0	5,0	6,0	6,0
Fe ₂ O ₃	Max.	0,03	0,1	0,4	1,5	2,0	2,5	2,5	
MnO	Max.	0,01	0,03	0,03	0,03	nestanovuje sa (not specify)			
SO ₃	Max.	0,08	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	2,0

do 0,48 hm. %. Hodnoty oxidov z elektrónovej mikroanalýzy dolomitov boli následne prepočítané na koncové karbonátové členy (Tab. 1).

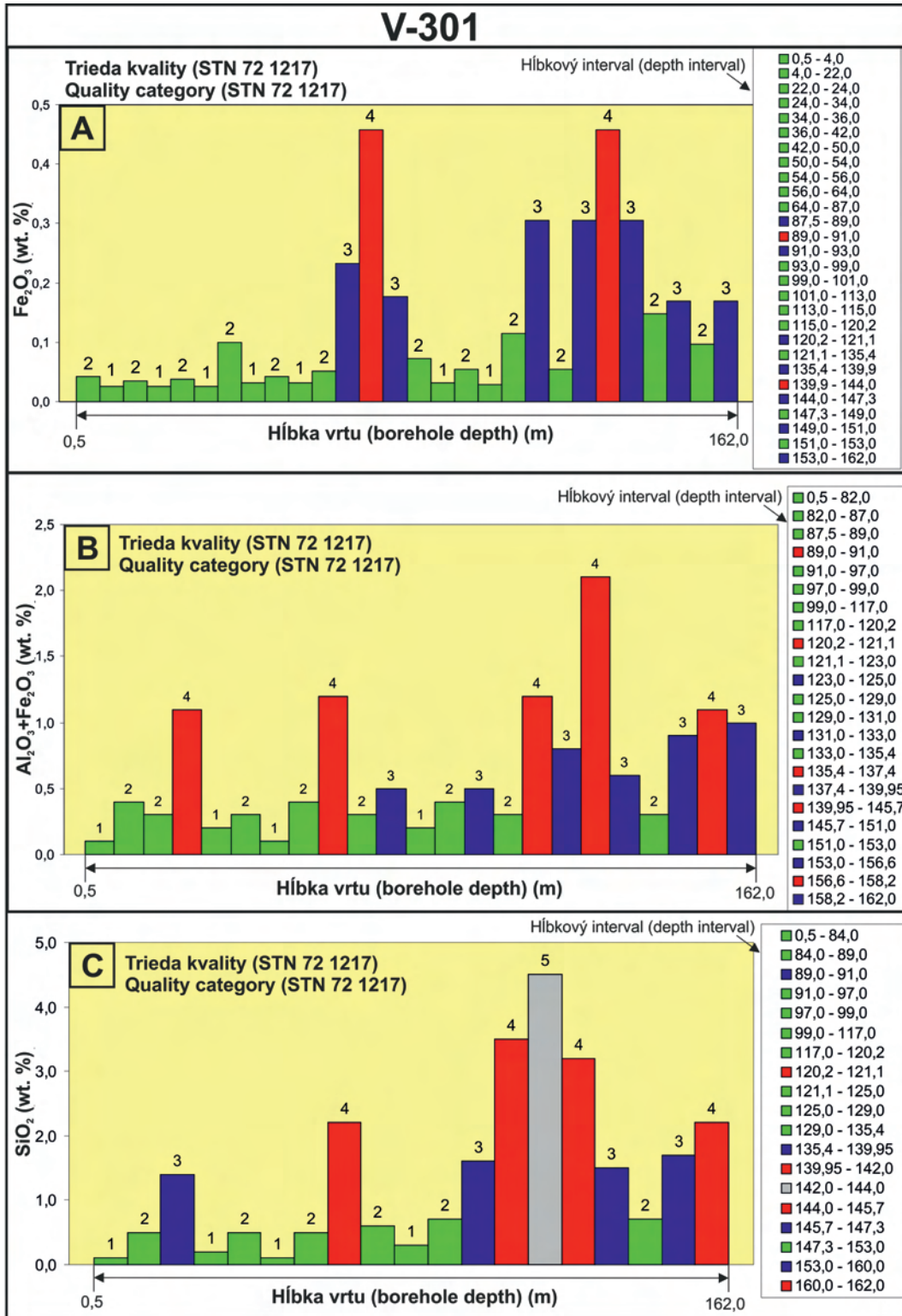
Pri pozorovaní vzoriek v elektrónovom mikroanalýzátore v režime BSE bol potvrdený prejav chemickej zonálnosti striedanim svetlých a tmavých fáz prírastkových zón niektorých dolomitových kryštálov viazaných na pukliny (Obr. 4A). Svetlejšie zóny sú obohatené o Fe₂O₃, na rozdiel od tmavých zón. Najväčšie obohatenie o Fe₂O₃ bolo zistené vo vzorke RŠ-6 (0,47 hm. %). V BSE zobrazení vzorky RŠ-7 bola zachytená aj prítomnosť Fe-sulfidov (Obr. 4B). Vo vzorke RŠ-7 bol pozorovaný zvýšený obsah ílových minerálov čo sa prejavilo poklesom hodnoty MgO a nárastom FeO. Okrem dolomitových analýz boli vytvorené aj BSE obrázky ílových minerálov (Obr. 4C).

Vo vzorke RŠ-7 boli pozorované dva typy ílových minerálov reprezentované svetlejšími a tmavšími fázami. Svetlejšie fázy na rozdiel od tmavších boli výrazne obohatené o K₂O (6,89 hm. %). Chemická závislosť obsahov SiO₂, Al₂O₃ a K₂O z elektrónových mikroanalýz minerálov je zobrazená v ternárnom diagrame (Obr. 5).

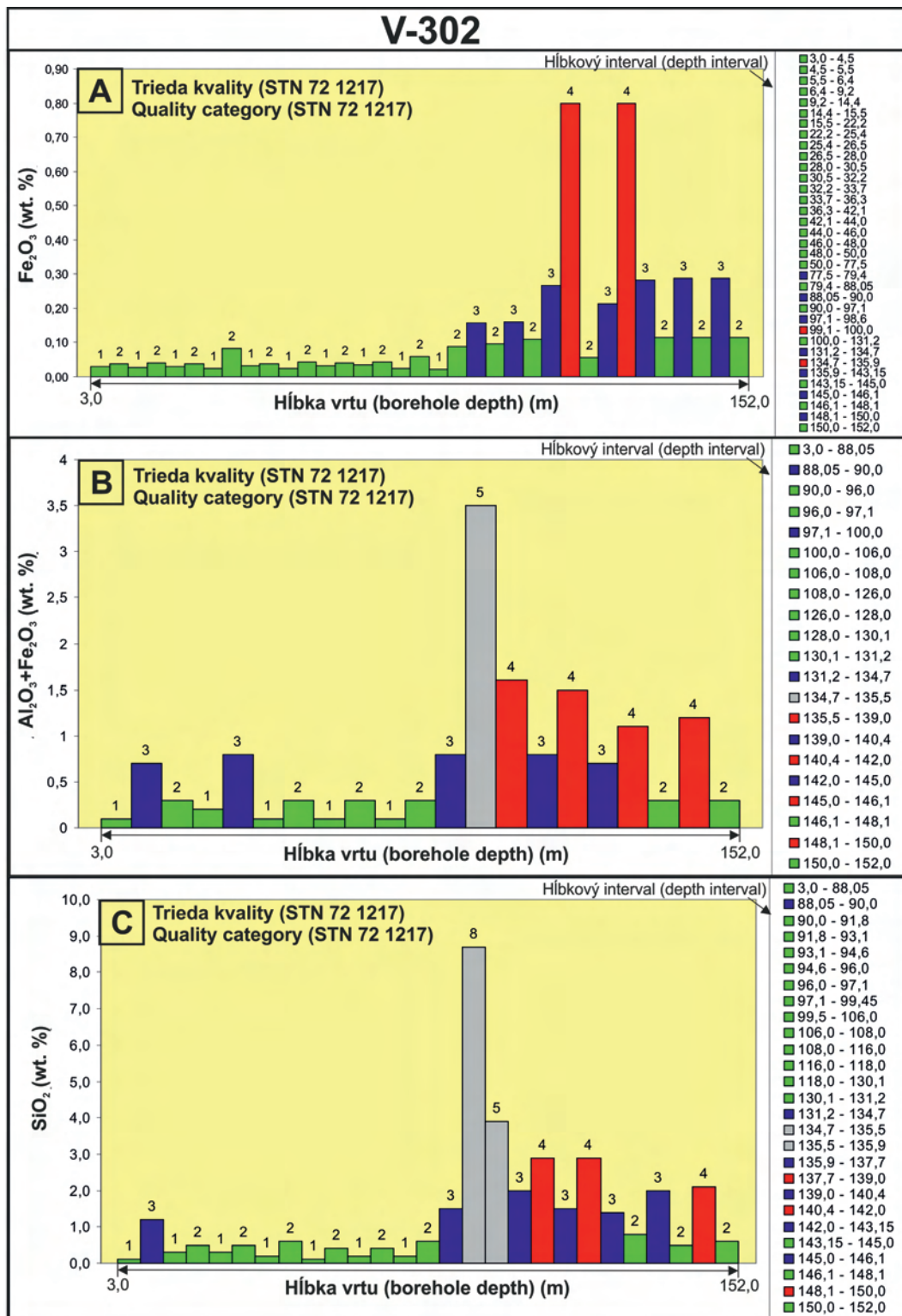
Z analyzovaných vzoriek dolomitových vrtných jadier (V-301 až V-303) rtg. fluorescenčnou metódou boli identifikované rozdiely v zastúpení hlavných oxidov. Na základe obsahu oxidov bola surovina z prieskumných vrtoch zaradená do kvalitatívnych tried podľa normy STN 72 1217 (Tab. 2).

V grafickom spracovaní obsahov Fe₂O₃ vo vzorkách z vrtnu V-301 (Obr. 6A) sú zastúpené štyri triedy kvality. Pre sklársku účely nevyhovujúca štvrtá trieda bola zistená v metrážach 89,0–91,0 m a 139,9–144,0 m. Vo vzorkách z vrtnu V-302 (Obr. 7A) bol potvrdený výskyt štyroch kvalitatívnych tried podobne ako vo V-301, pričom štvrtá trieda je viazaná na hĺbky 99,1–100,0 m a 134,7 a 135,9 m. Vo vzorkách z vrtnu V-303 (Obr. 8A) nie je zastúpená prvá trieda kvality, ale vzájomne sa strieda druhá a tretia trieda, pričom štvrtá trieda bola zachytená v hĺbkach 61,3–64,0 m, 97,7–101,5 m a 108,0–110,0 m. Okrem prítomnosti štvrtej triedy kvality bolo zistené výrazné obohatenie Fe₂O₃ (2,6 hm. %) v hĺbke 87,7–88,1 m, čo z hľadiska kvalitatívnej kategorizácie spadá do ôsmej triedy.

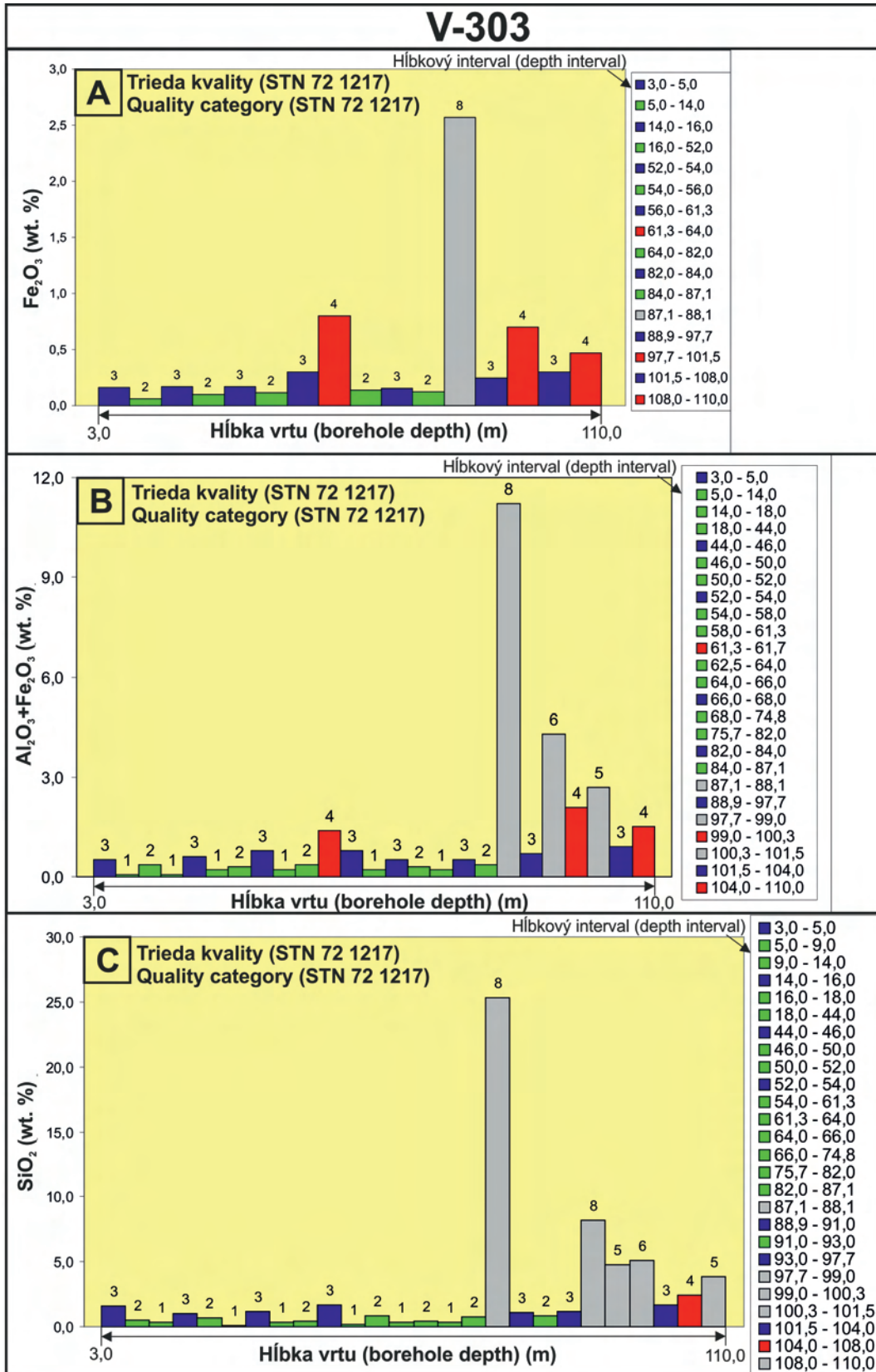
Z grafickej kategorizácie dolomitov na základe obsahov Al₂O₃+Fe₂O₃ sa vo vrte V-301 rovnomerne striedajú štyri kvalitatívne triedy (Obr. 6B). Kvalitatívne najhoršia štvrtá trieda bola stanovená v hĺbkových intervaloch 89,0–91,0 m; 120,2–121,1 m; 135,4–137,4 m; 139,9–145,7 m a 156,6–158,2 m. Vo vrte V-302 (Obr. 7B) sú do hĺbky 134,7 m zastúpené tri kvalitatívne triedy, za ktorými nasleduje piata kvalitatívna trieda v intervale 134,7–135,5 m. V pokračovaní priebehu vrtnu dochádza ku vzájomnému striedaniu druhej až štvrtej kvalitatívnej triedy. Po vyhodnotení vrtnu V-303 na základe obsahu Al₂O₃+Fe₂O₃ bol stanovený výskyt prvej až ôsmej kvalitatívnej triedy (Obr. 8B)



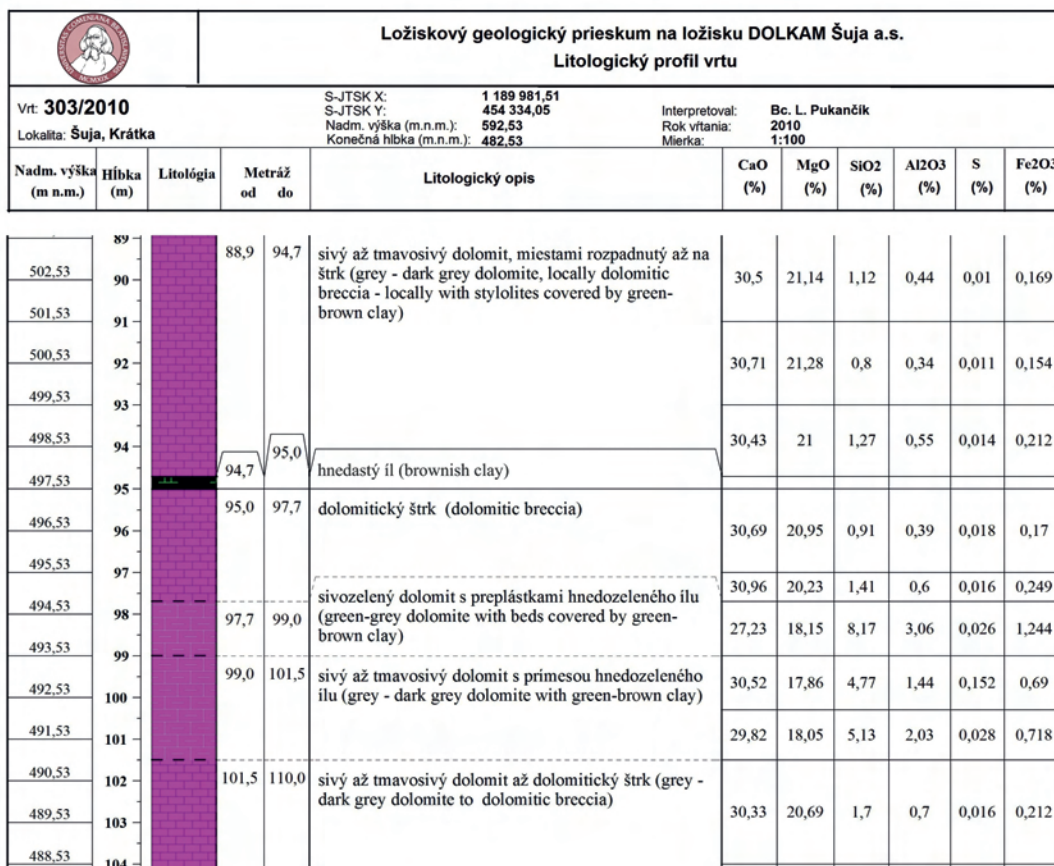
Obr. 6. Kvalitatívna kategorizácia dolomitov z vrtu V-301: A) obsahy Fe₂O₃; B) obsahy Al₂O₃ + Fe₂O₃; C) obsahy SiO₂.
Fig. 6. Quality categorization of dolomite from V-301 borehole: A) content of Fe₂O₃; B) content of Al₂O₃ + Fe₂O₃; C) content of SiO₂.



Obr. 7. Kvalitatívna kategorizácia dolomitov z vrtu V-302: A) obsahy Fe₂O₃; B) obsahy Al₂O₃ + Fe₂O₃; C) obsahy SiO₂.
Fig. 7. Quality categorization of dolomite from V-302 borehole: A) content of Fe₂O₃; B) content of Al₂O₃ + Fe₂O₃; C) content of SiO₂.



Obr. 8. Kvalitatívna kategorizácia dolomitov z vrtu V-303: A) obsahy Fe_2O_3 ; B) obsahy $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$; C) obsahy SiO_2 .
Fig. 8. Quality categorization of dolomite from V-303 borehole: A) content of Fe_2O_3 ; B) content of $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$; C) content of SiO_2 .



Obr. 9. Ukážka časti vrtného profilu V-303 (89–104 m) zhotoveného v programe LogPlot ver. 7.

Fig. 9. Part of V-303 borehole (89–104 m) graphically processed by software LogPlot ver. 7.

Po hĺbku 87,1 m spadajú obsahy Al₂O₃ a Fe₂O₃ do prvých troch kvalitatívnych tried s výnimkou intervalu 61,3–61,7 m, kde sa objavuje štvrtá kvalitatívna trieda. V hĺbke 87,1 m dochádza ku zvýšeniu koncentrácie Al₂O₃ a Fe₂O₃, dôsledkom čoho je prítomná ôsma kvalitatívna trieda. S pribúdajúcou hĺbkou sa v profile vyskytuje okrem tretej triedy kvality aj štvrtá (99,0–100,3 m a 104,0–110,0 m), piata (100,3–101,5 m) a šiesta trieda kvality (97,7–99,0 m).

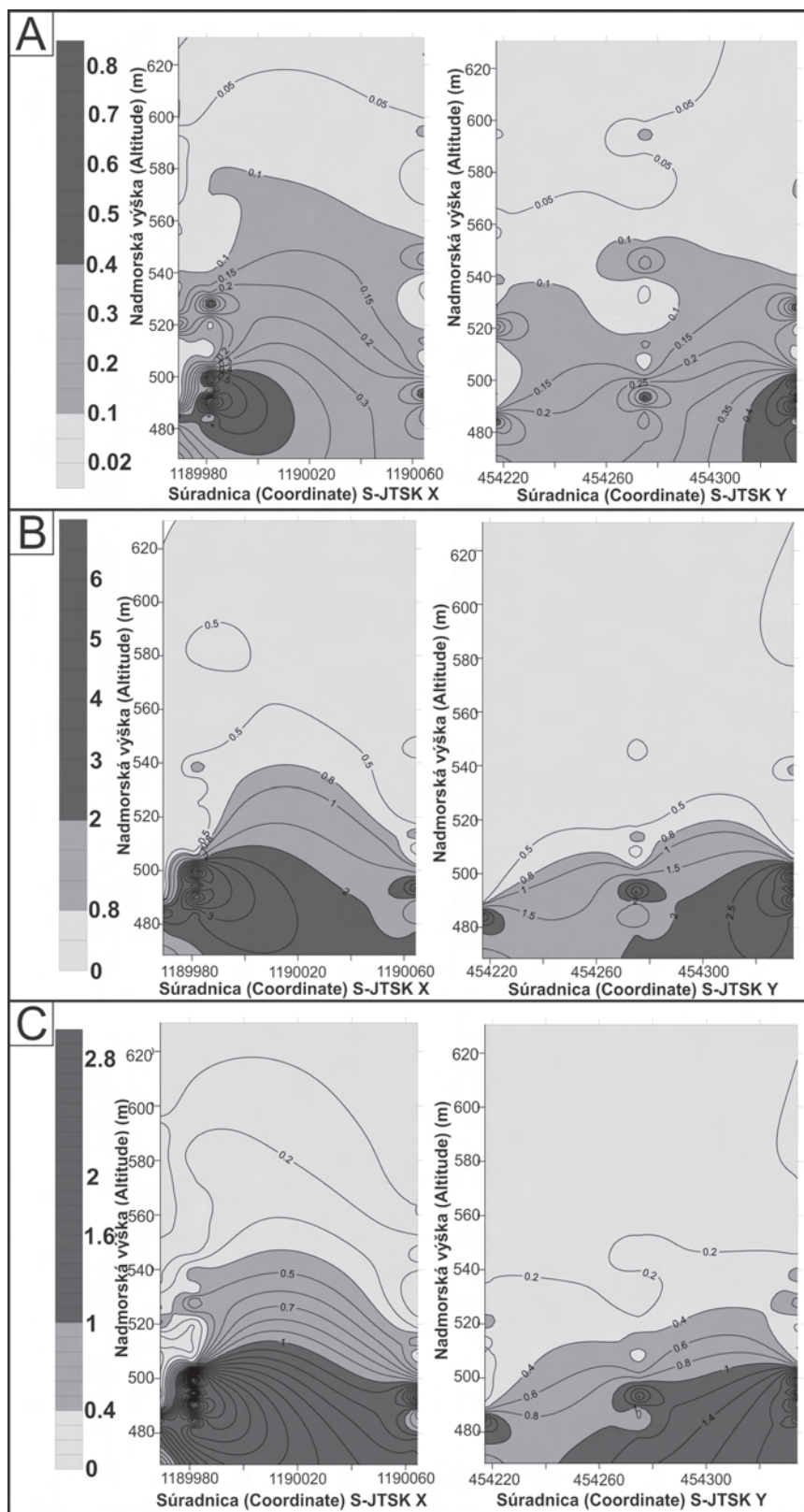
Na základe obsahu SiO₂ sa vo vrte V-301 (Obr. 6C) do hĺbky 139,9 m vzájomne striedajú prvé tri kvalitatívne triedy. Štvrtá trieda kvality dolomitovej suroviny bola zachytená v hĺbkových intervaloch 139,9–142,0 m; 144,0–145,7 m a 160,0–162,0 m. V hĺbke 142,0–144,0 m bola zaznamenaná zvýšená koncentrácia SiO₂, na základe čoho bol dolomit zaradený do piatej triedy kvality. Zastúpenie prvých troch kvalitatívnych tried v úrovniach do 134,7 m bolo stanovené aj pri vrte V-302 (Obr. 7C). V hĺbke 134,7–135,5 m je prítomná ôsma kvalitatívna trieda v dôsledku vysokého obsahu SiO₂ (8,7 hm. %). V intervale hĺbok 135,5–135,9 m sa nachádza piata kvalitatívna trieda dolomitovej suroviny. Priebeh vrtného profilu od hĺbky 135,9 m je reprezentovaný striedaním druhej, tretej a štvrtej kvalitatívnej triedy. Vrt V-303 (Obr. 8C) je zastúpený vo vrchných častiach striedaním prvých troch tried kvality s prevahou prvej a druhej triedy. V hĺbke 87,1–88,1 a 97,7–99,0 m sa vyskytuje najhoršia ôsma kvalitatívna trieda s maximálnym obsahom SiO₂ 25,3 hm. %.

Šiesta kvalitatívna trieda sa objavuje v metráži 100,3–101,5 m nasledovaná piatou kvalitatívnou triedou v hĺbke 99,0–100,3 a 108,0–110 m a štvrtou triedou v hĺbke 104,0–108,0 m.

3.2. Výsledky softvérového spracovania

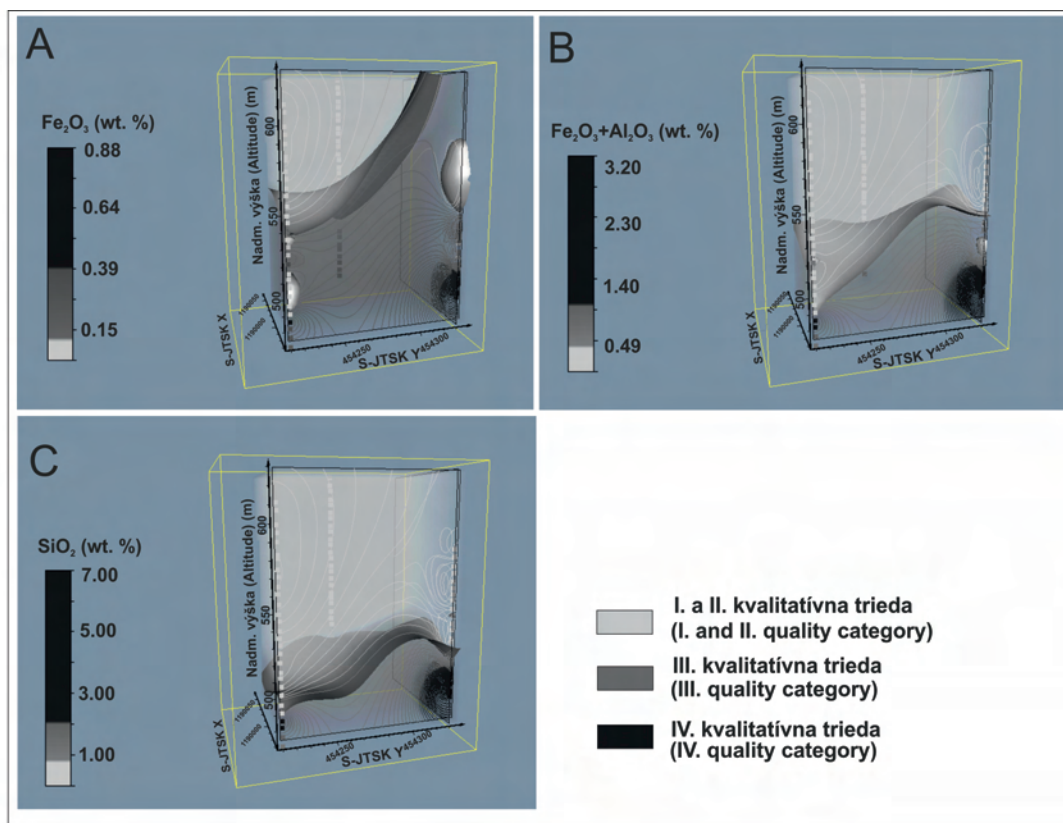
3.2.1. Výstupy z programu LogPlot ver.7

Prieskumné vrty s označením V-301, V-302 a V-303 boli situované v časti Krátka na ložisku Rajec-Šuja. Pri softvérovom spracovaní prieskumných vrtných profilov boli do výstupov graficky vynešené nasledovné parametre: litológia, metráž vrtania, nadmorská výška, JTSK súradnice a chemické zloženie (obsahy hlavných oxidov z rtg. fluorescenčných analýz). Z hľadiska litológie dominantné zastúpenie majú sivobiele dolomity s rôznou intenzitou tektonického prepracovania, ktorá sa prejavuje vznikom dolomitovej múčky štrkovej až piesčitej frakcie. Vplyvom tektonickej aktivity kompaktné polohy dolomitov prechádzajú do dolomitových brekcií. Skryvkový materiál reprezentujú zahmlinené zóny viazané na povrchové časti ložiska. Vo vrtoch sa vyskytli aj dolomity s vyšším obsahom ílov, ktoré boli pri spracovaní farebne odlišené. Rovnakým spôsobom bol odlišený aj výskyt dutín (miesta bez výnosu jadra). Horninová výplň bola s narastajúcou hĺbkou vrtných profilov bez výraznejších zmien, čo potvrdzujú aj zhotovené vrtné profily. Ukážka časti vrtného profilu V-301 spracovaného v programe LogPlot ver. 7 je zhotovená v mierke 1:100 (Obr. 9).



Obr. 10. Izolínové mapy distribúcie kvalitatívnych tried dolomitov (sivobiela farba vyjadruje prvú a druhú triedu, sivá označuje tretiu triedu a sivočierna farba vyjadruje zastúpenie štvrtej a kvalitatívne horších tried) z prieskumných vrtov zhotovené v programe Surfer ver.8: a – obsahy Fe_2O_3 ; b – obsahy SiO_2 ; c – obsahy $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.

Fig. 10. Contour maps of dolomite quality categories distribution (white–grey color represents first and second category, grey color marks third category and dark grey expresses presence of fourth and qualitatively worse categories) from exploratory boreholes made by program Surfer ver.8: a – content of Fe_2O_3 ; b – content of SiO_2 ; c – content of $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.



Obr. 11. 3D modely distribúcie kvalitatívnych tried dolomitov z prieskumných vrtov zhotovené v programe Voxler ver. 2: A) obsahy Fe_2O_3 ; B) obsahy $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$; C) obsahy SiO_2 .

Fig. 11. 3D models of dolomite quality categories distribution from exploratory boreholes made by a program Voxler ver. 2: A) content of Fe_2O_3 ; B) content of $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$; C) content of SiO_2 .

3.2.2. Výstupy z programu Surfer ver.8

Izolíniové mapy so zjednotenými metrážami prevedenými do nadmorských výšok boli zhotovené na základe kvalitatívnych parametrov Fe_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ a SiO_2 prieskumných vrtov. Po zhotovení izolíniových máp obsahov oxidov bola jednotlivým poliam pridelená farebná výplň interpretujúca kvalitatívne kategórie dolomitovej suroviny podľa normy STN 72 1217. Lokalizačné parametre údajov sú nadmorská výška a kartografické súradnice S-JTSK X a Y.

V izolíniovej mape Fe_2O_3 (Obr. 10A) je pozorovateľné zvyšovanie obsahu Fe_2O_3 so zväčšujúcou sa hĺbkou vrtov, resp. s klesajúcou nadmorskou výškou. Z izolíniových máp v reze S-JTSK X aj S-JTSK Y je viditeľný prechod z prvej a druhej kvalitatívnej triedy do tretej triedy a v nadmorskej výške okolo 490 m n. m., je maximálny obsah Fe_2O_3 v rámci štvrtej kvalitatívnej kategórie. Vzájomná distribúcia prvých troch kvalitatívnych kategórií je pomerne vyrovnaná a dominuje nad plošným zastúpením štvrtej kvalitatívnej triedy.

Grafické znázornenie obsahov SiO_2 (Obr. 10B) na rozdiel od obsahu Fe_2O_3 zaraďuje dolomitovú surovinu do nevyhovujúcej štvrtej kvalitatívnej triedy vo väčšom rozsahu polí. Rovnako polia prvej a druhej kvalitatívnej kategórie sú zachytené vo väčšom rozsahu. Tretia kvalitatívna trieda dosahuje na izolíniovej mape najmenšie zastúpenie. Charakter prechodu z prvej a druhej kvalitatívnej triedy cez tretiu do štvrtej kvalitatívnej triedy sa

nemení. Rovnako sa nemení poloha najvyššieho zastúpenia oxidov v priestore nadmorskej výšky cca 490 m n. m.

Obsah $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ vynesený do izolíniovej mapy (Obr. 10C) sa vo väčšine zhoduje so znázornením obsahov SiO_2 . Nemenný charakter prechodu z prvých dvoch do štvrtej kvalitatívnej triedy zostáva zachovaný. Zmena nastáva vo vzájomnej distribúcii tretej a štvrtej kvalitatívnej triedy zmenou pomerného zastúpenia, ktoré je viac vyrovnané. V izolíniových mapách je viditeľná dominancia prvej a druhej kvalitatívnej triedy podobne ako v predchádzajúcich izolíniových mapách.

3.2.3. Trojrozmerný výstup z programu Voxler ver.2

Zo softvérového spracovania vzoriek z vrtov V-301 až V-303 boli zhotovené 3D modely distribúcie ložiskovej suroviny z hľadiska zaradenia do kvalitatívnych tried podľa normy STN 72 1217. Na základe obsahov Fe_2O_3 , $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ a SiO_2 bol jednotlivým zónam pridelený farebný odtieň interpretujúci zaradenie do príslušnej kvalitatívnej triedy. Lokalizačnými parametrami sú kartografické súradnice (S-JTSK X a Y) a nadmorská výška.

Pri modeli zhotovenom na základe obsahu Fe_2O_3 (Obr. 11A) je viditeľný prechod z prvej a druhej kvalitatívnej triedy (vhodné pre sklárske využitie) cez tretiu do štvrtej kvalitatívnej triedy (nehodná pre sklárske účely) s pribúdajúcou hĺbkou vrtu, resp. so znižujúcou sa nadmorskou výškou. V modeli má dominantné priestorové zastúpenie tretia kvalitatívna trieda. V menšej

miere je zobrazený výskyt prvých dvoch kvalitatívnych tried. Štvrtá trieda má v priestorovom zobrazení najmenší podiel. Na rozdiel od predchádzajúceho distribučného modelu zobrazujúceho obsah Fe_2O_3 pri modeli s vnesenými hodnotami obsahov $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ (Obr. 11B) sa distribúcia kvalitatívnych kategórií mení. Dominantné zastúpenie majú prvé dve kvalitatívne triedy. Tretia trieda je zastúpená v menšom rozsahu a podobne ako v predchádzajúcom modeli je zastúpenie štvrtej kvalitatívnej triedy v najmenšom rozsahu. Trend zhoršujúcej sa kvalitatívnej triedy so znižujúcou sa nadmorskou výškou zostáva zachovaný. Po vnesení hodnôt obsahov SiO_2 bol zhotovený model (Obr. 11C), ktorý má podobnú charakteristiku ako model pre obsahy $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$. Spoločným znakom je pomer priestorovej distribúcie jednotlivých kvalitatívnych tried, ako aj zvyšujúci sa podiel menej kvalitných tried s klesajúcou nadmorskou výškou.

4. DISKUSIA

Problematike genézy dolomitov sa venovali viacerí autori (Andrusov, 1955; Bystrický, 1967; Jablonský & Turan, 1970; Kantor & Mišík, 1992; Vozárová et al., 1995). Súhrn poznatkov o diagenetických procesoch monograficky spracovali Mišík & Rehárová (2007). Faciálny vývoj dolomitov hronika publikoval Havrila (2011).

Ložiskové dolomity litologicky spadajú medzi wettersteinské a hlavné dolomity, ktorých vznik je viazaný na sedimentáciu karbonátovej platformy v rámci vývoja rozhrania mojtínsko-harmaneckej karbonátovej platformy a bazénu Dobrej Vody. Odlíšenie hlavných dolomitov od wettersteinských nie je na ložisku jednoznačné v dôsledku absencie lunzských vrstiev, ktorých lokálny výskyt v podobe šošoviek sa uvádza z opusteného kameňolomu 2 km z. od Rajca v príkrove Ostrej Malenice (Havrila, 2011; Mello et al., 2011). Porovnaním prác autorov (Martiny, 1956; Habánik, 1971; Hanáček & Hruškovič, 1971; Tabak & Domanický, 1989; Domanický & Tabak, 1991; Zubec et al., 2005; Tabak, 2007^{a,b}; Kraus, 2008; Holzer et al., 2009), ktorí sa venovali kvalitatívnym charakteristikám dolomitových ložísk hronika s našimi výsledkami môžeme konštatovať, že dolomitová surovina ložiska má vysokú kvalitatívnu hodnotu, ktorá sa odráža v zastúpení prevažne prvých troch kvalitatívnych tried stanovených podľa normy STN 72 1217.

Na základe analytických a softvérových výsledkov sú ložiskové dolomity výrazne tektonicky porušené, čo sa odráža aj v mikroštruktúrnom zázname. Tektonicky podrvené dolomity a dolomitické brekcie majú na ložisku dominantné zastúpenie. V rámci odobratých vzoriek boli skúmané aj vzorky sivobielych a tmavosivých kompaktných dolomitov, ktorých výskyt na ložisku je obmedzený. Interpretácia genézy ložiskových dolomitov je komplikovaná, pretože dolomity boli postihnuté viacerými diagenetickými procesmi, čo dokazuje prítomnosť niekoľkých generácií dolomitov.

Z vyhladávacieho geologického výskumu ložiska bolo zhotovených niekoľko záverečných správ (Lexová, 1957; Árendárik et al., 1967; Šalagová & Hash, 1969; Šubjaková, 1972; Rohalová et al., 1974; Šubjak & Šubjaková, 1994) objasňujúcich výskyt kvalitatívne horších zón dolomitovej suroviny viazaný na šošovky

lunzských vrstiev. Vzhľadom na skutočnosť, že v prieskumných vrtoch tieto vrstvy navrtané neboli, prikláňame sa k názoru, že zhoršenie kvality dolomitovej suroviny je viazané na iný, tektonický, aspekt spojený so sulfidickou a ílovou mineralizáciou, ktorá spôsobuje výrazné zhoršenie chemickej čistoty dolomitu. Medzi kontaminanty ložiskovej suroviny patria sulfidické minerály (pyrit, markazit) a produkty ich rozkladu v podobe oxidov a hydroxidov železa spolu s prítomnosťou zmiešanovo-vrstevnatých silikátov illitovo-smektitovej skupiny. Prítomnosť znečisťujúcich minerálnych fáz potvrdila elektrónová mikroanalýza a rtg. prášková difraktometria. Na základe týchto skutočností predpokladáme, že sedimentačný proces prebiehal v redukčnom prostredí spolu s precipitáciou sulfidických minerálov. Následne sa podmienky počas sedimentácie zmenili na oxidačné, čo malo za následok oxidáciu sulfidických minerálov za vzniku oxidov a hydroxidov Fe. Zvýšený podiel illitovo-smektitových minerálov viazaný na pukliny vo vzorke RŠ-7 mohol čiastočne ovplyvniť aj vrtný výplach použitý počas jadrového vrtania. Kvalitu ložiskovej suroviny negatívne ovplyvňujú navrtané nespevnené ílové vrstvy hrubé max. 1 m, ktoré sú graficky znázornené vo vrtných profiloch. Spomínané vrstvy vznikli pravdepodobne sekundárnym vyplnením puklín v dolomitoch. Prítomnosť ílových minerálov v hornine ovplyvňuje celkový chemický charakter horniny reprezentovaný poklesom karbonátovej zložky, čím sa surovina zaraďuje do vyššej kvalitatívnej kategórie a znemožňuje jej možnosť aplikácie v sklárskom priemysle. Zaradenie dolomitov do kvalitatívnych tried bolo vyhotovené na základe výsledkov analýz z rtg. fluorescenčnej spektroskopie (obsahy Fe_2O_3 , $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ a SiO_2). Zo softvérových výstupov z programov Surfer ver.8 a Voxler ver.2 sme pozorovali trend zhoršujúcej sa kvality dolomitovej suroviny s narastajúcou hĺbkou vrto. Tento argument potvrdzuje nielen samotné spracovanie obidvoch použitých softvérov ale aj výsledky z kvalitatívnej kategorizácie analýz rtg. fluorescenčnej spektroskopie.

5. ZÁVER

Stredno- až vrchnotriasové dolomity z ťaženého ložiska Rajec-Šuja boli skúmané kombináciou analytických a softvérových metód za účelom petrografickej charakteristiky a stanovenia kvalitatívnych parametrov suroviny. Na ložisku bolo na základe polarizačnej mikroskopie a katódovej luminiscencie identifikované dominantné zastúpenie tektonicky porušených dolomitov až dolomitických brekcií. Surovina má vyhovujúcu chemickú čistotu podľa kvalitatívnej kategorizácie. Po vyhodnotení podľa STN 72 1217 surovina je klasifikovaná do prvých troch kvalitatívnych tried. Kategorizácia bola vyhodnotená na základe rtg. fluorescenčnej analýzy. V zónach s výrazným zhoršením kvality dolomitovej suroviny boli pomocou elektrónového mikroanalýzátora a rtg. difrakčnej práškovej analýzy identifikované kontaminanty v podobe minerálov illitovo-smektitovej skupiny, sulfidických minerálov (pyrit, markazit), oxidov a hydroxidov Fe. Fotografie morfológických tvarov pyritu a markazitu v sekundárných elektrónoch boli vyhotovené na riadkovacom elektrónovom mikroskope. Na spracovanie prieskumných dolomitových jadier bola použitá kombinácia viacerých softvérových balíkov

na vytvorenie 2D a 3D vizualizovaného obrazu distribučných zmien v zastúpení hlavných oxidov v rámci chemického zloženia suroviny. V programe LogPlot ver.7 boli graficky zobrazené vrtné profily. Na modelovanie kvalitatívnych parametrov dolomitovej suroviny sa použili programy Surfer ver.8 a Voxler ver.2 na lokalizáciu zón vyhodnotených normalizovaných tried. V zobrazených modeloch bol potvrdený trend plynulého prechodu z pomerne kvalitných zón dolomitov prvej a druhej triedy, cez tretiu, do štvrtej kvalitatívnej triedy. Pre softvérové spracovanie údajov z chemických analýz prieskumných vrtov boli splnené kritériá spočívajúce v dostatočnom množstve chemických analýz, prítomnosti minimálne dvoch (pre 2D modelovanie) resp. troch vrtov (pre 3D modelovanie) a ich vzájomná geografická poloha. Napriek splneniu požadovaných podmienok pre prácu so softvéromi treba poznamenať, že pre detailnú geologickú interpretáciu by bolo vhodné doplniť údaje o ďalšie vrty, čím by boli výstupy z programov štatisticky relevantnejšie.

Monitorovanie kvalitatívnych parametrov ťažených nerastných surovín je rozhodujúce pre efektívne priemyselné a hospodárske aplikácie. Efektivita využívania nerastných surovín má nielen ekonomický, ale aj ekologický dopad.

Podakovanie: Výskum bol realizovaný z projektu APVV LPP-0109-09. Naše podakovanie patrí riaditeľovi a zamestnancom spoločnosti DOLKAM Šuja a.s., ktorí nám ochotne poskytli informácie o ťažbe a spracovaní dolomitu, umožnili nám vstup do kameňolomu a odber vzoriek. Za vyhotovenie rtg. difrakčných záznamov ďakujeme Mgr. Petrovi Bačíkovi, PhD, a Ing. Márii Čaplovičovej, CSc., za vyhotovenie morfológických obrázkov pyritu a markazitu v elektróne mikroskope. Ďakujeme recenzentom článku, menovite Mgr. Ivane Sikulovej, PhD., a RNDr. Kamilovi Rozimantovi, PhD., za námety, ktoré pozitívne obohatili rukopis.

Literatúra

- Andrusov D., 1955: O pôvode slovenských dolomitov a dolomitových „pieskov“. *Geologický Zborník Slovenskej Akadémie Vied*, 6, 3-4, 184-198.
- Árendárik J., Hasch J. & Barkáč Z., 1967: Šuja – surovina: dolomit, ťažobný prieskum, záverečná správa a výpočet zásob so stavom k 1.1.1967. Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 48 p.
- Bystrický J., 1967: O veku „chočských dolomitov“. *Časopis pro mineralogii a geologii*, 12, 3, 247-252.
- Domanický A. & Tabak J., 1991: Slovensko – dolomity, vyhľadávaci prieskum, stav k 31.12.1991. Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava.
- Habánik I., 1971: Dolomit v ČSSR a jeho význam pre národné hospodárstvo. *Geologický průzkum*, 13, 2, 39-43.
- Hanáček J. & Hruškovič S., 1971: Dolomity v Západných Karpatoch. *Mineralia Slovaca*, 3, 12-13, 481-495.
- Havrila M., 2011: Hronikum: paleografia a stratigrafia (vrchný pelsón-tuval), štrukturalizácia a stavba. *Geologické práce, Správy* 117, Bratislava, 7-103.
- Holzer R., Laho M., Wagner P. & Bednarik M., 2009: Inžinierskogeologický atlas hornín Slovenska. ŠGÚDŠ, MŽP SR, PriF UK, Bratislava, 532 p.
- Jablonský E. & Turan J., 1970: Príspevok ku genéze dolomitových pieskov v oblasti Chalmovej a Malých Krštenian. *Mineralia Slovaca*, 2, 6, 109-117.
- Kantor J. & Mišík M., 1992: Isotopic compositions of oxygen and carbon in selected Mesozoic and Tertiary limestones and dolomites in Slovakia. *Západné Karpaty, Séria mineralógia, petrológia, geochemia, metalogenéza*, 15, 7-27.
- Kováč P. & Havrila M., 1998: Inner structure of Hronikum. *Slovak Geological Magazine*, 4, 4, 275-280.
- Kraus I., 2008: Nové trendy a možnosti využívania nerudných surovín na Slovensku. *Mineralia Slovaca*, 40, 3-4, 175-182.
- Lexová M., 1957: Prieskum dolomitických pieskov 1956-57 – Šuja. Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 35 p.
- Martiny E., 1956: Slovenské dolomity a možnosti ich praktického využitia. *Geologický Zborník Slovenskej Akadémie Vied*, 7, 3-4, 281-286.
- Mello J. (Ed.), Boorová D., Buček S., Filo I., Fordinál K., Havrila M., Iglárová L., Kubeš P., Liščák P., Maglay J., Marcin D., Nagy A., Potfaj M., Rakús M., Rapant S., Remšík A., Salaj J., Siráňová Z., Teťák F., Zuberec J., Zlinská A. & Žecová K., 2011: Vysvetlivky ku geologickej mape stredného Považia 1:50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 378 p.
- Mišík M. & Reháková D., 2007: Dolomity, dolomitizácia a dedolomitizácia v horninách Západných Karpát. VEDA, Bratislava, 82 p.
- Rohalová M., Tabak J., Januš J., Vondráček L. & Bondarenková A., 1974: Šuja II. – DP – dolomit. Záverečná správa a výpočet zásob, stav k 30.6.1974. Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 86 p.
- Šalagová V. & Hash J., 1969: Rajecká kotlina – dolomity. Záverečná správa a výpočet zásob z etapy vyhľadávacieho prieskumu so stavom ku dňu 10.11.1969. Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 97 p.
- STN 72 1217, 1992: Vápenec, dolomit – kvalita. *SÚTN*, Bratislava, 8 p.
- Šubjak K. & Šubjaková M., 1994: Rajec-Šuja. Výpočet zásob dolomitu na výhradnom ložisku, stav ku 31.5.1993. Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 26 p.
- Šubjaková M., 1972: Šuja II. – dolomit, záverečná správa a výpočet zásob z etapy predbežného prieskumu so stavom k 20.7.1972. Manuskript – archív ŠGÚDŠ, Bratislava, 62 p.
- Tabak J., 2007^a: Dolomity Slovenska. 1 časť. *Minerální suroviny*, 2, 22-27.
- Tabak J., 2007^b: Dolomity Slovenska. 2 časť. *Minerální suroviny*, 3, 34-37.
- Tabak J. & Domanický A., 1989: Ťažba, spotreba a využívanie dolomitov Slovenska. *Mineralia Slovaca*, 21, 6, 547-554.
- Vozárová A., Ďurkovičová J. & Repčok I., 1995: Data on chemical and isotope composition of Carboniferous and Mesozoic carbonates of Inner Western Carpathians. *Slovak Geological Magazine*, 2, 127-152.
- Zuberec J., Tréger M., Lexa J. & Baláz P., 2005: Nerastné suroviny Slovenska. ŠGÚDŠ, Bratislava, 350 p.
- <http://www.rockware.com/>
- <http://www.goldensoftware.com/>

Summary: Exploratory boreholes on the Rajec-Šuja dolomite deposit (Hronic Unit, Western Carpathians) were made for the purpose of establishing quality parameters of raw material for perspective application in glass industry. Exploratory boreholes (V-301, V-302, and V-303) were analytically and software processed. Representative samples of drill cores are marked RŠ-1 to RŠ-9 boreholes. Based on structural characteristics observed in samples by using polarizing and cathodoluminescence microscope (1), there were identified brittle deformed dolomite and dolomite breccia (RŠ-1, RŠ-6, and RŠ-8), massive crystalline dolomite of white-grey colour (RŠ-5 and RŠ-9) and massive dark-grey dolomites (RŠ-2 and RŠ-7).

By using powder X-ray diffraction analysis, dominance of dolomite in samples RŠ-1 to RŠ-9 (Fig. 2A) was confirmed. In the sample RŠ-7, pyrite and marcasite (Fig. 2B) together with illite and montmorillonite (Fig. 2C) were identified. Morphological forms of Fe-sulfide minerals were photographically documented by using electron microscope (Fig. 3A, B). Observation of samples in BSE confirmed chemical zonation by alternation

of light and dark phases of incremental zones of some dolomite crystals bound to the cracks (Fig. 4A). The greatest FeO enrichment (light zone) was found in the sample of RŠ-6 (0.42 wt. %). In the sample RŠ-7 observed in the BSE there were found two types of clay minerals (Fig. 4C). Brighter phases, as opposed to the dark, were significantly enriched for K₂O (6.89 wt. %). Chemical dependency of content of SiO₂, Al₂O₃, and K₂O electron microanalysis of minerals is displayed in ternary diagram (Fig. 5). From the dolomite drilling cores, 232 chemical analyses were made (82 analyses from V-301, 93 analyses from V-302, and 57 analyses from V-303) using X-ray fluorescence method at 2 m intervals in order to monitor changes of content Fe₂O₃, Fe₂O₃ + Al₂O₃, and SiO₂. Qualitative categorization into the 8 categories was made on the basis of given contents of Fe₂O₃, Fe₂O₃ + Al₂O₃, and SiO₂ from drill cores according to norm STN 72 1217. For the primary use in glass industry according to norm STN 72 1217, the first three quality categories are accepted. Fourth quality category based on Fe₂O₃ content, which is not suitable for application in glass industry, was captured in the V-301 borehole in the depths of 89.0–91.0 and 139.9–144.0 m (Fig. 6A). In the V-302 borehole, increased content of Fe₂O₃ was confirmed in the depths of 99.1, 100.0, 134.7, and 135.9 m (Fig. 7A). In the V-303 borehole (Fig. 8A), fourth category according to quality classes of Fe₂O₃ content was captured in the depths of 61.3–64.0, 97.7–101.5, and 108.0–110.0 m. In the V-303 borehole, a significant enrichment of Fe₂O₃ content (2.6 wt. %) was detected in the depth of 87.7–88.1 m, which in terms of qualitative categorization belongs to the eighth category.

Fourth quality category in term of Al₂O₃ + Fe₂O₃ content was set in the V-301 borehole in the depth intervals of 89.0–91.0, 120.2–121.1, 135.4–137.4, 139.9–145.7, and 156.6–158.2 m (Fig. 6B). In the V-302 borehole the fifth quality class is included in the depth interval of 134.7–135.5 m (Fig. 7B). Based on the Fe₂O₃ + Al₂O₃ content in the V-303 borehole, fourth grade of quality occurs in the range of 61.3–61.7 m. There is increased concentration of Al₂O₃ and Fe₂O₃ in the depth of 87.1 m, what is reflected by presence of the eighth category of quality. With increasing depth of the V-303 borehole (Fig. 8B), fourth (99.0–100.3 and 104.0–110.0 m), fifth (100.3–101.5 m) and sixth category of quality (97.7–99.0 m) occurs. Fourth quality category of dolomite, based on the content of SiO₂, was detected in the V-301 borehole in the depth interval of 139.9–142.0, 144.0–145.7, and 160.0–162.0 m (Fig. 6C). There is increased concentration of SiO₂ in the depth of 142.0–144.0 m, what is reflected by presence of the fifth category of quality. Eighth category of dolomite raw is present in the V-302 borehole in the depth of 134.7–135.5 m due to the high concentration of SiO₂ (8.7 wt. %). The fifth quality category of dolomite raw occurs in the depth interval of 135.5–135.9 m. From the depth of 135.9 m, the borehole is represented by alternating the second, third, and fourth grade of quality (Fig. 7C). Eighth grade of quality occurs in the V-303 borehole in depth of 87.1–88.1 and 97.7–99.0 m with a maximum content of SiO₂ 25.3 wt. %. Sixth grade of quality appears in the depth of 100.3–101.5 m followed by the fifth grade in the depth of 99.0–100.3 and 108.0–110 m and fourth grade in the depth of 104.0–108.0 m (Fig. 8C). Exploratory boreholes were graphically processed by using program LogPlot ver. 7. In final profiles there were displayed parameters such as: depth, altitude, JTSK coordinates, and lithological and chemical changes (Fig. 9). Contour maps of the united piece transferred to altitudes were made on the basis of qualitative parameters of Fe₂O₃, Fe₂O₃ + Al₂O₃ and SiO₂ in the Surfer ver. 8 software (Fig. 10). The Voxler ver. 2 software was used to create 3D models of distribution Fe₂O₃, Fe₂O₃ + Al₂O₃ and SiO₂ in the V-301, V-302, and V-303 boreholes according to STN 72 1217

standard (Fig. 11). Software processing confirmed a smooth transition trend from relatively high quality dolomite zones including first and second quality category, through third to fourth quality category with increasing depth of borehole.