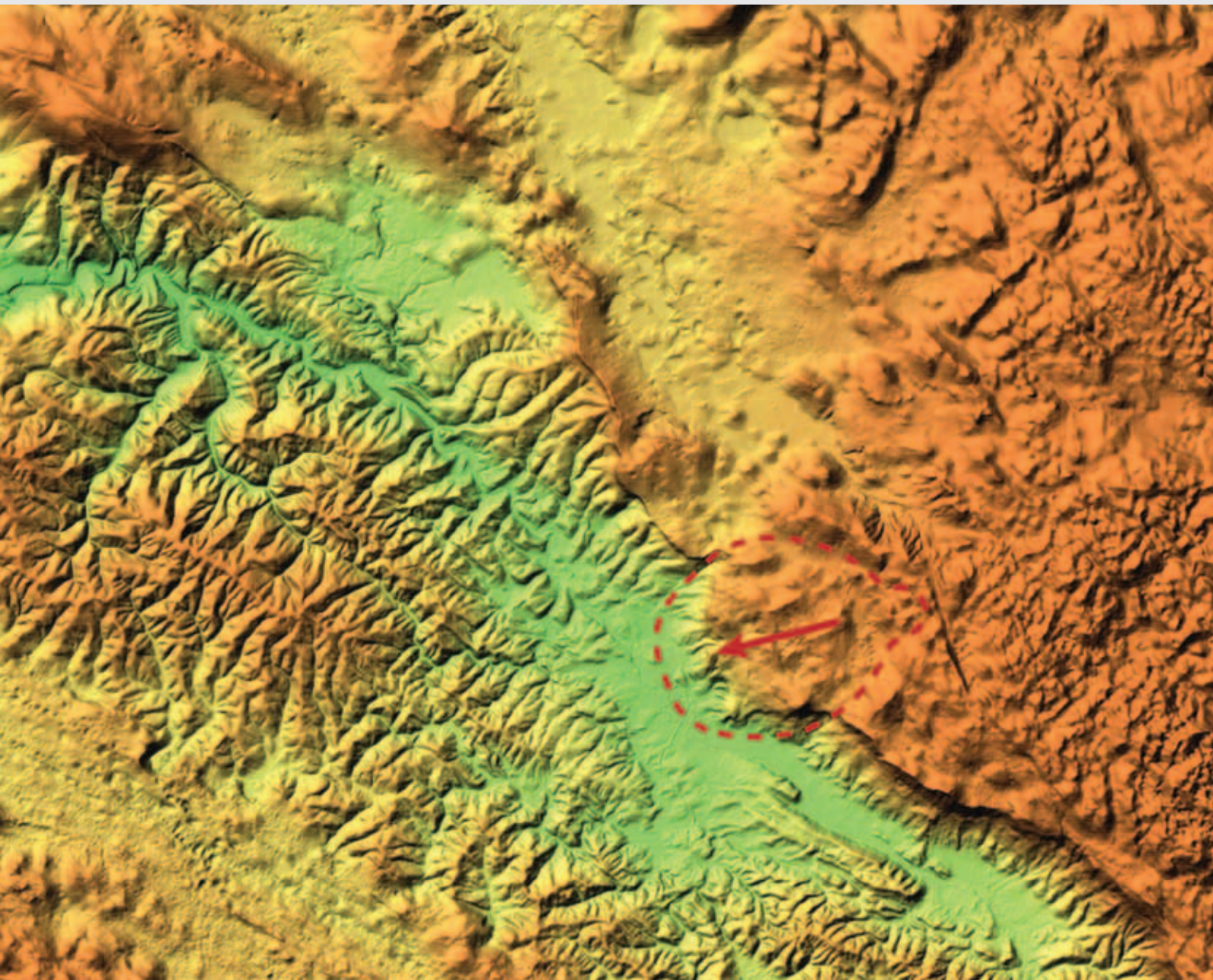


GEOLOGIJA

2011 | št.: **54/2**



Geološki zavod Slovenije
Geological Survey of Slovenia

ISSN 0016-7789
ISSN 1854-620X

GEOLOGIJA

54/2 – 2011



GEOLOGIJA	2011	54/2	153-236	Ljubljana
------------------	-------------	-------------	----------------	------------------

GEOLOGIJA

ISSN 0016-7789

© Geološki zavod Slovenije

Izdajatelj: Geološki zavod Slovenije, zanj direktor MARKO KOMAC
Publisher: Geological Survey of Slovenia, represented by Director MARKO KOMAC
Financirata Javna agencija za knjigo Republike Slovenije in Geološki zavod Slovenije
Financed by the Slovenian Book Agency and the Geological Survey of Slovenia

Vsebina številke 54/2 je bila sprejeta na seji Uredniškega odbora, dne 2. 12. 2011.
Manuscripts of the Volume 54/2 accepted by Editorial and Scientific Advisory Board on December 2, 2011.

Glavna in odgovorna urednica / Editor-in-Chief: MATEJA GOSAR

Uredniški in recenzijski odbor / Scientific Advisory Board:

DUNJA ALJINOVIĆ, Rudarsko-geološki naftni fakultet, Zagreb
MIHAEL BRENČIČ, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
GIOVANNI BATTISTA CARULLI, Dip. di Sci. Geol., Ambientali e Marine, Università di Trieste
KATICA DROBNE, Znanstveno Raziskovalni Center SAZU, Ljubljana
MATIJA DROVENIK, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana
JADRAN FAGANELI, Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja Piran
JANOS HAAS, Etvös Lorand University, Budapest
BOGDAN JURKOVŠEK, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana
ROMAN KOCH, Institut für Paläontologie, Universität Erlangen-Nürnberg
MARKO KOMAC, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana
HARALD LOBITZER, Geologische Bundesanstalt, Wien
RINALDO NICOLICH, D.I.N.M.A., Sezione Georisorse e Ambiente, Università di Trieste
BOJAN OGORELEC, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana
SIMON PIRC, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
MARIO PLENIČAR, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana
DANILO RAVNIK, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
MIHAEL RIBIČIČ, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani
MARKO ŠPARICA, Institut za geološka istraživanja, Zagreb
SAŠO ŠTURM, Institut »Jožef Stefan«, Ljubljana
DRAGICA TURNŠEK, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana
MIRAN VESELIČ, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani

Tehnična urednica / Technical Editor: BERNARDA BOLE

Naslov uredništva / Editorial Office: GEOLOGIJA Geološki zavod Slovenije / Geological Survey of Slovenia
Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
Tel.: +386 (01) 2809-700, Fax: +386 (01) 2809-753, e-mail: urednik@geologija-revija.si
URL: <http://www.geologija-revija.si/>

GEOLOGIJA izhaja dvakrat letno / GEOLOGIJA is published two times a year
GEOLOGIJA je na voljo tudi preko medknjižnične izmenjave publikacij / GEOLOGIJA is available also on exchange basis

Baze, v katerih je Geologija indeksirana / Indexation bases of Geologija: Directory of Open Access Journals, GeoRef, Zoological Record, Geoscience e- Journals

Cena / Price

Posamezni izvod / Single Issue	Letna naročnina / Annual Subscription
Posameznik / Individual: 15 €	Posameznik / Individual: 25 €
Institucija / Institutional: 25 €	Institucija / Institutional: 40 €

Tisk / Printed by: Tiskarna Formatisk d.o.o.

Slika na naslovni strani: Pogled na ilirskobistriški fosilni plaz (PLACER & JAMŠEK, članek v tej številki, vir digitalnega modela reliefa: Javne informacije Slovenije, Geodetska uprava Republike Slovenije, DMV 5, 2006)

Cover page: View on the Ilirska Bistrica fossil landslide (PLACER & JAMŠEK, paper in this issue, source of digital relief model: Public information of Slovenia, The Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, DMV 5, 2006)

VSEBINA – CONTENTS

<i>Gosar, M.</i> Uvodnik	157
<i>Brenčič, M., Mali, N. & Prestor, J.</i> V spomin Francu Drobnetu	158
<i>Miler, M., Gosar, M. & Markič, M.</i> Opredelitev domnevnega meteorita iz Trbovelj	161
Characterisation of presumed meteorite from Trbovlje	
<i>Vrhovnik, P., Rogan Šmuc, N., Dolenc, T., Serafimovski, T., Tasev, G. & Dolenc, M.</i> Geochemical investigation of Sasa tailings dam material and its influence on the Lake Kalimanci surficial sediments (Republic of Macedonia) – preliminary study	169
Geokemične raziskave jalovinskega materiala rudišča Sasa ter njegov vpliv na sedimente Kameniškega jezera (Republika Makedonija) – preliminarna študija	
<i>Brenčič, M.</i> Izvor in pomen besede geologija	177
Word Geology – its Roots and Meanings	
<i>Kolar-Jurkovšek, T., Jurkovšek, B., Aljinović, D. & Nestell, G. P.</i> Stratigraphy of Upper Permian and Lower Triassic Strata of the Žiri Area (Slovenia)	193
Stratigrafija zgornjepermskih in spodnjetriasnih plasti Žirovskega ozemlja	
<i>Raslan, M. A. & Ali, M. A.</i> Mineralogy and mineral chemistry of rare-metal pegmatites at Abu Rusheid granitic gneisses, South Eastern Desert, Egypt	205
<i>Placer, L. & Jamšek, P.</i> Ilirskobistriški fosilni plaz – mesto na plazu	223
The Ilirska Bistrica fossil landslide – The town on the landslide	
Nove knjige	
<i>Mlakar, I. & Čar, J.</i> : Geološka karta idrijsko-cerkljanskega hribovja med Stopnikom in Rovtami 1 : 25.000	229
<i>Čar, J.</i> : Geološka zgradba idrijsko-cerkljanskega hribovja: Tolmač h Geološki karti idrijsko-cerkljanskega hribovja med Stopnikom in Rovtami v merilu 1 : 25.000	229
<i>Ogorelec, B.</i> : Mikrofacies mezozojskih karbonatnih kamnin Slovenije	231
Poročila	
<i>Brenčič, M.</i> : 5. Hidrogeološki kolokvij, Ljubljana, 1. 12. 2011	232
<i>Čerňič, K.</i> : 15. Geotabor, Bela krajina, 11.–16. 7. 2011	233
<i>Jemec, M. & Čarman, M.</i> : 2. Svetovni forum o plazovih – prenos znanosti v prakso, Rim, 3.–7. 10. 2011	234
Navodila avtorjem	235
Instructions to authors	236

Uvodnik

Spoštovane bralke, spoštovani bralci!

Pred nami je druga letošnja številka *Geologije*, ki jo sestavljata dva zvezka. Poleg redne številke smo izdali tudi monografijo *Mikrofacies mezozojskih karbonatnih kamnin Slovenije*, ki jo je napisal prof. dr. Bojan Ogorelec, dolgoletni glavni urednik naše revije. To, da smo kot dodatek h *Geologiji* prvič izdali samostojno monografijo, je ena od novosti, ki smo jih vpeljali v zadnjih dveh letih. Poleg tega si je uredništvo močno prizadevalo, da bi naša revija postala vidnejša in dostopnejša v svetovnem spletu. Naredili smo nekaj pomembnih korakov, ki to omogočajo. Poskrbeli smo, da je revija vključena v register DOAJ (Directory of Open Access Journals, <http://www.doaj.org/>), ki omogoča takojšnji prost dostop do celotnih člankov, iskanje po avtorjih, ključnih besedah ipd. V DOAJ je trenutno registriranih 7297 recenziranih prosto dostopnih revij, od tega 31 slovenskih. Poleg tega smo uvedli tudi možnost prve objave člankov na svetovnem spletu pred izdajo zvezka, v katerem je članek končno objavljen. S tem smo močno skrajšali čas od sprejetja članka do objave, kar je zelo spodbudno, v skladu s svetovnimi trendi in delovanjem uglednih revij.

V začetku letošnjega leta je Geološki zavod Slovenije postal član mednarodnega založniškega združenja PILA (Publishers International Linking Association) in se pridružujemo najimenitnejšim založnikom (Elsevier Science, Oxford University Press). S tem se je Geološki zavod Slovenije kot založnik vključil tudi v sistem CrossRef, ki kot posrednik mednarodnih znanstvenih založnikov omogoča, da pridobijo DOI (identifikator digitalnega objekta) za vsako publikacijo, ki jo izdajo. Tako smo pridobili možnost, da k svojim članom pripišemo DOI, s čimer je vsak članek enoznačno označen in omogoča trajno povezavo besedila do njegove lokacije na internetu ter enostavno spremljanje njegovega citiranja. Še posebno je pomembno, da smo DOI pripisali vsem članom v zadnjih dvanajstih letnikih. Zdaj so dostopni v pdf obliki na internetnih straneh *Geologije* (<http://www.geologija-revija.si/default.aspx>). V naslednjem letu bomo z oznako DOI opremili še letnike do leta 1990. S tem je močno povečana možnost spremljanja citiranja člankov iz *Geologije*. **Zato prosimo vse, ki citirate članke iz naše revije, da pri navedbi literature vedno na koncu navedenega vira dodate tudi DOI uporabljenega članka.** Šele s tem bo omogočeno lažje spremljanje citiranosti člankov in posledično tudi spremljanje citiranosti avtorjev, ki objavljajo v *Geologiji*. Ker je pogosta citiranost eden od pogojev za vključitev revije v indeksiranje v bazi Science Citation Index Expanded (Thomson Reuters), to pa je naš dolgoročni cilj, je zelo pomembno, da navajamo vire iz naše revije dosledno, pravilno in tudi z navedbo DOI.

Poleg naštetih novosti pa je seveda najpomembnejša vsestranska kvaliteta člankov, ki jih objavljamo. Leta 2010 smo uvedli temeljitejši recenzentski postopek, tako da zdaj članke, objavljene v naši reviji, recenzirata vsaj dva recenzenta. V reviji objavljamo tudi vedno več člankov z mejnih področij geologije, torej s področij, na katerih geološko znanje pomaga pri reševanju raznovrstnih drugih naravoslovnih problemov. Revija *Geologija* ima tudi izobraževalni pomen: pisanje člankov približuje mlajšim avtorjem, ki šele začenjajo svojo znanstveno pot. Te avtorje uredništvo spodbuja in jim pomaga pri objavah. Največ pa h kvaliteti revije lahko prispevajo avtorji člankov, torej slovenskih geologi, s tem, da kvalitetno raziskujejo in da izberejo *Geologijo* za revijo, v kateri želijo objaviti svoje delo. Samo tako bo *Geologija* lahko zdržala v tekmi z drugimi revijami, ohranila svoj ugled ter uspešno nadaljevala svoje že skoraj šestdesetletno delovanje.

Vsem, ki sodelujete pri delu *Geologije* kot bralci, avtorji, recenzenti, člani uredniškega odbora ter še posebno Ireni Trebušak in tehnični urednici Bernardi Bole se za prizadevanje in dobro sodelovanje zahvaljujem in želim uspešno 2012.

doc. dr. Mateja Gosar
glavna in odgovorna urednica

V spomin Francu Drobnetu



Konec avgusta 2011 nas je zapustil dolgoletni vodja Oddelka za hidrogeologijo Geološkega zavoda Slovenije Franc Drobne - Šef, kot smo mu pravili njegovi sodelavci. S svojim strokovnim in organizacijskim delom je usodno in pomembno zaznamoval razvoj slovenske hidrogeologije v drugi polovici dvajsetega stoletja. Brez pretiravanja lahko zapišemo, da je bil Franc Drobne v pretežni meri zaslužen za intenziven razvoj slovenske hidrogeologije, ki ji je dal pečat zlasti s svojo organizacijsko in človeško širino. Z Oddelka za hidrogeologijo Geološkega zavoda Slovenije, ki ga je v različnih organizacijskih oblikah vodil 30 let, vse od leta 1967 pa do svoje upokojitve leta 1997, je izšla velika večina aktivnih slovenskih hidrogeologov.

Franc Drobne se je rodil 13. julija 1931 v Celju, kjer je obiskoval Meščansko šolo. Po koncu Druge svetovne vojne se je vpisal na gimnazijo v Celju, kjer je maturiral leta 1950. V šolskem letu 1950–1951 se je vpisal na Geološki oddelek Matematično prirodoslovne fakultete Univerze v Ljubljani, kjer je konec leta 1955 diplomiral z nalogo »Geološke osnove za projektiranje HE na reki Savi«. Svojo poklicno znanstveno in strokovno kariero je začel 1. maja 1956, ko se je kot asistent zaposlil na Inštitutu za mineralogijo, petrologijo in geologijo,

ki je takrat deloval znotraj Oddelka za rudarstvo in metalurgijo, Fakultete za rudarstvo, metalurgijo in kemijsko tehnologijo na Univerzi v Ljubljani. Na Oddelku je deloval kot asistent za mineraloške in petrološke predmete. Leta 1967 je zapustil tedanjo Katedro za mineralogijo in petrologijo na Univerzi v Ljubljani in se zaposlil na Geološkem zavodu Ljubljana. Začel je na delovnem mestu vodje Odseka za hidrogeologijo na Oddelku za inženirsko geologijo v organizacijski enoti Geološki sektor. Leta 1974 je bil imenovan za vodjo Oddelka za inženirsko geologijo in hidrogeologijo, ki je deloval v okviru organizacijske enote Geologija, geotehnika in geofizika v okviru Geološkega zavoda Ljubljana. Oddelek je od leta 1979 deloval v okviru Temeljne organizacije združenega dela – TOZD 1 Geologija, geotehnika in geofizika. Leta 1989 je postal pomočnik direktorja TOZD-a 1. Na podlagi Zakona o podjetjih iz leta 1990 se je TOZD reorganiziral in preimenoval v Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko – IGGG, v katerem je Drobne deloval kot vodja Oddelka za hidrogeologijo vse do svoje upokojitve leta 1997. Po letu 1998, ko se je del IGGG preoblikoval v javni raziskovalni zavod Geološki zavod Slovenije, je še naprej aktivno sodeloval z organizacijsko enoto Oddelek za podzemne vode, ki je naslednik njegovega nekdanjega Oddelka za hidrogeologijo.

Čeprav je bil Drobne po svoji temeljni geološki izobrazbi predvsem mineralog in petrolog, se je v svojem strokovnem delu neprestano loteval aplikativnih geoloških projektov. Sprva še na Univerzi so bili to inženirsko geološki projekti, z zaposlitvijo na Geološkem zavodu Ljubljana in vodenjem Odseka za hidrogeologijo, pa se je povsem preusmeril v hidrogeologijo, ki ji je ostal zvest do konca. Drobnetov temeljni strokovni in znanstveni prispevek sega na področje hidrogeološke znanosti. Sodeloval je pri številnih projektih izgradnje velike infrastrukture državnega pomena in pri projektih oskrbe prebivalstva s pitno vodo v Sloveniji. V času vodenja hidrogeologije pa je s sodelavci posegal tudi v širši jugoslovanski in mednarodni prostor.

Svoje inženirsko geološko in hidrogeološko naravnost je Drobne nakazal s svojim zgodnjim sodelovanjem z Geološkim zavodom Ljubljana, ko je bil še asistent na Univerzi v Ljubljani. Njegovi prvi stiki so bili usmerjeni na področje inženirske geologije. V šestdesetih letih dvajsetega stoletja je sodeloval pri idejnih projektih hidroelektrarn na reki Dravi, kartiranju plazov v osrednji Sloveniji, najbolj izrazito pa je njegovo sodelovanje pri izdelavi inženirsko geoloških kart. Iz tega obdobja je v arhivu Geološkega zavoda Slovenije tudi nekaj njegovih poročil posvečenih problematiki mineralogije in petrologije.

V začetnem obdobju svojega delovanja na Geološkem zavodu Ljubljana se je ukvarjal z različnimi hidrotehničnimi objekti, med katerimi so prevladovala hidroelektrarne in pregrade, nato pa je začel voditi tudi raziskave na drugih področjih inženirske hidrogeologije. V sredini sedemdesetih let prejšnjega stoletja je vodil hidrogeološke raziskave za Nuklearno elektrarno Krško. Sodelovanje na področju proizvodnje jedrske energije se je nadaljevalo še v osemdeseta in devetdeseta leta, ko je vodil geološke raziskave prve faze umeščanja odlagališča nizko in srednje radioaktivnih odpadkov v prostor. V celotnem svojem obdobju je pogosto sodeloval pri različnih projektih načrtovanja cestne infrastrukture. Med

pomembnejšimi velja omeniti njegovo delo pri študijah variant cestnega predora skozi Karavanke in kasnejšega vodenja geoloških raziskav za izbrano varianto predora. S svojimi sodelavci je sodeloval tudi pri gradnji tega pomembnega objekta.

Od šestdesetih let 20. stoletja se je hidrogeološka raziskanost slovenskega ozemlja močno izboljšala na račun raziskav vezanih na gradnjo hidroelektrarn in drugih pomembnih objektov državne infrastrukture. Hkrati s tem se je povečevala zavest o pomenu podzemne vode za oskrbo prebivalstva s pitno vodo. Od tod ni bil več daleč korak do regionalno usmerjenih hidrogeoloških raziskav večjega obsega in prav pri teh je Drobne odigral ključno vlogo in pomenijo njegov največji prispevek k razvoju slovenske hidrogeologije ter geologije na sploh. Vodil in organiziral je hidrogeološke raziskave aluvialnih vodonosnikov na območju Pomurja, Spodnje Savinjske doline, Krško Brežiškega polja, Dravskega polja, Posotelja ter vodonosnikov na območju kraško razpoklinskih vodonosnikov, kot so Tržaško Komenski kras, Dolenjska in Bela krajina. Pri tem ni pomembna le njegova organizacijska vloga, temveč je zlasti na območju aluvialnih vodonosnikov veliko prispeval k interpretaciji hidrogeoloških razmer v prostoru. Njegov pomemben projekt v osemdesetih in začetku devetdesetih let je bila tudi izdelava hidrogeološke karte Slovenije v merilu 1 : 50.000, ki pa žal ni dočakala natisa.

Čeprav termalne vode niso bile njegova specialnost, se je srečal tudi s tem zanimivim strokovnim področjem. Deloval je na področju Rogaške slatine, Radencev, Topolšice, Rimskih toplic, Kotelj, Bele krajine in tudi pri splošno naravnanih študijah geotermalnega potenciala Slovenije.

V zadnjem desetletju svojega strokovnega dela se je veliko ukvarjal s problemi oskrbe s pitno vodo na območju jugovzhodne Slovenije. Na podlagi njegovih hidrogeoloških podlag so bili izdelani številni globoki vodnjaki v dolomitih na območju širše Dolenjske, ki so v marsičem izboljšali preskrbo s pitno vodo v teh krajih. Veliko svojega časa je posvetil zaščiti vodnih virov, aktivno je sodeloval pri pripravi različnih strokovnih podlag za varovanje virov pitne vode, tako pri varovanju posameznih virov, kot tudi pri normativni zaščiti. V prakso je vpeljal principe bilance podzemne vode, ki jo je na podlagi podatkov o raziskovalnih vrtnanjih, sproti dopolnjeval. Njegov zadnji pomemben strokovni dosežek je bila izvedba globokih vodnjakov v pliocenskih plasteh, vzhodnega dela Dravskega polja, v sodelovanju z dr. Žlebnikom in ostalimi sodelavci Oddelka za hidrogeologijo.

V svojem začetnem obdobju se je Drobne v veliki meri ukvarjal s petrografskimi in stratigrafskimi problemi geološke zgradbe Slovenije. Tako med njegovimi prvimi objavami zasledimo članek o pleistocenskih sedimentih z območja Vodice, v kasnejših letih pa še posamezne članke, ki se nanašajo na stratigrafijo terciarnih plasti. Bil je tudi med soavtorji Geološke karte SFRJ – list Ilirska Bistrica, ki je izšla leta 1972. Prav izjemno znanje regionalne geologije in stratigrafije je Drobnetu zaznamovalo pri njegovem hidrogeološkem delu. Mlajši hidrogeologi se problemov pogosto lotevajo z računalniki in različnimi kvantitativnimi modeli, Šef je to nadomestil s svojim izjemnim občutkom za prostor in geološko intuicijo. Kdo od njegovih nekdanjih sodelavcev se ne spomni njegove velike lupe, s katero je natančno preiskoval različne geološke karte, predno je ob petkih odhajal na teren.

Drobnetovo strokovno in znanstveno pot je v veliki meri zaznamovala njegova doktorska disertacija z naslovom »*Mineralna sestava terciarnih sedimentov Posavskih gub*«, ki pa je ni nikoli zagovarjal. Izvod predloga doktorske disertacije iz leta 1965, ki je sestavljena iz dveh zvezkov, hrani knjižnica Znanstveno raziskovalnega centra SAZU, kar je poleg nekaterih fragmentov razlagalnih kart disertacije, ki jih hrani arhiv Oddelka za hidrogeologijo Geološkega zavoda Slovenije, tudi edini ohranjeni izvod. V disertaciji se je lotil sedimentoloških in petrografskih analiz terciarnih sedimentov v Laškem sinklinoriju. Pri tem se je posvetil predvsem težkim mineralom, s čemer je skušal rešiti dva glavna problema: ugotoviti razlike v združbah mineralov in tako stratigrafsko razčleniti terciarne plasti ter določiti tiste minerale, ki so vulkanskega izvora. Pred bralcem se danes odkriva skrbno izdelana znanstvena monografija, ki je tudi slikovno in grafično bogato dokumentirana. Po skoraj pol stoletja je vzroke za to, da Drobne disertacije ni mogel zagovarjati, težko razumeti. Morda jih bo čas bolje pojasnil, prav gotovo pa niso brez elementov *cronique scandaleuse* tedanjega časa.

Objave Drobnetovega dela so maloštevilne, kot prvi avtor je objavil le nekaj člankov. Večino člankov, pri katerih je sodeloval kot soavtor, so pripravili njegovi sodelavci. Pa vendar je bil pri svojem delu zelo plodovit pisec. Arhiv Geološkega zavoda Slovenije hrani preko štiristo strokovnih elaboratov z njegovim podpisom. Ti elaborati predstavljajo študije zelo širokega razpona, med katerimi prevladujejo obsežne aplikativne študije z bogato kartno dokumentacijo. O rezultatih njegovega dela pa pričajo predvsem številni delujoč vodnjaki in drugi veliki objekti, ki bi ne bili zgrajeni brez njegovega sodelovanja.

Zaradi svojih zaslug za razvoj hidrogeologije v Sloveniji je bil Drobne leta 1998 izvoljen za častnega člana Slovenskega komiteja mednarodnega združenja hidrogeologov. Prav tako je bil deležen tudi nekaterih drugih družbeno odmevnih priznanj. Bil je tudi zelo aktiven in odgovoren član družbe. S svojim vplivom je podprl številne projekte, ki ne bi nikoli zagledali luči dneva. V skladu s časom je sodeloval pri delu številnih družbeno političnih organov. V drugi polovici sedemdesetih let je predsedoval Občinski raziskovalni skupščini Občine Bežigrad. Dolgo vrsto let je bil blagajnik Slovenskega geološkega društva. Prav tako je vrsto let sodeloval pri delu republiške Komisije za ugotavljanje zaloga in virov mineralnih surovin.

Obdobje, v katerem je deloval Drobne, je bilo za razvoj slovenske hidrogeologije zelo pomembno. V tem času so bili storjeni največji razvojni koraki. Pod njegovim organizacijskim vodstvom so bili izpeljani številni projekti, ki so pogosto presegali zgolj aplikativno naravnost. Omogočil je izvedbo

številnih znanstveno naravnanih projektov, v njih je sodeloval ali pa jih je aktivno spremljal. V času njegovega vodenja so se sodelavci Oddelka za hidrogeologijo začeli šolati in izpopolnjevati doma in v tujini, nekateri med njimi so na podlagi teh izpopolnjevanj dosegli visoke akademske nazive. Bil je na čelu velike skupine hidrogeologov, v kateri so delovale močne in pogosto samosvoje osebnosti, s svojo širino in človeško toplino je gladil nasprotja in gledal naprej. Včasih je bila kakšna njegova poteza, ki je blažila močne ambicije posameznikov, razumljena napačno, toda čez čas se je izkazalo, da je imel prav. Uspešno in usklajeno delovanje oddelka je bilo zanj najpomembnejše. Pogosto je moral do konca speljati projekte, ki so jih njegovi sodelavci samo nastavili. Razpet med številnimi obveznostmi in zavezami, se je pred naročniki in investitorji pogosto znašel v škripcih. Njegov odgovor, na vprašanje, kdaj bo poročilo dokončano, »Je že v svinčniku«, je postal legenda. Tudi v devetdesetih letih prejšnjega stoletja, ko se je spremenil družbeni sistem in ko je financiranje hidrogeološke dejavnosti zašlo v krizo, je do konca svojega šefovanja, uspešno krmaril med čermi tranzicije.

Šef nam bo ostal v spominu kot topel in prijazen človek, ki je vsakomur pomagal. Nepozabna bo ostala njegova človeška in strokovna širina. Na vprašanje: »Šef, ali morda veste, če so bile v ... že izvedene kakšne raziskave?« je vedno sledil odgovor: »Bom razmislil.« ali pa »Počakaj, mislim, da smo tam že delali.« In, ko si že skoraj pozabil na svoje vprašanje, se je v pisarni pojavil Šef, s kupčkom starih porumenelih poročil, ki je začel razlagati podrobnosti, na katere je potrebno biti pri delu pozoren. Nikoli ni pozabil na tvoje vprašanje.

Vedno je pomagal poiskati izhod iz na videz nerešljivih situacij tako službenih, kot osebnih. Še danes se po hodnikih Geološkega zavoda sliši: »Božji mlini meljejo počasi; Nobena juha se ne poje tako vroča, kot se skuha...«. S svojo karizmo, dobrohotnostjo je vlival zaupanje in s svojo energijo predajal strast do stroke mlajšim rodovom. S svojim širokim pogledom in poznavanjem razmer v našem prostoru je pomagal oblikovati skupno vizijo razvoja oddelka za hidrogeologijo. Poslovno je bil zelo uspešen in znan po svojem diplomatskem nastopu. Njegovo trdno načelo je bilo, da je potrebno vedno predlagati, kako naprej. Pri tem je bil nepopustljiv in zato zelo spoštovan in zaželjen družabnik. Iz teh temeljev je zrasla močna skupina strokovnjakov, ki je ne povezuje samo stroka ampak tudi prijateljstvo. Tudi po odhodu v pokoj, se je vedno rad vračal in pomagal s svojim izjemnim enciklopedičnim znanjem. Z veseljem se je udeleževal številnih oddelčnih dogodkov, na katerih smo skupaj obujali spomine in obnavljali anekdote, po katerih bo poleg svojega izjemnega strokovnega pečata, še vedno živel z nami.

*Mihael Brenčič
Nina Mali
Joerg Prestor*

Opredelitev domnevnega meteorita iz Trbovelj

Characterisation of presumed meteorite from Trbovlje

Miloš MILER, Mateja GOSAR & Miloš MARKIČ

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija;
e-mail: milos.miler@geo-zs.si; mateja.gosar@geo-zs.si; milos.markic@geo-zs.si

Prejeto / Received 9. 6. 2011; Sprejeto / Accepted 2. 11. 2011

Ključne besede: domnevni meteorit, karbonatna konkrecija, premogova krogla, SEM/EDS analiza, premogovnik Trbovlje

Key words: presumed meteorite, carbonate concretion, coal ball, SEM/EDS analysis, Trbovlje coal-mine

Izvleček

Cilj predstavljene raziskave je bil določiti in opredeliti primerek domnevnega meteorita, ki naj bi ga našli leta 1947 pri drobljenju prikamnine iz dnevnega kopa premoga v Trbovljah. Zanimivo najdbo smo opredelili glede na njegove fizikalne lastnosti ter kemijsko in mineralno sestavo, ki smo ju določili s pomočjo EDS analize. Na podlagi makroskopskih značilnosti in fizikalnih lastnosti, kot so zunanja oblika, magnetnost in gostota ter reakcije na razredčeno HCl, smo ugotovili, da primerek ni meteorit ampak konkrecija, ki vsebuje kalcit. SEM/EDS analiza je pokazala, da je preiskani material po kemijski in mineralni sestavi homogen. Sestavljajo ga predvsem kalcit, sadra in železov sulfid. Kalcit je prevladujoči mineral, ki nastopa v obliki nepravilnih zrn. Železov sulfid nastopa v obliki pirita (ali markazita), ki se pojavlja kot tanke prevleke okrog zrn kalcita, sadra pa se pojavlja v obliki tankih prehodnih plasti med zrnji kalcita in skorjami pirita ali markazita kot posledica reakcije med produkti oksidacije železovega sulfida in kalcitom. Vezivo med zrnji je večinoma sestavljeno iz zelo drobnozrnate mešanice kalcita, železovega sulfida, sadre in produktov oksidacije železovega sulfida, ponekod pa ga nadomešča čista sadra. Sestava konkrecije kaže, da gre za piritno in/ali markazitno karbonatno konkrecijo, morda premogovo kroglo (coal ball), ki je najverjetneje nastala z mineralizacijo znotraj šote v zgodnji fazi nastanka premoga v Trboveljski formaciji.

Abstract

The main objective of this study was to identify and characterise a specimen of presumed meteorite, supposedly found in 1947 while crushing gangue material from an open-pit coal mining site in Trbovlje. The presumed meteorite was characterised according to its physical properties, chemical and mineral composition using EDS analysis. Based on macroscopic characteristics and physical properties, such as external features, magnetism and density, and reaction with diluted HCl, it was established that the specimen is not a meteorite but a concretion that contains calcite. SEM/EDS analysis showed that the studied material was compositionally homogeneous. It consists predominantly of calcite, gypsum and iron sulphide. The prevailing mineral is calcite, which forms irregular grains. Iron sulphide occurs as pyrite (or marcasite), which forms thin coatings rimming calcite grains, while gypsum forms thin transitional layers between calcite grains and pyrite or marcasite crusts as a result of reaction between iron sulphide oxidation products and calcite. The matrix between grains mostly consists of very fine-grained mixture of iron sulphide, calcite, gypsum and iron sulphide oxidation products, however, fields of pure gypsum were also found between some grains. According to the composition of the concretion, it can be assumed that the specimen is a pyrite- and/or marcasite- carbonate concretion, perhaps coal ball, which most probably formed by mineralisation within peat in the early stage of coal genesis in the Trbovlje formation.

Uvod

Kot piše LENARČIČ (2009) v svoji knjigi, sta bila v Trbovljah v letih 1939 in 1947 na površinskem kopu premoga na Neži odkrita dva kosa materiala, »ki naj ne bi bil niti kamnina niti kovina«, zato so domnevali, da sta meteorita. Oba domnevna meteorita so našli pri drobljenju prikamnine iz dnevnega kopa premoga za zasipni material, pri čemer naj bi povzročila okvaro drobilca

(LENARČIČ, 2009). Prvi kos, ki je bil najden leta 1939, so podrobno pregledali različni strokovnjaki in na podlagi strukturnih značilnosti ugotovili, da naj bi šlo za meteorit temno sive do črne barve in velikosti okrog 20 cm (LENARČIČ, 2009). Primerek nam ni bil na voljo za analizo, ker njegova današnja lokacija ni znana. Po mnenju LENARČIČA (2009) naj bi bil shranjen v katerem od muzejev ali mineraloških zbirk v Ljubljani. Kot piše LENARČIČ (2009), je drugi kos, najden leta 1947,

najprej pregledal vodja rudniškega laboratorija in ugotovil, da material ni zemeljskega nastanka. Da je temno siv do črn predmet meteorit, naj bi potrdili tudi strokovnjaki Univerze v Ljubljani. Celoten primerek je najverjetneje razpadel na dva manjša dela (sl. 1a). Večji meri 17 cm v dolžino, 10 cm v širino in 12 cm v višino (LENARČIČ, 2009). Manjši pa je dimenzij 10 × 7 × 6,5 cm. Oba dela te najdbe sta shranjena v mineraloški zbirki Rudnika Trbovlje, katere skrbnica, geologinja Branka Bravec, nam je prijazno odstopila del najdbe za analizo.

V prispevku je obravnavan manjši del tega primerka domnevnega meteorita. Namen opravljene raziskave je bil določiti in opredeliti domnevni meteorit na podlagi njegovih fizikalnih lastnosti ter kemijske in mineralne sestave, določene z EDS analizo, in oceniti njegov izvor in način nastanka.

Materiali in metode

Vzorec velikosti 3,7 × 3,1 × 1,5 cm in mase 18,2 g je bil z vodno hlajeno diamantno žago odžagan od celotnega primerka dimenzij 10 × 7 × 6,5 cm z maso 493,46 g in prostornino 166 cm³ (sl. 1b). Prežagan vzorec je bil brušen s karborundom frakcij 220, 600 in 1000 v zaporednih korakih, nato pa ročno spoliran do zrcalnega sijaja z diamantno polirno suspenzijo frakcije 6 μm.

Poliran obrus je bil najprej pregledan v odsevni svetlobi z optičnim mikroskopom pri povečavah med 25× in 400×, nato pa analiziran z vrstičnim elektronskim mikroskopom (SEM) JEOL JSM 6490LV v kombinaciji z energijsko disperzijskim spektrometrom (EDS) INCA Energy v laboratoriju Geološkega zavoda Slovenije. Za boljšo prevodnost je bil vzorec neparjen s tanko plastjo ogljika in pregledan v visokem vakuumu v načinu povratno sipanih elektronov (BSE). Kvantitativna kemijska sestava vzorca je bila izmerjena s točkovno EDS analizo pri pospeševalni

napetosti 20 kV, delovni razdalji 10 mm in zajemom spektra 60 s ter 20 s za minerale neobstoje pod elektronskim snopom. Kvantificirane so bile vsebnosti kisika, žvepla, kalcija in železa, ogljik pa je bil izvzet iz analize, ker je bil vzorec neparjen z ogljikom. Mineralna sestava je bila ocenjena na podlagi atomskih razmerij sestavnih elementov, izmerjenih z EDS analizo, in s primerjavo z atomskimi razmerji sestavnih elementov v stehiometrično čistih mineralih iz baze mineralov (BARTHELMEY, 2010). Porazdelitev elementov in mineralov v vzorcu je bila določena z EDS analizo pri povečavi 500× v oknu velikosti 252 × 189 μm in linijsko EDS analizo s časom zajema podatkov 300 s. EDS analiza je bila optimizirana za kvantifikacijo s Co standardom. Kvantifikacija in korekcije EDS podatkov pa so bile opravljene z uporabo interne baze standardov in standardno ZAF korekcijo, ki sta vključeni v programski opremi INCA Energy (OXFORD INSTRUMENTS, 2006).

Rezultati in razprava

Makroskopski opis in fizikalne lastnosti

Meteoriti se od zemeljskih kamnin in materialov ločijo po določenih fizikalnih in kemijskih lastnostih. Prepoznavanje meteoritov tako temelji na več kriterijih, kot so oblikovanost zunanje površine, magnetnost in gostota ter kemijska in mineralna sestava. Zunanja površina obravnavanega primerka je dokaj gladka in nakazuje sferično obliko (sl. 1b), ki pa za večino meteoritov ni običajna. Na prelomu je razločno opazna koncentrična zgradba notranjosti primerka z laminami debelimi okrog 0,8 cm. Tudi preizkus magnetnosti z magnetom je pokazal, da primerek ni magneten, medtem ko večina meteoritov vsaj rahlo privlači magnet. Eden izmed kriterijev za prepoznavanje meteoritov je tudi gostota. Primerku je bila na podlagi mase (493,46 g) in prostornine (166 cm³) določena gostota, ki znaša 2,97 g/cm³. Za



Sl. 1. a) Oba dela domnevnega meteorita, ki je bil najden leta 1947 v Trbovljah. Raziskan je bil manjši del primerka; merilo na sliki znaša 1 cm. b) Zunanja površina domnevnega meteorita iz Trbovelj je gladka in nakazuje sferično obliko, ki ni značilna za meteorite; merilo na sliki znaša 1 cm.

Fig. 1. a) Both parts of the presumed meteorite, found in 1947 in Trbovlje. The smaller part was analysed; scale bar is 1 cm. b) Outer surface of the presumed meteorite from Trbovlje is smooth and spherical, which is not typical of meteorites; scale bar is 1 cm.

kamnite meteorite velja, da so po gostoti zelo blizu bazičnim magmatskim kamninam, saj njihova povprečna gostota znaša okrog $3,2 \text{ g/cm}^3$ (BRITT & CONSOLMAGNO, 2004). Izjema so ogljikovi hondriti s povprečno gostoto okrog $2,8 \text{ g/cm}^3$, ki pa so zelo redki in na Zemlji slabo obstojni. Kamnito-železovi meteoriti s $4,5 \text{ g/cm}^3$ in železovi meteoriti z gostoto med 7 in 8 g/cm^3 pa so še gostejši od obravnavanega primerka. Pri preizkusu s hladno 10% HCl na svežem odlomu je vzorec opazno reagiral. Na podlagi omenjenih fizikalnih lastnosti lahko sklepamo, da obravnavani primerek ni meteorit ampak, po oblikovanosti površine in koncentrični notranji zgradbi, najverjetneje konkrecija, ki vsebuje kalcit. Za natančnejšo opredelitev je bil primerek pregledan pod optičnim mikroskopom in vrstičnim elektronskim mikroskopom ter analiziran z EDS analizo.

Mikroskopski opis

V odsevni svetlobi pod optičnim mikroskopom so opazne majhne dobro sortirane kroglaste tvorbe podobne ooidom, ki so enakomerno razporejene po celotnem vzorcu. Zapolnjene so z drobnozrnatim kalcitom (mikrosparitom). Vezivo med kroglastimi tvorbami je zelo drobnozrnato, tako da ni možno prepoznati posameznih zrn niti pod najvišjo povečavo ($400\times$). Glede na relativno dobro odsevno sposobnost in močne notranje reflekse rdeče rjave barve bi lahko šlo za goethit. Nekatera večja svetlejša zrna v vezivu kažejo efekte anizotropnosti in odsevnega pleohroizma in so najverjetneje markazitna.

Zaradi omejene ločljivosti optičnega mikroskopa in drobnozrnatosti vzorca je bila uporabljena SEM/EDS analiza, s katero je bila natančneje določena kemijska in ocenjena mineralna sestava vzorca ter njegova notranja zgradba. Rezultati analize so pokazali, da primerek gradijo trije glavni minerali: kalcit, železov sulfid (pirit in/ali markazit) in sadra. Kemijska sestava glavnih mineralov in povprečna kemijska sestava vzorca, določeni z EDS analizo, sta podani v Tabeli 1.

Pod manjšo povečavo ($200\times$) je vzorec precej homogen (sl. 2a). V vzorcu so opazni obrisi enakomerno porazdeljenih večjih kroglastih zrn (sl. 2b), ki so močno prekrstaljena. Tudi povprečna kemijska sestava celotnega vzorca, izmerjena z EDS analizo 10 različnih mest pri povečavi $500\times$, je pokazala homogeno porazdelitev elementov in posledično mineralov, kar je razvidno iz nizkega standardnega odklona meritev (Tabela 1).

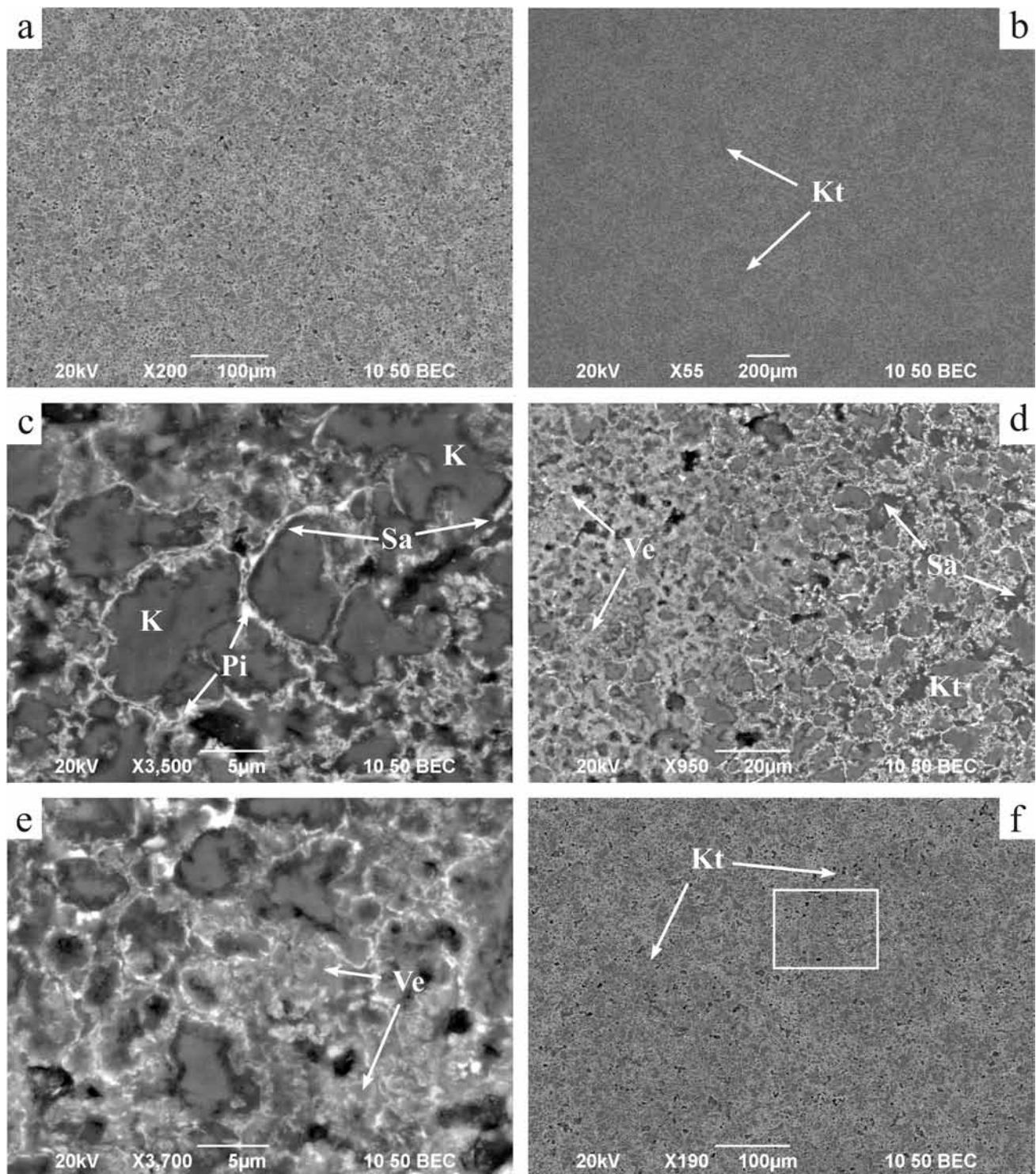
Kalcit

Kalcit (CaCO_3) je prevladujoči mineral, saj kalcitna zrna zavzemajo okrog 40% celotnega vzorca. Nastopa večinoma v obliki številnih anhedralnih zrn (sl. 2c). Povprečna velikost zrn kalcita znaša $5,7 \mu\text{m}$ in se giblje med $0,9$ in $17,5 \mu\text{m}$. Kemijska sestava kalcita, določena z EDS analizo, je pokazala, da je atomsko razmerje med sestavnima elementoma kalcijem in kisikom nekoliko nižje od atomskega razmerja v stehiometrično pravilnem kalcitu (Tabela 1). Pri tem je potrebno upoštevati, da je kvantifikacija ogljika in kisika z

Tab. 1. Elementarna sestava (n) mineralov v domnevnem meteoritu, določena z EDS analizo; utežni % (wt%), mediana (Me), razpon (min-max), standardni odklon utežnih % (σ^{wt} (%)), atomski % (at%), standardni odklon atomskih % (σ^{at} (%)). Vsebnost ogljika ni podana, ker je vzorec neparjen z ogljikom.

Tab. 1. Elemental composition of (n) minerals in presumed meteorite, measured by EDS analysis; weight % (wt%), median (Me), range (min-max), standard deviation of weight % (σ^{wt} (%)), atomic % (at%), standard deviation of atomic % (σ^{at} (%)). Carbon content is not given, since the sample is coated with carbon.

Element	wt%			at%		
	Me	min - max	σ^{wt} (%)	Me	min - max	σ^{at} (%)
Kalcit (n=8)						
O	55.98	49.34 - 59.63	3.37	77.44	73.55 - 78.71	1.87
S	3.21	0.95 - 14.43	4.96	2.23	0.65 - 9.07	3.21
Ca	34.69	26.95 - 39.93	4.57	19.48	15.09 - 22.04	2.55
Fe	1.26	0.48 - 6.61	2.56	0.50	0.19 - 2.68	0.98
Total	97.23					
Železov sulfid (n=8)						
O	31.25	24.70 - 50.61	8.80	50.53	48.56 - 64.99	5.87
S	31.89	26.03 - 40.43	4.99	27.75	16.68 - 30.42	4.73
Ca	13.42	10.62 - 18.41	2.56	8.55	7.06 - 14.45	2.45
Fe	23.42	17.74 - 28.83	3.86	10.77	9.81 - 12.35	1.03
Total	100.97					
Sadra (n=4)						
O	51.07	43.18 - 56.48	5.65	71.51	67.25 - 73.83	3.00
S	21.64	18.66 - 23.36	2.10	15.26	12.86 - 18.16	2.29
Ca	20.52	18.73 - 23.02	1.88	11.51	10.83 - 12.69	0.87
Fe	4.19	2.76 - 6.62	1.76	1.73	1.09 - 2.95	0.87
Total	97.42					
Povprečna sest. (n=10)						
O	51.74	46.59 - 55.41	3.20	71.77	70.06 - 72.79	0.82
S	17.75	16.70 - 18.72	0.55	12.34	11.61 - 13.64	0.60
Ca	18.36	16.85 - 19.65	0.83	10.16	9.83 - 10.71	0.30
Fe	14.55	13.00 - 15.64	0.81	5.78	5.39 - 6.32	0.26
Total	102.17					



Sl. 2. SEM (BSE) posnetki domnevnega meteorita iz Trbovelj. a) Pod manjšo povečavo je analiziran vzorec precej homogen. b) V delu vzorca so opazni obrisi kroglastih zrn (Kt). c) Kalcit (K, sivo) je prevladujoči mineral v obliki nepravilno oblikovanih anedralnih zrn, ki so obdana s tankimi skorjami pirita in/ali markazita (Pi, belo). Sadra (Sa, temno sivo) predstavlja prehod med kalcitom in železovim sulfidom. d) Detajl kroglastega zrna (Kt) z okrog 70 µm debelih sten. Vezivo med zrn (Ve) je zelo drobnozrnata mešanica kalcita, železovega sulfida, sadre in produktov oksidacije železovega sulfida, v kroglastih zrnih pa ga nadomešča čista sadra (Sa). e) Detajl veziva med zrn (Ve). f) Kroglasta zrna (Kt) so prekristaljena in imajo povprečen premer 253 µm. Pravokotnik označuje območje slike 1d.

Fig. 2. SEM (BSE) images of presumed meteorite from Trbovlje. a) The analysed sample is rather homogeneous under low magnification. b) Larger spherical grains (Kt) can be seen in one part of the sample. c) Calcite (K, gray) is the prevailing mineral forming irregularly shaped anhedral grains, rimmed by thin pyrite and/or marcasite coatings (Pi, white). Gypsum (Sa, dark gray) occurs at the boundaries between calcite grains and iron sulphide. d) Detail of spherical grain (Kt) with 70 µm thick walls. The matrix between grains (Ve) is a very fine-grained mixture of calcite, iron sulphide, gypsum and iron sulphide oxidation products, commonly replaced by pure gypsum (Sa) inside spherical grains. e) Detail of the matrix between grains (Ve). f) Spherical grains (Kt) are recrystallised, with an average diameter of 253 µm. The rectangle marks the area of figure 1d.

EDS analizo običajno zelo težavna saj sta oba elementa prisotna tako v analiziranih mineralih kot v t.i. kontaminacijski plasti, ki je adsorbirana na površini vzorca. Posledično je vsebnost kisika v analiziranem mineralu običajno višja od vsebnosti v stehiometričnem mineralu. Vsebnost ogljika v Tabeli 1 ni podana, ker je bil vzorec neparjen z ogljikom. EDS analiza kalcitnih zrn je pokazala tudi manjše vsebnosti železa in žvepla (Tabela 1), ki najverjetneje izvirata iz sosednjega železovega sulfida in sadre. Prostornine zrn kalcita so namreč večinoma manjše od interakcijskega volumna snopa elektronov, zaradi česar lahko pride do prekrivanja snopa elektronov s sosednjimi minerali in posledično do emisije signalov iz njihovih sestavnih elementov (BARKER & FOURNELLE, 1996).

Železov sulfid

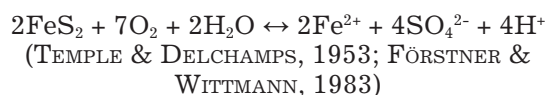
Približno 10 % celotnega vzorca zapolnjuje železov sulfid (FeS₂). Pojavlja se v obliki tankih prevlek piritu in/ali markazita, ki obdajajo kalcitna zrna in tvorijo skorjasto teksturo (sl. 2c). Debelina skorij železovega sulfida se giblje med 0,1 in 0,3 μm ter v povprečju znaša 0,2 μm. EDS analiza sulfidnih skorij je poleg železa in žvepla pokazala še višjo vsebnost kalcija in kisika (Tabela 1). Iz atomskega razmerja med žveplom in železom lahko ugotovimo, da je žvepla v analiziranem železovem sulfidu nekoliko več kot v stehiometrično čistem piritu in/ali markazitu. Prebitek žvepla, kalcij in kisik najverjetneje izvirajo iz sadre, ki je prisotna v okolici analiziranega železovega sulfida, saj atomska razmerja med temi elementi dokaj dobro odgovarjajo stehiometrični sadri. Preostali kisik je lahko tudi posledica nepopolne oksidacije železovega sulfida.

Sadra

Podobno kot železov sulfid, je tudi sadra (CaSO₄ · 2H₂O) zastopana s približno 10 % v celotnem vzorcu. Sadra nastopa v obliki tankih prehodnih plasti, ki se pojavljajo na mejah med kalcitnimi zrnji in skorjami železovega sulfida (sl. 2c) ter kot vezivo, ki ponekod zapolnjuje prazne prostore med posameznimi kalcitnimi zrnji (sl. 2d). Debelina prehodnih plasti sadre okrog zrn kalcita se gibljejo med 0,2 in 0,4 μm, v povprečju 0,3 μm. Sadra je po kemijski sestavi, določeni z EDS analizo z daljšim časom zajema spektra (60 s), zelo podobna anhidritu. Zaradi strukturno vezane vode je sadra namreč zelo nestabilna pod elektronskim snopom (OSINSKI & SPRAY, 2003). Med točkovno analizo sadre strukturno vezana voda postopoma izpari in sadra preide v anhidrit. Kljub temu je EDS analiza sadre v medzrnskih prostorih s krajšim zajemom spektra (20 s) dala zelo dobre rezultate. Iz teh je razvidna manjša vsebnost železa (Tabela 1), ki je najverjetneje posledica bližine železovega sulfida. Tudi manjši del vsebnosti žvepla izvira iz sosednjega sulfida. Ob upoštevanju teh dejstev, lahko ugotovimo, da atomska razmerja med kalcijem, žveplom in kisikom zelo dobro odgovarjajo stehiometrični sadri. Poleg kemijske sestave je potrebno pri prepoznavanju sadre upoštevati tudi

druge fizikalno-kemijske lastnosti mineralov, kot sta gostota in povprečno atomsko število. Sadra ima namreč zaradi vsebnosti vode manjšo gostoto in manjše povprečno atomsko število od anhidrita in kalcita, kar ustvari kontrast v odbojni sposobnosti BSE elektronov v teh mineralih. Sadra je tako v BSE načinu temnejša od anhidrita in kalcita, medtem ko je anhidrit običajno svetlejši od kalcita (OSINSKI & SPRAY, 2003), kar je opazno tudi v analiziranem vzorcu (sl. 2d).

Sadra v obravnavanem primerku je najverjetneje nastala pri reakciji med žveplovo kislino, ki je produkt oksidacije železovega sulfida, in kalcitom. Železov sulfid ob prisotnosti vode najprej oksidira v železov sulfat in žveplovo kislino. Slednja reagira s kalcitom in vodo v sadro in ogljikov dioksid. Pretvorba kalcita v sadro ob prisotnosti železovega sulfida običajno poteka po dveh reakcijah:

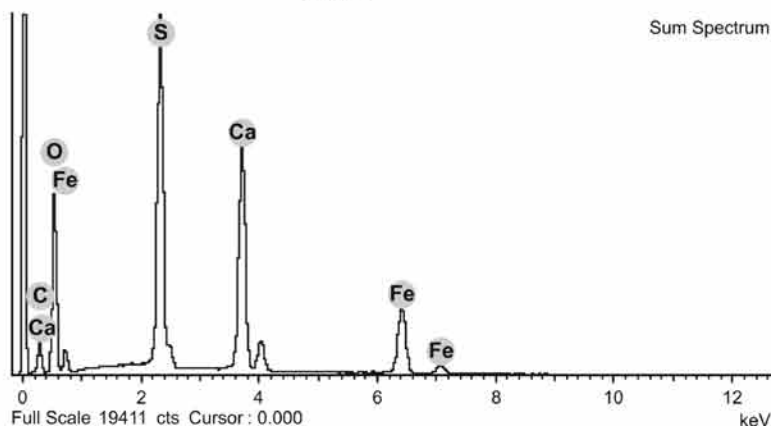
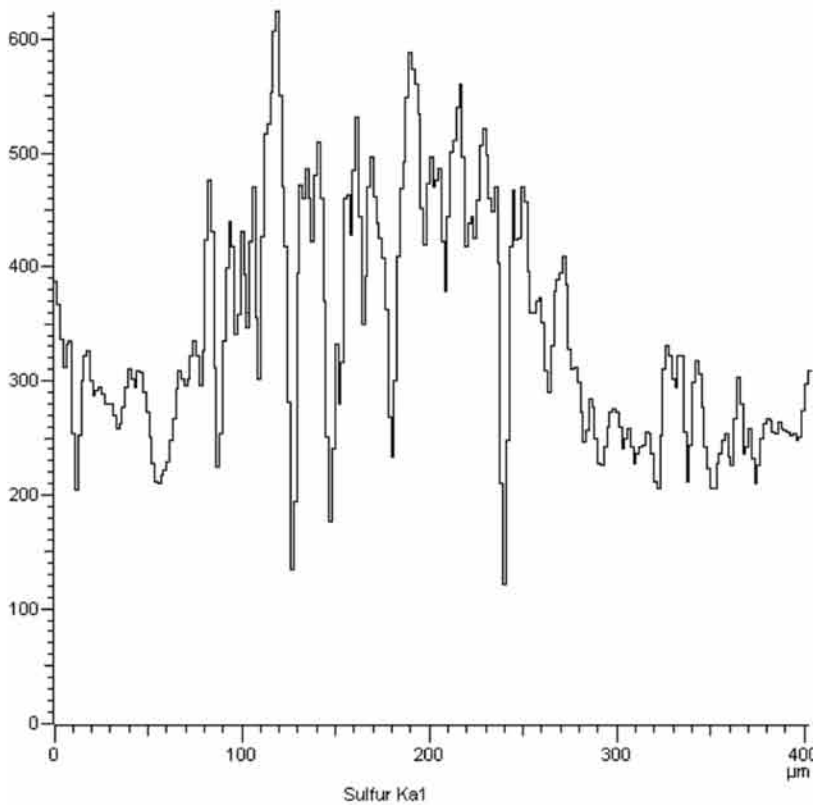
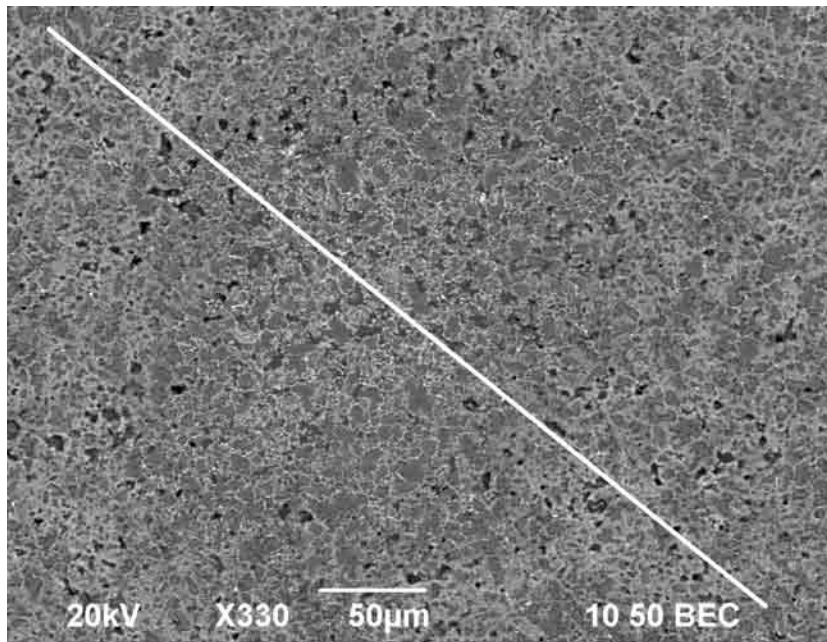


Vezivo

Vezivo zapolnjuje približno 40 % celotnega vzorca. Vezivo med zrnji (sl. 2e) je večinoma zelo drobnozrnato. Njegova kemijska sestava je podobna povprečni sestavi celotnega vzorca (Tabela 1). Povprečna kemijska sestava veziva, določena z EDS analizo, ne ustreza nobenemu izmed znanih mineralov zato lahko sklepamo, da je vezivo najverjetneje sestavljeno iz kompleksne mešanice kalcita, železovega sulfida, sadre in produktov oksidacije železovega sulfida. Ocenjujemo, da je vezivo sestavljeno iz približno 60 % kalcita, 35 % železovega sulfida in 5 % sadre. Poleg tega je potrebno upoštevati, da je del železovega sulfida oksidiral v železov oksihidroksi sulfat. Ponekod, predvsem znotraj večjih kroglastih zrn, pa vezivo nadomešča čista sadra (sl. 2d).

Kroglaste tvorbe

Večje prekrstaljene kroglaste tvorbe (sl. 2f) imajo povprečen premer 253 μm, ki se giblje med 206 in 304 μm. Kroglice so zgrajene iz okrog 70 μm debelih kroglastih sten, njihova notranjost pa je sestavljena iz podobnega materiala kot preostali del vzorca (sl. 2d). Za razliko od preostalega vzorca so minerali, ki zapolnjujejo notranjost kroglic, kemijsko bolj čisti. Zrna kalcita so tako obdana s skorjami čistega železovega sulfida, vmesne prostore med kalcitnimi zrnji in skorjami železovega sulfida pa večinoma zapolnjujejo polja čiste sadre in tako nadomeščajo vezivo iz mešanice železovega sulfida, kalcita in sadre. Linijska EDS analiza (sl. 3) je pokazala tudi povišano vsebnost žvepla v notranjosti kroglic, kar je najverjetneje posledica prisotnosti večje količine sadre in železovega sulfida. Ker so kroglasta zrna močno prekrstaljena, ni bilo možno ugotoviti ali gre za prvotno organske ali anorganske tvorbe.



Sl. 3.
SEM (BSE) posnetek kroglastega zrna.
Črta na posnetku označuje območje linijske EDS analize. Graf v sredini prikazuje spreminjanje relativne vsebnosti žvepla preko analiziranega zrna. V EDS spektru (dno slike) je poleg izrazite spektralne linije za žveplo razločno opazna prisotnost kalcija in železa. Povišana vsebnost žvepla znotraj kroglastega zrna je tako najverjetneje posledica prisotnosti večje količine sadre in železovega sulfida.

Fig. 3.
SEM (BSE) image of the spherical grain.
Line on the image marks the area of EDS line analysis. Graph in the centre shows variations in the relative sulphur content across the analysed grain. In the EDS spectrum (bottom), calcium and iron peaks can be observed besides a distinctive sulphur spectral line. Elevated sulphur content within the spherical grain thus most probably reflects higher contents of gypsum and iron sulphide.

Izvor in nastanek

Ob upoštevanju makroskopskih značilnosti, kemijske in mineralne sestave ter notranje zgradbe vzorca sklepamo, da primerek ni meteorit ampak piritno in/ali markazitno kalcitna konkrecija.

Karbonatne konkrecije se lahko pojavljajo tako v samem premogu kot v krovni oziroma prikamnini premoga (McCULLOUGH, 1977). Če konkrecije v premogu vsebujejo vidne rastlinske ostanke, lahko tudi v obliki mineralnih psevdomorfov, jih imenujemo premogove krogle (ang. coal balls).

Premogove krogle so znane predvsem iz evropskih in severnoameriških premogov zgornje karbonske starosti in kitajskih premogov permske starosti, ki so v večini primerov nastale v močvirnem okolju z občasnimi vplivi bližnjega morja (SCOTT, 2003). Opisane pa so bile tudi mlajše karbonatne konkrecije iz oligocensko-pliocenskega lignita (YUMING et al., 1987) ter sulfatno-karbonatne konkrecije iz rjavega premoga neogenske starosti (YUMING et al., 1985) iz južnega dela Kitajske, katerih nastanek je bil pogojen z dotokom karbonatnih mineralizacijskih raztopin iz sedimentov plitvega jezera. V večini od teh paleozojskih in kenozojskih premogovih krogel so našli relativno dobro ohranjene mineralizirane rastlinske ostanke. Premogove krogle so običajno zgodnjediagenetske subsferične karbonatne konkrecije, ki nastanejo v zgodnji fazi nastanka premoga v šotnem močvirju in vsebujejo mineralizirane rastlinske ostanke. Rastlinski ostanki v šoti so lahko zaradi spremenljivih pogojev v sedimentacijskem bazenu pred mineralizacijo doživeli različno stopnjo razgradnje, pri čemer so se njihove strukture delno ali popolnoma zbrisale (PERKINS, 1976; McCULLOUGH, 1977). Za karbonatne premogove krogle je značilno, da lahko vsebujejo tudi do okrog 90 % kalcita in skoraj 8 % pirita, saj so nastale večinoma v anoksičnih pogojih. Zaradi vsebnosti pirita imajo relativno visoko gostoto ($2,7 \text{ g/cm}^3$) v primerjavi s konkrecijami iz krovnine (McCULLOUGH, 1977).

Za karbonatne konkrecije v krovniških plasteh premogov zgornjekarbonske starosti (Allegheny series) večinoma velja, da so nastale v morskem sedimentu v nekoliko globljem in mirnem okolju v času zgodnje diageneze (McCULLOUGH, 1977). Nastale so z obarjanjem kalcijevega karbonata iz medzrnskih raztopin, katerih izvor je bila najverjetneje morska voda, okrog jeder. Jedra predstavljajo petrificirani rastlinski ostanki, lupine školjk ali fragmenti kamnin. Do obarjanja karbonata je najverjetneje prišlo zaradi lokalnih sprememb v pH (zvišanje pH), kot posledica povišanja koncentracije amoniaka okrog jeder konkrecij zaradi razgradnje organske snovi (WEEKS, 1957; HORNE & TAYLOR, 1969). Konkrecije iz krovnine lahko vsebujejo ohranjene fosilne ostanke trdnejših skeletov organizmov, pogoste pa so tudi septarijske razpoke, ki so nastale med primarno cementacijo (McCULLOUGH, 1977). Karbonatne konkrecije iz krovnine večinoma gradijo kalcit, glineni minerali in kremen ter le malo pi-

rita. Zaradi manjše količine pirita imajo te konkrecije relativno nižjo gostoto ($2,4 \text{ g/cm}^3$) kot premogove krogle (McCULLOUGH, 1977).

Konkrecije, ki se pojavljajo v trboveljskem premogu, so po sestavi večinoma sideritne, kremenove, kalcitne in sulfidne. Nastopajo predvsem v obliki jalovih vložkov, ki poleg tufskih, glinastih in karbonatnih plasti delijo premogovo plast v več odsekov (KUŠČER, 1967; KOČEVAR, 1991; UHAN, 1995; HAFNER, 2001). Po podatkih dolgoletnega sodelavca Rudnika Trbovlje geologa Goceta Mitrevskega (ustno sporočilo, 2011) karbonatnih konkrecij v krovni premogovega sloja v trboveljskem rudniku doslej niso našli.

V primeru nastanka premogovega sloja v Trboveljski formaciji se je pri prehodu iz močvirskega v jezersko sedimentacijsko okolje nad šoto pričel odlagati lapor (HAFNER, 2001), ki je najverjetneje predstavljal tudi vir karbonatnih mineralizacijskih raztopin. Raztopine so impregnirale šotni material in pod ustreznimi kemijskimi pogoji (višji pH, nižji Eh) (PERKINS, 1976) so s precipitacijo kalcita in železovega sulfida nastale karbonatne konkrecije bogate s piritom in/ali markazitom. Zaradi izrazite prekrystalizacije in piritizacije v pozni diagenezi (CROSS & KOSANKE, 1995) so se prvotne notranje strukture konkrecij najverjetneje močno spremenile in zbrisale.

Glede na makroskopske značilnosti, fizikalne lastnosti in mineralno sestavo (pretežno kalcit in železov sulfid) lahko sklepamo, da je obravnavana piritno in/ali markazitno karbonatna konkrecija lahko t.i. premogova krogla (ang. coal ball), ki je bila tako močno prekrystaljena, da se njena notranja struktura ni ohranila. Strukturno rastlinskega izvora bi lahko predstavljale zelo močno prekrystaljene, in zato težko opazne, kroglaste tvorbe znotraj konkrecije.

Zaključki

Z izvedenimi raziskavami smo opredelili domnevni meteorit glede na njegove makroskopske značilnosti in fizikalne lastnosti, ocenili njegovo kvantitativno kemijsko in mineralno sestavo s SEM/EDS ter ocenili njegov izvor in nastanek. Na podlagi značilnosti preiskanega primerka, kot so zunanja oblika, nemagnetnost, gostota in reakcija z razredčeno (10 %) HCl, smo ovrgli domnevo, da gre za meteorit in ugotovili, da je primerek konkrecija, ki vsebuje kalcit. Nadaljnje raziskave s SEM/EDS so pokazale, da je vzorec relativno homogen in sestavljen iz prevladujočih nepravilno oblikovanih kalcitnih zrn, ki so obdana s skorjami pirita in/ali markazita in vmesnimi plastmi sadre, ter veziva iz zelo drobnozrnate mešanice kalcita, železovega sulfida, sadre in produktov oksidacije železovega sulfida. Kemijska sestava veziva je podobna povprečni kemijski sestavi celotnega vzorca. Na podlagi mineralne sestave smo ocenili, da je obravnavani primerek piritno in/ali markazitno kalcitna konkrecija, verjetno t.i. premogova krogla, ki je nastala s karbonatno

mineralizacijo znotraj šote v zgodnji diagenezi premoga v šotnem močvirju in je bila kasneje tako prekristaljena, da njena notranja struktura skoraj ni več razločljiva.

Zahvala

Raziskava je bila izvedena v okviru raziskovalnega programa Podzemne vode in geokemija (P1-0020), ki ga financira Agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS). Avtorji se zahvaljujejo Rudniku Trbovlje, posebej skrbnici mineraloške zbirke, geologinji Branki Bravec, ki je prijazno odstopila del primerka za analizo, dolgoletnemu vodji geološke službe v zasavskih premogovnikih Gočetu Mitrevskemu za nekatera koristna pojasnila o konkretijah v zasavskem premogu in njegovi krovlini, ter tehničnemu sodelavcu Mladenu Štumergarju za pomoč pri izdelavi poliranega obrusa.

Literatura

- BARKER, W. & FOURNELLE, J. 1996: X-ray Compositional MicroAnalysis: EDS and WDS, Chapter 9 of *Electron Microscopy: Theory and Practice*. University of Wisconsin - Madison: 1-12.
- BARTHELMY, D. 2010: The Mineralogy Database [online]. [citirano 8. 6. 2011]. Dostopno na svetovnem spletu: < <http://webmineral.com/> >
- BRITT, D. T. & CONSOLMAGNO, G. J. 2004: Meteorite porosities and densities: A review of trends in the data. *Lunar and Planetary Science XXXV*: 2108.pdf.
- CROSS, A. T. & KOSANKE, R. M. 1995: History and development of Carboniferous palynology in North America during early and middle twentieth century. In: LYONS, P. C., DARRAH, W. C., MOREY, E. D. & WAGNER, R. H. (eds.): *Historical Perspective of Early Twentieth Century Carboniferous Paleobotany in North America*. Geological Society of America: 353-387.
- FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W. 1983: *Metal pollution in the aquatic environment*. Springer-Verlag (Berlin, New York): 486 p.
- HAFNER, G. 2001: Sedimentološke značilnosti trboveljskih plasti. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Ljubljana: 105 p.
- HORNE, R. R. & TAYLOR, B. J. 1969: Calcareous concretions in the lower Cretaceous sediments of south-eastern Alexander Island. *British Antarctic Survey Bulletin*, 21: 19-32.
- KOČEVAR, H. 1991: Vpliv pepela z odlagališča Termoelektrarne Trbovlje na okolje. Magistrska naloga, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana: 124 p.
- KUŠČER, D. 1967: Zagorski terciar. *Geologija*, 10: 5-85.
- LENARČIČ, T. 2009: Trbovlje – po dolgem in počez. Tiskarna Tori (Trbovlje): 344 p.
- MCCULLOUGH, L. A. 1977: Early diagenetic calcareous coal balls and roof shale concretions from the Pennsylvanian (Allegheny series). *Ohio Journal of Science*, 77/3: 125-134.
- MERMUT, A. R. & KHADEMI, H. 2005: Gypsum formation in gypsic soils. In: LAL, R. (ed.): *Encyclopedia of soil science*, druga izdaja. CRC: 800-804.
- OSINSKI, G. R. & SPRAY, J. G. 2003: Evidence for the shock melting of sulfates from the Haughton impact structure, Arctic Canada. *Earth and Planetary Science Letters*, 215: 357-370.
- OXFORD INSTRUMENTS 2006: *INCA Energy Operator Manual*. Oxford Instruments Analytical Ltd. (High Wycombe): 84 p.
- PERKINS, T. W. 1976: Textures and conditions of formation of Middle Pennsylvanian coal balls, Central United States. *The University of Kansas. Paleontological contributions*, članek št. 82: 1-13.
- SCOTT, A. C. 2003: Coal balls. In: MIDDLETON, V. (ed.): *Encyclopedia of sediments and sedimentary rocks*. Springer (Dordrecht): 146-149.
- TEMPLE, K. L. & DELCHAMPS, E. W. 1953: Autotrophic bacteria and the formation of acid in bituminous coal mines. *Applied microbiology*, 255-258.
- UHAN, J. 1996: Metodološki prispevek h geokemični razčlenitvi premogovih plasti. *Geologija*, 37/38 (1994/95): 305-319.
- WEEKS, L. G. 1957: Origin of carbonate concretions in shales, Magdalena Valley, Colombia. *Bulletin Geological Society of America*, 68/1: 95-102.
- YUMING, T., GELIN, P., JINGXIA, S. & CHENGLONG, S. 1987: Characteristics and geological significance of siliceous carbonate coal balls in tertiary deposits of the Cenozoic coal accumulation belt in South China. *Acta Sedimentologica Sinica* 4: ISSN:1000-0550.0.1987-04-004.
- YUMING, T., GELIN, P. & JINGXIA, S. 1985: Discovery and significance of sulfate coal ball in neogene sediments of Yiliang, Yunnan province. *Geotectonica Et Metallogenia*, 1: ISSN:1001-1552.0.1985-01-006

Geochemical investigation of Sasa tailings dam material and its influence on the Lake Kalimanci surficial sediments (Republic of Macedonia) – preliminary study

Geokemične raziskave jalovinskega materiala rudišča Sasa ter njegov vpliv na sedimente Kameniškega jezera (Republika Makedonija) – preliminarna študija

Petra VRHOVNIK¹, Nastja ROGAN ŠMUC¹, Tadej DOLENEC¹, Todor SERAFIMOVSKI², Goran TASEV²
& Matej DOLENEC¹

¹Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Department of Geology,
Aškerčeva cesta 12, 1000 Ljubljana, Slovenia

²Faculty of Mining, Geology and Polytechnics, University “Goce Delčev – Štip”, Goce Delčev 89, 2000 Štip,
Macedonia

Prejeto / Received 15. 6. 2011; Sprejeto / Accepted 31. 8. 2011

Key words: Sasa Mine, tailings dam, toxic metals, environmental pollution, Lake Kalimanci
Ključne besede: Rudnik Sasa, jalovišče, težke kovine, onesnaženje okolja, Kameniško jezero

Abstract

This research is aimed at investigating the mineralogical characteristics of the tailings material and heavy metal contents of the tailings material deposited close to the Sasa Pb-Zn Mine in the Osogovo Mountains (eastern Macedonia) and on its possible impact on Lake Kalimanci. The mineral composition of Sasa Mine tailings material is dominated by quartz, pyrite, galena, sphalerite, magnetite and others. Geochemical analysis was performed in a certified commercial laboratory for the following elements: Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As, Cd, Sb, Bi, Ag, Al, Fe, Mn, S. Analysis revealed very high concentrations of toxic metals in the tailing material – with average values [mg kg⁻¹]: Mo 2.9, Cu 279, Pb 3975, Zn 5320, Ni 30, As 69, Cd 84, Sb 4.2, Bi 9.4 and Ag 4.1. The multi-element contamination of Sasa Mine tailings material was assigned a pollution index greater of 15, indicating that the tailings material from Sasa Mine contains very high amounts of toxic metals and represents a high environmental risk for surrounding ecosystems. For this reason the influence of discharged tailings dam material into Lake Kalimanci which lies approximately 12 km lower than Sasa Mine, was also established. Calculated pollution index values for Lake Kalimanci sediments vary from 21 to 65 and for Sasa mine surficial tailings dam material from 15 to 60.

Izvleček

Raziskava se osredotoča na mineraloško sestavo in vsebnost težkih kovin v jalovišču svinčevo-cinkovega rudišča Sasa, ki se nahaja v Osogovskih planinah (vzhodna Makedonija); kot tudi na vplive rudarjenja na bližnje Kameniško jezero. Mineralno združbo jalovinskega materiala rudišča Sasa v večini sestavljajo kremen, pirit, galenit, sfalerit, magnetit in drugi minerali. Povprečne koncentracije izbranih elementov v površinskem jalovinskem materialu so [mg kg⁻¹]: Mo 2.9, Cu 279, Pb 3975, Zn 5320, Ni 30, As 69, Cd 84, Sb 4.2, Bi 9.4 in Ag 4.1. Za območje jalovišča, kot tudi za 12 km oddaljene površinske sedimente Kameniškega jezera je bil izračunan indeks onesnaženja (pollution index – PI), njegov razpon v površinskem jalovinskem materialu je od 15 do 60 in v površinskih sedimentih Kameniškega jezera od 21 do 65. Visoke koncentracije težkih kovin ter izračunan faktor obogatenja kažeta na močno onesnaženje obeh območij, kar predstavlja veliko tveganje za bližnje ekosisteme.

Introduction

Mining is one of the most important global industrial activities, occurring in almost every part of the world. A significant concern facing any mining area is the disposal of wastes produced during the mining, milling and smelting of ore minerals (MOORE & LUOMA, 1990; LAMBORS, 1994), because of the possibility of toxic metals entering the environment. Through ore extraction and

manufacturing at almost every metal mine site large amounts of waste material are being produced. Tailing material from mining activities is stored in special tailings dams (ROGAN ŠMUC et al., 2009), of which at least 3500 currently exist worldwide (DAVIES & MARTIN, 2000), ranging from a few to thousands of hectares in size. Because of their scale and composition, they usually have a negative effect on the surrounding area. Public concern regarding the risk and potential impact

on the surrounding environment caused by tailings dams has been growing since the first known occurrence of such incidents.

Composed of finely-ground rock particles with no particular economic value and mixed with water, tailings dams are supposed to last forever, but since 1970 there have been more than 35 major failures reported around the world (DIEHL, 2001; GÖRANSSON et al. 2001; GRIMALT et al. 1999; UNEP/OCHA, 2000). In 2003 such a major environmental disaster took place at Sasa Mine tailings dam. Tailings material from end of dam No. 3 and beginning of No. 4 collapsed and caused an intensive flow through the Kamenica River valley into Lake Kalimanci, with around 70,000 to 100,000 m³ of tailing material discharged into the surrounding ecosystem. Tailing material contains a large amount of toxic metals (DOLENEC et al, unpublished) and as such can seriously affect the surrounding environment.

Involving a detailed preliminary search and re-evaluation of known historical research, here we present a study of the mineralogical and geochemical signature of tailings dam material. Both the mineralogical composition and total toxic metal concentration (Ag, As, Cd, Cu, Mo, Pb, Sb, Bi, Zn, Ni, Al, Fe, Mn) of the surficial material from the Sasa tailings dam are defined, with an environmental assessment of the 2003 failure of Sasa tailings dam also provided.

Materials and methods

Study area

Sasa Mine is located at an altitude of around 2000 m in the Osogovo Mountains, near the small town of Makedonska Kamenica in eastern Macedonia (Fig. 1). Part of the Serbo-Macedonian Massif, the area is comprised of highly metamorphic rocks containing gneiss, micas, amphibolites and schist. These rocks are paragenetically related to subvolcanic intrusions which are a product of tertiary calc-alkaline magmas and as a result there are also subvolcanic equivalents present which in dykes form favourable conditions for ore deposition. Sasa Mine has established itself as one of the largest ore districts within the Besna Kobila Osogovo Tassos metallogenetic zone, within which the volcanic rocks are predominantly dacites, quartzlatites and andesites. The Sasa-Toranica zone has experienced hydrothermal alteration processes which have resulted in the creation of new mineral assemblages: quartz, orthoclase, coloured minerals (epidote, chlorite, carbonates) and accessory minerals (apatite, zircon and sphene). The typical mineral assemblage in the Sasa Mine area also includes several ore minerals: pyrite, galena, sphalerite, as well as occasional chalcopyrite and traces of ceruzite, anglesite and malachite (TASEV et al., 2005).

The important Pb and Zn ore bodies are usually found in quartz-muscovite-graphitic schists but also in greenschists and marbles. With Sasa's

ore field occupying an area of about 80 km², Sasa Mine was in production for over 45 years, annually yielding around 90,000 tonnes of Pb-Zn high-quality concentrate (SERAFIMOVSKI et al., 2005). After the first geological surveys of Sasa Mine began in 1954, by 1966 the mine had an annual production capacity of 300,000 tonnes of material using the underground method. From 1979 to 2003 it produced a collective concentrate, with annual production reaching about 625,000 tonnes of material. Total ore production is estimated at 20 Mt, with concentrate grading at 10 % Zn, Pb and 30-35 g/t Ag. The average annual production of approximately 450,000 tonnes continued uninterrupted until the mine closed in 2003.

The tailings material from Sasa Mine is located between the mine and Lake Kalimanci. Deposited near the Kamenica River, it therefore poses a severe threat in terms of metal pollution to the surrounding area, as well as to areas further downstream towards both the river and the lake. The tailings dam at Sasa Mine is divided into four parts, representing an approximate total volume of 15,000,000 m³. The first three tailings are abandoned, but tailing No. 4 is still in production, with half of its projected capacity of 2,000,000 m³ currently met.

Sampling and sample preparation

Six surficial samples from Sasa tailings dam (No. 3 (H-1, H-2, H-3) and beginning of No. 4 (H-4, H-5, H-6)) were taken in October 2003, with the chosen sampling locations forming a profile along the dam from N to SE (Fig. 2). Surficial tailings dam material is composed chiefly of grey brown grinded Pb-Zn ores with grinded background rocks. Sandy samples were collected in plastic bags and stored in the laboratory at 4 °C, before being dried at 50 °C for 48 hours. Samples were then sieved through a 0.315 mm polyethylene sieve and homogenised in a mechanical agate grinder to a fine powder for further analysis. Seven samples of surface sediments were collected from Lake Kalimanci in September 2008 in transversal profiles (marked with roman numerals on Fig. 2). Measured pH in lake sediments is ranged from 5.5 to 7.5. Sampling was performed during a dry period (no precipitation – summer season) when the lake was empty. Surficial lake samples are composed of sand, silt and organic matter, and were collected with a plastic spade, transferred to pre-cleaned plastic bags, and stored in the laboratory at 4 °C. After collection, the samples were oven dried before dry sieving at a temperature of 50 °C for 48 hours until a constant weight was attained. Samples were sieved through a 0.315 mm polyethylene sieve to remove plant debris homogenised by mechanical agate grinder to a fine powder for subsequent analysis.

Analysis

Mineralogy of the surficial samples was determined at the Department of Geology, Ljubljana

of the most important minerals in the Sasa ore district, were not found in all samples as was expected. One explanation for this may have been because samples were collected from the upper oxidation section, where reduction minerals are absent. In addition, SERAFIMOVSKI et al. (2006) reported that in the Zletovo ore district, located near the Sasa mine, sphalerite is usually found only in a few generations and is sometimes interstitially replaced by quartz, galena and other minerals.

The Serbo-Macedonian Massif is mostly metamorphic, with typically highly metamorphic rocks such as gneiss, micas, amphibolites and schist. This explains why XRD analysis showed (Table 1) mainly those minerals present in metamorphic rocks (quartz, calcite, mica, cordierite, epidote). Evidence was also found for the presence of clinopyroxenes, which are monoclinic and contain Ca, Na, Al, Fe³⁺ or Li. Because of local hydrothermal processes, rocks of the Serbo-Macedonian Massif contain large amounts of lead, zinc, aluminium, iron, copper, manganese and other elements which are bound into different minerals such as pyrite, sphalerite, galena and magnetite.

Table 1. Results of XRD analysis.

Tabela 1. Rezultati rentgenske analize.

Minerals	Samples					
	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6
Quartz – SiO ₂	●	●	●	●	●	●
Calcite – CaCO ₃	●	●	●	●	●	
Sphalerite – (Zn, Fe ²⁺)S	●	●		●		●
Chlinochlore – (Mg, Fe ²⁺) ₃ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₃	●	●	●		●	●
Mica – KAl ₂ /K(Mg, Fe ²⁺) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH,F) ₂	●	●	●	●	●	●
Cordierite – (Mg, Fe) ₂ Al ₄ Si ₃ O ₁₈	●	●	●	●	●	●
Clinopyroxenes – X ₂ Si ₂ O ₆ (x=Ca, Na, Al, Fe ³⁺ , Li)		●			●	●
Epidote – Ca ₂ (Al,Fe ³⁺) ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)	●	●	●	●		●
Pyrite – FeS ₂			●			
Magnetite – Fe ³⁺ Fe ₂ ⁺² O ₄				●		
Galena – PbS				●		
Hematite – Fe ₂ O ₃				●		
Chlorite – (Mg, Fe, Mn, Al) ₄₋₆ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH, O) ₈				●		

Table 2. Concentrations of different elements and pollution index values in Sasa surficial tailings dam material.

Tabela 2. Vsebnosti izbranih elementov in vrednosti indeksa onesnaženja v površinskem jalovinskem materialu rudišča Sasa.

Samples	Mo mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	As mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Sb mg kg ⁻¹	Bi mg kg ⁻¹	Ag mg kg ⁻¹	Al %	Fe %	Mn %	S %	PI /
H – 1	2.9	188	3752	6092	28	54	53	2.5	6.7	2.8	4.6	12	1.6	4.4	19.23
H – 2	3.4	164	4573	3709	29	64	32	7.9	5.9	2.9	4.7	112	1.6	4.2	15.83
H – 3	2.7	244	5657	9747	32	49	81	3.6	12	3.7	4.9	11	1.5	4.8	29.13
H – 4	3.0	641	>10000	>10000	35	72	234	5.0	15	8.2	4.6	14	1.8	6.8	59.53
H – 5	2.7	213	4775	5761	29	85	48	3.0	6.0	3.1	4.9	12	1.5	4.2	20.27
H – 6	2.9	226	4995	6512	30	91	58	3.0	10	3.7	4.8	12	1.6	4.7	22.59
Mean	2.9	279	3975	5320	30	69	84	4.2	9.4	4.1	4.8	12	1.6	4.9	27.76
*	10	60	85	200	50	20	1	/	/	/	/	/	/	/	/

*Permissible level of heavy metal content – Ur. list RS 68/96.

Geochemistry and statistics of Sasa tailings dam

Results of toxic metal (Ag, As, Cd, Cu, Mo, Pb, Sb, Bi, Zn, Ni, Al, Fe, Mn) and sulphur (S) content analysis are given in Table 2.

If the average concentrations of examined elements from Sasa tailings dam are compared with average concentrations (Ag 16 mg kg⁻¹, As 7.1 mg kg⁻¹, Cd 56 mg kg⁻¹, Cu 2.5 mg kg⁻¹, Mn 730 mg kg⁻¹, Ni 29 mg kg⁻¹, Pb 172 mg kg⁻¹, Sb 62 mg kg⁻¹, Zn 1.7 mg kg⁻¹ and Fe 8.7 %) from Barroca Grande tailings dam (ÁVILA et al., 2008), it can be seen that concentrations of almost all toxic metals are much higher in surficial material from Sasa tailings dam. However, in both cases, toxic metals concentrations exceed the permissible levels adopted by the National Environmental Protection Agency of Slovenia (UR. LIST RS 68/96).

To identify multi-element contamination of the investigated material that may increase overall metal toxicity (NISHIDA et al., 1982), the pollution index (PI) of samples was calculated. PI is computed by averaging the ratio of the total concentration of toxic metals to the assumed permissible level of metals (JUNG, 2001), in this study represented by equation (1):

$$PI = (\sum(\text{Total conc. of element} / \text{Tolerable level of element})) / \text{Number of elements} \quad (1)$$

A PI value of greater than 1, indicates that, on average, toxic metal concentrations are higher than permissible levels (KIM et al., 2001).

Seven toxic metals (Mo, Cu, Pb, Zn, Ni, As and Cd) contained within Sasa tailings dam material were chosen to calculate the PI, the results of which are presented in Table 2. PI was also calculated for the same toxic metals from Lake Kalimanci samples (Table 3).

The value of the pollution index across all samples ranged from 15 to 60. According to KIM et al. (2001), the calculated PI for South Korean tailing samples varies from 3.9 to 58.6, which indicates that all tailings, both in South Korea and Macedonia (Sasa), contain toxic metals at a level high enough to cause toxicity in the local environment and consequently in the biota, including humans.

From the results it is clearly evident that a large amount of toxic metals has remained as residual material after the extraction process and is currently lying abandoned within the tailings dams. The studied toxic metals in Sasa tailings dam represent some of the most important ore-forming elements which are paragenetically related to the Pb-Zn polymetallic mineralisation of Sasa's ore district. The presence of such high levels of toxic metals represents a huge environmental disaster risk. If these metals enter an aquatic environment, they are redistributed through the water column where they accumulate in sediments and/or are consumed by biota (LINNIK & ZUBENKO, 2000; Long et al., 1996; SINGH et al., 2005). ROGAN ŠMUC et al. (2009) reported that because of the failure of the Sasa tailings dam in 2003, extremely high levels of toxic metals caused huge environmental damage to Lake Kalimanci and the Kočani field. However, further study is needed, to reveal more about the mineral composition of the Sasa tailings dam as well as a more in-depth assessment of toxic metal pollution in the surrounding area. Thus this preliminary study also includes an initial assessment of the influence of the discharged toxic metals on Lake Kalimanci.

Impact on the surrounding environment

Geochemistry and statistics of Lake Kalimanci sediments

Sediment samples from Lake Kalimanci were analysed in terms of their toxic metal content (As, Mo, Zn, Ni, Pb, Cd and Cu; Table 3). Concentrations of almost all metals, except Mo, exceeded the permissible levels adopted by the National Environmental Protection Agency of Slovenia (UR. LIST RS 68/96).

From analysis of the box and whisker plots in Figure 3, it is obvious that because of the failure of the tailings dam in 2003, higher concentrations of toxic metals (Cu, Pb, Zn, Ni and Cd) are present in Lake Kalimanci sediments than Sasa tailings dam material – with the exception of Mo and As. In general Mo is co-precipitated with fine grained sulphides such as FeS, ZnS, PbS, CuS and CuFeS₂, all which are found in Sasa ore district material. Minerals within which As is a major constituent include sulphides, sulphosalts, oxides and arsenates. In the Sasa ore district, As is mostly bound to silver minerals (ALEKSANDROV et al., 1999) and arsenopyrite, which is the most abundant ore mineral.

Toxic metals in Lake Kalimanci sediments generally decrease in concentration from north to south. Such a pattern can be explained as a consequence of the Sasa tailings dam failure, when large amounts of material were deposited in the northern part of the Lake, before being slowly deposited southwards along the lake in suspension. The highest amounts of all toxic metals found in Lake Kalimanci sediments were found at sampling location II-3, which lies in the northern part of the Lake Kalimanci. This is likely due to the strong influence of the Kamenica River which enters Lake Kalimanci in the north.

To compare their relative toxic metal contamination with respect to Sasa tailings dam material pollution index levels were also calculated for Lake Kalimanci sediments samples (Table 3). The value of PI for these sediments varied from

Table 3. Concentrations of the heavy metals and pollution index values in Lake Kalimanci surficial sediments.

Tabela 3. Vsebnosti izbranih elementov in vrednosti indeksa onesnaženja površinskih sedimentov Kameniškega jezera.

Samples	As mg kg ⁻¹	Mo mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Ni mg kg ⁻¹	Pb mg kg ⁻¹	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	PI /
I-4	69	2.9	10700	47	9357	74	672	36
II-3	77	4.6	20900	79	16300	136	1162	65
III-3	73	3.7	14000	51	10900	90	723	44
V-7	66	3.7	12600	54	9472	81	596	39
VI-11	59	2.5	11600	53	7557	78	546	34
VII-12	66	2.7	9326	56	5144	54	398	25
VIII-8	62	2.3	7056	49	4863	47	327	21
Mean	67	40705	12312	56	9085	80	632	38
*	20	10	200	50	85	1	60	/

* Permissible level of heavy metal content – Ur. list RS 68/96.

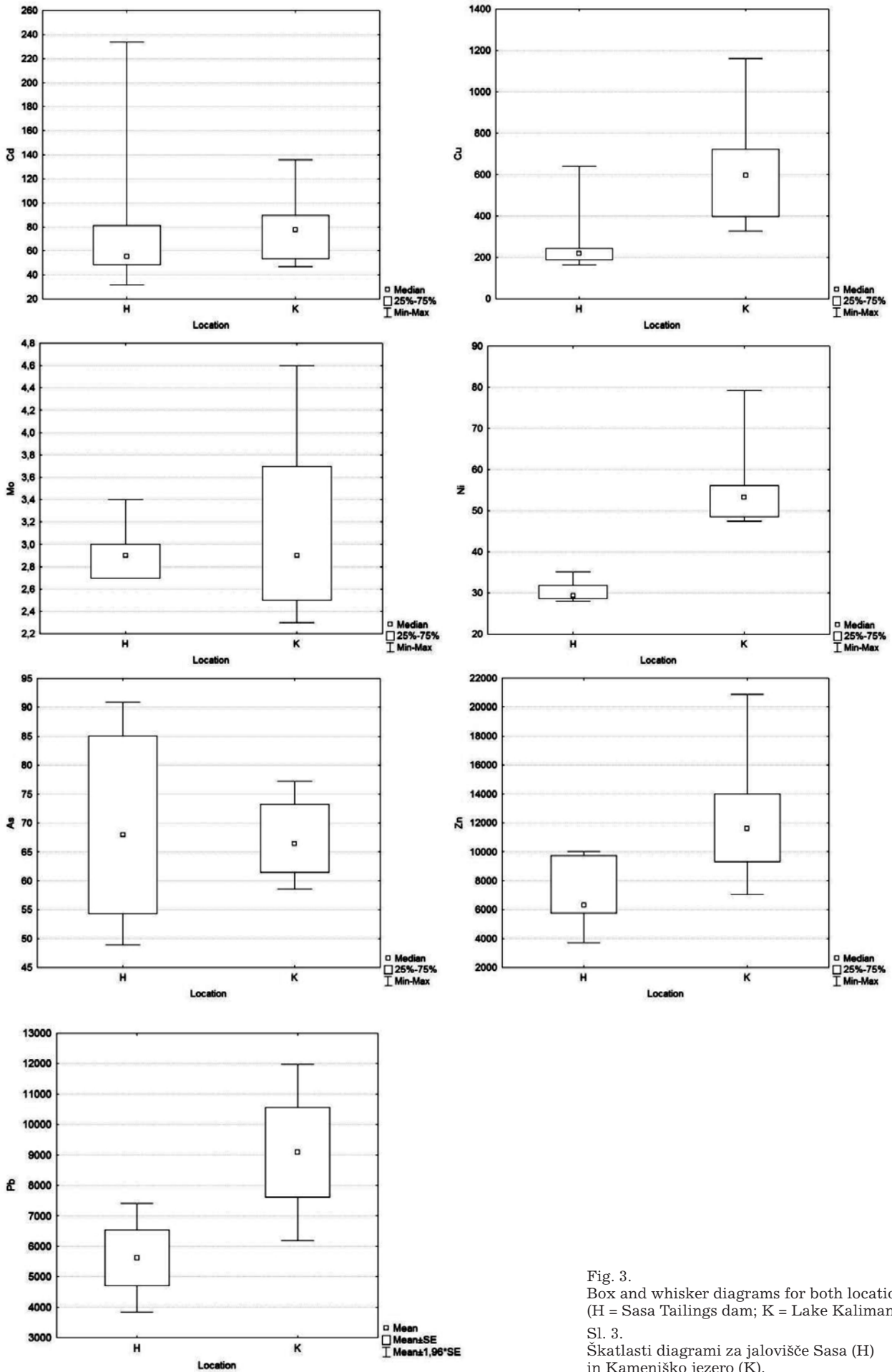


Fig. 3.
 Box and whisker diagrams for both locations (H = Sasa Tailings dam; K = Lake Kalimanci)
 Sl. 3.
 Škatlasti diagrami za jalovišče Sasa (H) in Kameniško jezero (K).

21 to 65, representing much higher levels than those observed in other lakes; for instance in Vemband Lake sediments values of PI were in the range of 0.5-3.7 (PRIJU & NARAYANA, 2007). The source of such high levels of toxic metals in Lake Kalimanci is most likely the tailing dam failure in August 2003, when large amounts of such material were discharged into the lake (ROGAN ŠMUC et al., 2009).

The PI values of sediments from Lake Kalimanci vary from 21 to 65, while those of tailings dam material are in the range 15-60. Normally the pollution index values of the latter should be higher than the former, but in this case, samples were collected from the upper oxic horizon (20 cm depth) of the tailings dam, where presumably the majority of toxic metals were washed into lower reductive horizons. In contrast, after the failure of the dam a large amount of mostly fine particles were discharged in suspension into Lake Kalimanci, with the bulk of that material presumably toxic metals originating from the tailings dam.

Conclusion

Owing to environmental disaster in 2003, when Sasa tailings dam (part of No. 3 and No. 4) collapsed, we studied, in the present preliminary, the mineralogical and geochemical characteristics of surficial Sasa tailings dam material and geochemical characteristics of surficial sediments from Lake Kalimanci. The mineral composition of surficial tailings dam material generally reflects the surrounding geological background. However, calculated concentrations of toxic metals in Sasa tailings dam are much higher than permissible levels. According to the pollution index, surficial Sasa tailings dam material contains extremely high levels of toxic metals. All metals and industrial minerals produced in mining processes in the Sasa Mine could potentially find their way through Kamenica River to Lake Kalimanci as also into the environment and become pollutants. Evidence of mostly all fine grained pollutants (analysed toxic metals) found within the Sasa surficial tailings dam material has also been found in Lake Kalimanci sediments due to collapsed tailings dam, and thus the high concentrations of toxic metals in the former represent a significant environmental risk. However, after this preliminary study many questions remain unanswered therefore further investigations are required. The most important thing to do is sequential extraction procedure, of tailings dam material as also surficial lake sediments, to find out if toxic metals are available for plants, animals and humans. Because of high concentrations of metals in Sasa tailings dam it would be also necessary to find out a proper stabilization process for tailings dam and nevertheless to find a good mechanism (one of many remediation techniques) to clean out Lake Kalimanci sediments. But all this it is the matter of our future work.

Acknowledgements

This research was financially supported by the Slovenian Research Agency (ARRS), contract number 1000-09-310079.

References

- ÁVILA, P. F., FERREIRA DA SILVA, E., SALGUEIRO, A. R. & FARINHA, J. A. 2008: Geochemistry and Mineralogy of Mill Tailings Impoundments from the Panasqueira Mine (Portugal): Implications for the Surrounding Environment. *Min. Wat. Env.*, 27: 210-224.
- DAVIES, M. P. & MARTIN T. E. 2000: Upstream constructed tailings dams – A review of the basics. *Tailings and Mine Waste 00*. Colorado, USA, A.A. Balkema, Rotterdam., 3-15.
- DIEHL, P. 2001: World Information Service on Energy (WISE) Uranium project (online). Available from: <http://www.antenna.nl/wise/uranium/>.
- GÖRANSSON, T., BENCKERT, A., LINDVALL, M., & RITZÉN, R. 2001: Dam failure at the Aitik mine: investigations, conclusions and measures taken, in: *Proceedings of Securing the Future: International Conference on Mining and the Environment*, Sweden.
- GRIMALT, J. O., FERRER, M. & MACPHERSON, E. 1999: The mine tailing accident in Aznalcollar. *The Sci. Tot. Env.*, 242: 3-11.
- JUNG, C. M. 2001: Heavy metal contamination of soil and waters in and around the Jincheon Au-Ag mine, Korea. *App. Geochem.*, 16: 1369-1375.
- KIM, K. K., KIM, K. W., KIM, J. Y., KIM, I. S., CHEONG, Y. W. & MIN, J. S. 2001: Characteristics of tailings from the closed metal mines as potential contamination source in South Korea. *Env. Geol.*, 41: 358-64.
- LAMBORS, J. L. 1994: Mineralogy of sulfide-rich tailings and their oxidation products. In: *Jambors JL, Blowes DW (eds): Environmental geochemistry of sulfide mine wastes*. Mineral Assoc Can., 22: 59-102.
- LINNIK, P. M., & ZUBENKO, I. B. 2000: Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy-metal compounds. *Lak. Reserv. Res. Manag.*, 5: 11-21.
- LONG, E. R., ROBERTSON, A., WOLFE, D. A., HAMEEDI, J. & SLOANE, G. M. 1996: Estimates of the spatial extent of sediment toxicity in major US estuaries. *Env. Sci. & Tech.*, 30: 3585-3592.
- MOORE, J. N., LUOMA, S. N. 1990: Hazardous wastes from large scale metal extraction: A case study. *Env. Sci. & Tech.*, 24: 1279-1285.
- NISHIDA, H., MIYAI, M., TADA, F. & SUZUKI, S. 1982: Computation of the index of pollution caused by heavy metals in river sediment. *Environmental Pollution Ser B4*: 241-248.
- PRIJU, C. P. & NARAYANA, A. C. 2007: Heavy and Trace Metals in Vemband Lake Sediments. *International Journal of Env. Res.*, 1/4: 280-289.
- ROGAN ŠMUC, N., VRHOVNIK, P., DOLENEC, T., SERAFIMOVSKI, T., TASEV, G., DOLENEC, M. 2009: As-

- sessement of the heavy metal contamination in the surfical sediments of Lake Kalimanci (Macedonia): a preliminarly study. *RMZ – Mater. & Geoenviro.*, 56/4: 437-447.
- SERAFIMOVSKI, T. & ALEKSANDROV, M. 1995: Lead and zinc deposits and occurences in the Republic of Macedonia. Macedonia, Skopje: Special edition of RGF.
- SERAFIMOVSKI, T., TASEV, G. & DOLENEC, T. 2005: Petrological and geochemical features of the Neogene volcanites of the Osgovo mountains, Eastern Macedonia. *RMZ – Mater. & Geoenviro.*, 52/3: 523-534.
- SERAFIMOVSKI, T., DOLENEC, T. & TASEV, G. 2006: New data concerning the major ore minerals and sulphosalts from the Pb-Zn Zletovo Mine, Macedonia. *RMZ – Mater. and Geoenviro.*, 52/3: 535-548.
- SINGH, K. P., MOHAN, D., SINGH, V. K. & MALIK, A. 2005: Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti river sediments – a tributary of the Ganges, India. *J. Hydrology*, 312: 14-27, doi:10.1016/j.jhydrol.2005.01.021.
- TASEV, G., SERAFIMOVSKI, T., LAZAROV, P. 2005: New K-Ar, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr, and XRF data for Tertiary volcanic rocks in the Sasa-Toranica ore district, Macedonia.
- UNEP/OCHA 2000: Cyanide spill at Baia Mare, Romania, UNEP/OCHA Assessment Mission, UNEP/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, OCHA.
- URADNI LIST RS, št. 68/96 z dne 29.11.1996 ISSN 1318-0576.

Izvor in pomen besede geologija

Word Geology – its Roots and Meanings

Mihael BRENČIČ

Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Privoz 11, Ljubljana;
mihael.brencic@ntf.uni-lj.si

Oddelek za hidrogeologijo, Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, SI-1000 Ljubljana

Prejeto / Received 23. 8. 2011; Sprejeto / Accepted 4. 10. 2011

Ključne besede: beseda geologija, etimologija besede geologija, zgodovina geologije, razvoj geološke znanosti, filozofija geologije

Key words: word geology, etymology of word geology, history of geology, geological sciences development, philosophy of geology

Izvleček

V obdobju do sredine 18. stoletja se je pomen besede geologija spreminjal, od prve naključne zloženke *geologia*, ki jo je 14. stoletju zapisal de Bury, preko Aldrovandijevega zapisa *giologia* v začetku 17. stoletja, vse do končne uveljavitve besede *geologija* z njenim zapisom v francoski Enciklopediji leta 1751. V geološki literaturi so znana nekatera zgodnja dela, ki uporabljajo besedo geologija, s pomočjo internetnih virov smo odkrili še nekatera druga zgodnja dela, v katerih se pojavlja beseda geologija in literatura o njih ne poroča. Sem sodijo dela Zahariusa Grapa, Joannesa Schnabla, Johanna Gregoria v nemščini, hkrati je podana kratka analiza nekaterih drugih nemških del druge polovice 18. stoletja, ki so pomembna za območje današnje Slovenije. Na podlagi dostopnih digitaliziranih virov je bila opravljena analiza zgodnjih objav besede geologija v slovenskem jeziku. Prva objava besednega korena *geol-* se kot uradna novica pojavi leta 1849 v časopisu Slovenija. Med zgodnejše publiciste, ki so uporabljali besedo geologija in njene izvedenke, je potrebno šteti Davorina Trstenjaka. Prva daljša objava o geološki dejavnosti se pojavi v časopisu Novice leta 1853. Na podlagi predstavljenih zgodovinskih podatkov je podana interpretacija zgodovinskega razvoja besede geologija in njenega zgodovinskega konteksta v razvoju znanosti.

Abstract

In the period up to 18th century the meaning of the word geology has substantially changed; from Latin word *geologia* written by de Bury in the 14th century, through the use of word *giologia* by Aldrovandi in the beginning of 17th century and to near final definition of word *geology* that appeared in French Encyclopaedia from 1751. With the help of Internet some other early works not known to the literature of geology history were discovered. Among them are German books where in the title word geology is also present. Works of Zaharius Grapo, Joannes Schnabel and Johann Gregorii can be listed. Short analysis of other German geological works from the second half of the 18th century important for Slovenian territory are briefly presented. Starting from the database of earlier Slovenian publications available on the Internet an analysis of word geology early appearances in Slovene language is presented. First publication of the word root *geol-* appeared in newspaper Slovenija in year 1849. Among early authors Davorin Trstenjak was first using geological information starting in year 1853. Earliest longer text presented information on geological work in Slovene language was published in the newspaper Novice in year 1853. Based on the available literature and other sources reinterpretation of the meaning of word geology is based in the context of its role in the natural sciences development as well as its historical context.

Uvod

V terminološki zakladnici ved o Zemlji bomo zasledili vrsto besednih zloženok, nenazadnje je zloženka tudi beseda geologija (SNOJ, 1997). Poimenovanja posameznih znanstvenih disciplin, katerih imena so pogosto zloženke iz starogrškega ali latinskega jezika, nosijo številna sporočila. Danes so nekatera imena strok povsem uveljavljena, druga so pozabljena, tretja so v razvoju znanstvene terminologije doživele spremembe,

od začetka, ko se je zloženka pojavila prvič in je imela beseda drugačen pomen, kot ga ima danes, do današnje rabe, ko se o izvoru besede ne sprašujemo več, čeprav se njeni pomeni s časom neprestano spreminjajo. Med takšna imena strok, ki so skozi desetletja rabe doživele velike pomen-ske spremembe, sodi tudi beseda geologija.

Večplastnost poimenovanj in njihovega pomena lahko ilustriramo na primeru paleontologije, kjer vrstno ime fosila sporoča, za katero vrsto živali gre, hkrati ime posamezne vrste namerno ali

nenamerno podaja še vrsto drugih informacij, od tega, kje je bila vrsta odkrita, do tega kakšne so njene vizualne značilnosti, kdo je njen odkritelj ali komu je odkritje vrste posvečeno. Pri tem znanstveniki, ki poimenujejo vrste, sledijo različnim ciljem, zlasti pa znanstveni skupnosti namenjajo sporočilo, ki ima poleg neposrednih namenov tudi posredne pomene. Te lahko čitamo neposredno iz imena ali pa v širšem literaturnem ali družbenem kontekstu, znotraj katerega se ime pojavlja.

Spraševanje o izvoru besede, ki danes predstavlja poimenovanje uveljavljene znanstvene in strokovne discipline, kot je geologija, je lahko intelektualna radovednost in zanimivost. Raziskava izvora besede nas lahko privede tudi globlje, tako da se pričnemo spraševati o zgodovinskem okolju, v katerem je beseda nastala. Ob tem nas lahko spraševanje pripelje tudi do obsežnejše analize, ki poizkuša nakazati spoznavno teoretska izhodišča discipline in pojasniti del njenega zgodovinskega razvoja. Prav to želimo v nadaljnji razpravi prikazati na primeru besede geologija, s pomočjo katere se bomo dotaknili tudi nekaterih zgodovinsko pogojenih spoznavnih metod geologije in njenega besednega izvora.

Po mnenju SNOJA (1997) je beseda geologija zloženka, narejena po starogrškem besedotvornem vzorcu iz starogrškega *gé* zemlja in izpeljanke za *lógos*. Slednja beseda ima več pomenov, kot so beseda, govor, pripoved, govornica, trditev, literatura, pamet, razum. V besedah, kjer kot del zloženke nastopa *lógos* pomeni slednji besedo, govor, vendar pa se je v rednem jezikovnem razvoju to razvilo v znanost o tem, kar izraža prvi člen zloženke. Nekateri laično obarvane razlage zloženke geologija pojasnjujejo z imenom grške boginje Zemlje *Gea* in ne z osnovnim pomenom preko *gé*. Torej, pomensko je geologija znanost o Zemlji. Praktična definicija geologije je seveda nekoliko širša. Je veda, ki proučuje nastanek, sestavo in razvoj Zemlje (PLENIČAR et al., 2006), kljub temu lahko ugotovimo, da je ta definicija danes že nekoliko zastarela. Danes govorimo tudi o geologiji planetov in drugih nebesnih teles.

Z izvorom besede geologija so se ukvarjali številni avtorji, žal na tem področju ni analiz novejšega datuma. Kdaj so se pričele prve raziskave izvora besede geologija, je težko ugotoviti. Najstarejše avtorju dostopne objave v zvezi z izvorom besede geologija so vezane na polemiko v reviji *Science* z začetka 20. stoletja (EASTMAN, 1904a, 1904b, 1905, EMMONS, 1904a, 1904b, 1905). Informacije, s katerimi operirata polemika, kažejo na to, da sta se naslanjala na nekatere starejše interpretacije, vendar svojih virov ne navajata. Čeprav je polemika zelo zanimiva in je v njej možno zaslediti številne pomembne podatke in interpretacije, je kasnejši avtorji ne citirajo in ne povzemajo. Skoraj istočasno je razpravo o besedi geologija podal GEIKIE (1905), ki se zadrži le pri nekaterih avtorjih s konca 18. stoletja. Prvo temeljito sintezo hipotez o izvoru besede poda ADAMS (1932, 1933, 1938), njegove analize predstavljajo osnovo za nadaljnje objave, ki njegovo delo dopolnjujejo in revidirajo (DEAN, 1979; NOE-NYGA-

ARD, 1947; THUILLIER, 1985). Z izvorom besede se ukvarjajo tudi nekatera novejša dela s področja zgodovine geologije (ELLENBERGER, 1999; GOHAU, 1990), ki v razlagah prav tako slonijo na delih Adamsa. Z izvorom besede so se ukvarjali tudi italijanski zgodovinarji geologije (MARABINI et al., 2003; VAI, 2003, 2009), ki se analize lotevajo predvsem z namenom dokazati renesančni izvor besede v Italiji. V slovenskem jeziku ne poznamo dela, ki bi se podrobneje ukvarjalo z zgodovino besede.

V članku smo predstavili razvoj besede geologija in njenega razumevanja. Premislek in interpretacijo smo razdelili na posamezna podpoglavja. V podpoglavju *Začetki* obravnavamo pojav besede v srednjeveškem latinskem tekstu, v podpoglavju *Renesansa* analiziramo pojav besede v renesančni Italiji, hkrati polemiziramo z nekaterimi interpretacijami v literaturi. Sledi podpoglavje *Znanstvena revolucija*, kjer smo analizirali pojave besede v sedemnajstem in osemnajstem stoletju. V podpoglavju *Geologija kot znanost* smo opisali vzpostavitev poenotene definicije geološke znanosti in s tem tudi same besede geologija. V podpoglavju *Beseda geologija v slovenskem jeziku* smo analizirali pojave besede geologija in njej sorodnih besed v slovenski literaturi. Obdelane so objave od prvega zapisa v letu 1849 do prvega daljšega teksta o geološki dejavnosti leta 1853. V sklepnem podpoglavju *Razprava* podajamo nekatere misli, ki se navezujejo na epistemološke temelje geološke znanosti, pri čemer želimo nakazati pot nadaljnjim razpravam.

Metodološka izhodišča

Podatke o zgodovinskem razvoju v svetovni literaturi zajemamo iz citirane literature. Kjer je bilo mogoče, smo vire tudi preverjali, predvsem s pomočjo digitaliziranih verzij knjig, ki so dostopne na svetovnem spletu. Pri tem smo posamezne vire preverjali navzkrižno z uporabo različnih objav in digitalizacij dokumentov. Tako smo poizkušali zagotoviti čim bolj zanesljive podatke in interpretacije. Navajanje nekaterih knjižnih naslovov smo preverili tudi s pomočjo spletnih knjižnih katalogov, kot so WorldCat, Open Library in COBISS. Pri analizi in razvoju besede geologija v slovenskem jeziku smo izhajali iz lastnega poznavanja geološke in druge literature ter iz baze literaturnih virov v Digitalni knjižnici Slovenije, ki jo vzdržuje Narodna in univerzitetna knjižnica. Slednja razpolaga z zelo obsežnim korpusom digitaliziranih besedil. Njen portal omogoča raziskavo besedil s pomočjo principov, ki temeljijo na analizi baz podatkov, ter s pomočjo izbora različnih ključnih besed in njihovih kombinacij.

Analiza internetnih virov omogoča pregledovanje velikega korpusa besedil in podatkov, vendar nastavlja tudi številne pasti. Na internetu prevladujejo viri z angleškega govornega področja, viri v ostalih jezikih so podrejeni. Zaradi tega dobimo pristranski vpogled. To se kaže tudi v literaturnih objavah, kjer ima v zgodovinskih analizah razvoja geologije angleško govor-

no območje prednost, čeprav je nemško govorno področje osvojilo nekatere koncepte mnogo pred Angleži. Analiza razvoja kontinentalne geologije je v zadnjih letih v podrejenem položaju. Mnogo internetnih virov je dostopnih v obliki fragmentov. Njihov izvor je težko preveriti, prav tako se pojavljajo viri, pri katerih je zelo težko preveriti podatke in informacije, ki jih prinašajo. Med te sodijo zlasti biografski podatki o posameznih avtorjih. Vire v našem članku bi bilo potrebno prevetriti s pomočjo originalnih tiskov, kar je seveda časovno in finančno zelo zahtevno.

Začetki

Prva prava prednica današnje besede *geologia* je srednjeveška latinska skovanka *geologia* v originalnem tekstu zapisana v tožilniku kot *geologiam*. Verjetno je bila beseda v srednjeveški latinščini uporabljena večkrat, vendar jo je leta 1345 prvi dokumentirano uporabil v svoji latinski knjigi *Philobiblion* – »Ljubezen do knjig« Durhamski škof, učenjak in diplomat Richard de Bury (THOMAS, 1888), s pravim imenom Richard Aungerville (1287–1345). Bil je eden prvih bibliofilov, ki je med svojimi diplomatskimi potmi po Evropi, opravljenimi v imenu angleškega kralja Edvarda III (1312–1377), zbiral rokopise iz skriptorijev, knjižnic ali pa jih je kupoval od knjigotržcev. Po smrti je zapustil zbirko 1500 knjig. Sprva so bile knjige namenjene ustanovitvi knjižnice v okviru Durham Collegea v Oxfordu, na mestu katerega stoji danes Trinity College. Zaradi visokih dolgov, ki jih je pustil za seboj de Bury, je bil del knjižnice razprodan in prenešen v druge angleške knjižnice in knjižne zbirke.

Philobiblion je nenavadna knjiga, ki se v ničemer ne ukvarja z geologijo, kot jo razumemo danes. Z nekoliko širokim interpretativnim zamahom bi lahko zapisali, da se geološke problematike dota-

kne le posredno, ko omenja svetopisemski vesoljni potop. Kratka knjiga predstavlja prvi bibliofilski in hkrati tudi bibliotekarski priročnik z navodili lastnikom knjig in knjižničarjem, kako naj ravnajo s knjigami. Knjiga je bila prvič natisnjena leta 1473 v Kölnu, kasneje je doživela številne ponatise in prevode. Leta 1599 je bila knjiga prvič prevedena v angleščino, leta 1832 jo je J.B. Inglis ponovno prevedel v angleščino (ADAMS, 1938). Ker prevod ni bil zanesljiv, jo je leta 1888 prevedel še E.C. Thomas (THOMAS, 1888). Iz slednjega izhajajo tudi naše navedbe citatov. Žal nam latinska verzija teksta, s katero bi skušali primerjali angleške prevode, ni bila na razpolago.

Beseda *geologia* se v celi knjigi pojavi le enkrat, in sicer v 11 poglavju z naslovom »Zakaj dajemo prednost knjigam o svobodnih umetnostih pred knjigami o pravu«. Avtor zapiše »*Iz tega lahko jasno vidimo, da pravo ni ne umetnost in ne znanost, zaradi česar pravnih knjig ne moramo imeti za umetniške ali znanstvene knjige. To tudi ni spretnost, ki bi jo lahko poimenovali s posebnim izrazom geologija ali zemeljska znanost, tako da bi jo lahko uvrstili med znanosti. Knjige o svobodnih umetnostih so za svete spise zelo koristne, razum bi brez njihove pomoči brezuspešno težil k njihovem razumevanju.*«

Podrobnejša analiza avtorjev, ki so se ukvarjali z izvorom besede geologija, pokaže, da so bili pri tolmačenju de Buryeve besede *geologia* nenatančni. Z informacijo o pojavu besede geologija v srednjeveškem tekstu je že razpolagal EMMONS (1904a), očitno ADAMS (1932, 1933, 1938) to le povzame, čeprav z nekaj več informacijami kot pred njim Emmons. V kakšni obliki sta oba avtorja poznala tekst *Philobiblion*a, ni znano. Vsekakor je *Philobiblion* tako zelo posebna knjiga, da jih je kot geologe in verjetno laike na področju srednjeveške latinske književnosti, nanjo moral nekdo opozoriti. Stavek, v katerem se pojavi beseda geologija, se v prevodu Thomasa (THOMAS, 1888) glasi »*Nor is this faculty which we may call by a special term geologia, or the earthly science, to be properly numbered among the sciences.*« ADAMS (1932, 1933, 1938) pa v vseh svojih delih povzema le del stavka »*We may call by a special term geologia, or the earthly science.*«, prav tako tega stavka ne umesti v kontekst celotnega teksta. Na podlagi svoje interpretacije pravo pripiše značilnost zemeljske znanosti, v nasprotju z znanostjo in umetnostjo, ki naj bi bile v takratni rabi povezane z duhovnimi zadevami (ADAMS, 1932). V kasnejšem tekstu Adams pravo še dodatno interpretira kot antitezo znanosti, ki pomaga razumeti božja dela in teologijo (ADAMS, 1938). Geologija je tako po Adamsu v de Buryevem smislu poljubna zemeljska dejavnost. DEAN (1979), poleg napake, ko pojavljanje besede uvrsti v drugo poglavje de Buryeve knjige, Adamsovo razlago še zoži. Po njegovem mnenju beseda ni uporabljena v samostalniški obliki in jo enači s pridevnikom posvetno (ang. *earthly*). Iz THOMASOVEGA (1888) prevoda je jasno vidno, da gre za samostalnik. DEAN (1979) tudi meni, da je beseda značilna za srednjeveško latinščino.



Pečat Richarda de Burya (1287–1345) avtorja knjige *Philobiblion* v kateri je prvič dokumentirano uporabljena beseda geologija.

Iz odstavka, ki smo ga navedli zgoraj, sledi, da po de Buryu pravo ni ne znanost in ne umetnost, potemtakem tudi ne more biti posvetna znanost. Geologijo de Bury opredeli kot katekologi posvetno znanost. Nedvoumno med seboj loči pravo in geologijo in ju ne enači, tako kot to razlaga Adams. Ugotovimo lahko, da je v Philobiblionu geologija ena od znanosti, ki se delijo na posvetne – zemeljske in ostale znanosti. Žal nam de Bury z nadaljnjo razlago razumevanja geologije ne postreže. Prav tako angleškega pridevnika *earthly* brez poznavanja latinskega teksta ne moremo interpretirati tako premočrtno, kot je to storil Adams. Angleški pridevnik *earthly* ima več pomenov, med katerimi je zemeljsko lahko razumljeno tudi v smislu telesnega ali posvetnega, čeprav proti slednji razlagi govori etimologija sestavljenke besede geologija.

Brez poznavanja drugih latinskih tekstov takratnega časa lahko le ugibamo, ali je de Bury besedo iznašel sam, ali pa je bila v takratni književni rabi. Literatura navaja, da je bil Durhamski škof strasten ljubitelj besed (THOMAS, 1888) in kaj lahko je njen pojav le naključje, ki je bilo posledica kombiniranja različnih besednih korenov in želje po tvorbi novih besed in bogatenju besedišča. Na podlagi razpoložljive literature lahko postavimo hipotezo, da gre pri pojavu besede geologija v letu 1345 za naključje, še zlasti zaradi tega, ker naslednja raba besede sega šele v leto 1603. Nadaljnja razlaga de Buryeve geologije brez poznavanja ostalih takratnih in kasnejših srednjeveških latinskih tekstov bi bila le ugibanje.

Renesansa

V renesansi je raba besede geologija izpričana le posredno. Njen pojav je posledica novega zagona v naravoslovju, ki se v začetku novega veka prične intenzivno razvijati. Srednjeveška znanost, v kateri je opazovanje narave v veliki meri povezano z razlagalnimi miti in pripovedmi, se vedno bolj in bolj umika novoveškemu naravoslovju, v katerem pričnejo prevladovati objektivna opazovanja in tudi meritve. Ta opazovanja so v veliki meri povezana z zbiranjem različnih predmetov, rastlin in živali ter kamnin in mineralov. Te zbirke predstavljajo prehod iz srednjeveških bestiarijev, herbarijev in zbirk kuriozitet v urejene, sprva zasebne in nato javne zbirke in muzeje. V 16. stoletju pričnejo znanstvene zbirke nastajati predvsem v severni Italiji in deloma tudi drugod po Srednji Evropi. Po mnenju italijanskega zgodovinarja geologije VAI (2003) je prvo naravoslovno zbirko, ki je imela tudi značaj študijske zbirke in demonstracijskega pripomočka pri poučevanju na univerzi, ustanovil Ulisse Aldrovandi leta 1574 v Bologni. V zbirki so se nahajali številni primerki živali in rastlin, hkrati pa je bila verjetno tudi prva zbirka fosilij. V takratnem času so v fosilije sodili vsi predmeti, ki so se nahajali v tleh in pod njihovo površino. Tako so bili v tej zbirki tako minerali, kamnine, kot tudi fosili v današnjem pomenu besede.



Ulisse Aldrovandi (1522–1605) avtor renesančnih del s področja geologije.

Ulisse Aldrovandi (1522–1605) je izviral iz bogate bolonjske družine, kar mu je omogočilo obsežen in poglobljen študij, ki ga je podkrepil s številnimi potovanji po Italiji, Franciji in Španiji, med katerimi je zbiral predmete za svojo zbirko. Princip potovanj, na katerih je zbiral gradivo je bil podoben današnjemu terenskemu delu. Prakticiral ga je tudi pri svojih kasnejših predavanjih na univerzi. Ker naj bi bil pod vplivom Lutrovih idej, ga je inkvizicija zaprla v Rimu, a je bil kasneje izpuščen in nikoli obsojen, verjetno tudi zaradi dejstva, da je bil po materini strani bratranec papeža Gregorja XIII, velikega reformatorja cerkve, znanega po reformi koledarja, ki ga uporabljamo še danes. Na Univerzi v Bologni je od leta 1554 do 1559 zasedal stolice za logiko, filozofijo in medicinsko botaniko. V svoja predavanja je uvažal naravoslovje, kar je leta 1561, na podlagi peticije slušateljev, privedlo do ustanovitve stolice za naravoslovje (*lectura philosophiae naturalis ordinaria de fossilibus, plantis et animalibus*), ki jo je Aldrovandi zasedal do leta 1600. V takratnem času je bila Univerza v Bologni ena osrednjih univerz v Evropi, kamor so se hodili šolat študentje iz cele Evrope. Aldrovandijeva predavanja so bila zelo dobro obiskana in so poleg njegovega obsežnega dopisovanja s takratnimi Evropskimi znanstveniki imela velik vpliv na razvoj naravoslovja in širjenje njegovih idej, čeprav je v času svojega življenja objavil le malo del. (ADAMS, 1938; VAI, 2003; VAI & CAVAZZA, 2006)

Na podlagi obsežne naravoslovne zbirke je Aldrovandi postavil obširen klasifikacijski sistem narave, temelječ na načelih dvojne taksonomije, ki jo je kasneje podrobneje razvil Linnaeus. Poleg

zbirke je Aldrovandi za seboj zapustil tudi obsežno rokopisno zapuščino, ki jo danes hrani Univerzitetna knjižnica v Bologni. Med njegovimi rokopisi jih bila objavljena le približno desetina, manjši del v času njegovega življenja, večji del pa posthumno. Za njegove rokopise je značilno, da so bogato ilustrirani. Prav z Aldrovandijem naj bi ilustracija postala pomemben element znanstvenega opisa (VAI, 2003, 2009; VAI & CAVAZZA, 2006). Zaradi velikega obsega so Aldrovandijevi rokopisi slabo preučeni. Italijanski zgodovinarji geologije se lotevajo le posameznih izsekov njegovih del, vendar moderna sistematična monografija o njegovem delu po našem védenju ne obstaja. Njegovo glavno delo na področju sistematike narave je *Discorso naturale* (Razprava o naravi), ki ga je napisal v letih 1569–1570, sledijo še številna druga dela, kot so *Historia naturalis* (Zgodovina narave), napisana leta 1578, ter *Historia fossilium* (Zgodovina fosilov), ki je nastala okoli leta 1580. Nobeno od navedenih del za časa njegovega življenja ni bilo objavljeno. Leta 1594 je z beneškim založnikom De Franceschijem sicer sklenil pogodbo o tisku obsežnega opusa (MARABINI et al., 2003), vendar je leta 1599 prišlo le do izdaje knjige *De Avibus* (O ptičih), čeprav je avtor želel, da bi najprej izšla knjiga *De Fossilibus* (O fosilih). Ambiciozni načrt je prekinila tiskarjeva smrt (MARABINI et al., 2003).

Leta 1603, 10. novembra, Aldrovandi notarju narekuje obsežno oporoko, katere prvi del je napisan v latinščini in drugi pretežni del v italijanščini. V oporoki so natančno opisani obsežna naravoslovna zbirka, velika zbirka tiskanih knjig in kodeksov ter še neobjavljeni rokopisi. Med drugimi v oporoki senatu mesta Bologna nalaga, kako naj ohrani njegove zbirke. To je mesto po njegovi smrti tudi storilo. Vse do leta 1749, ko je bil njegov muzej združen z drugim znanstvenim muzejem, je bila postavitev takšna, kot jo je v oporoki zahteval Aldrovandi. V času napoleonskih vojn je bila celotna zbirka prenešana v Pariz, od koder je bila kasneje sicer vrnjena, a v okrnjeni obliki, kar nedvomno nakazuje na njen velik pomen. V delu oporoke, kjer daje navodila, kako ravnati z neobjavljenimi rokopisi in kako jih objaviti, navede tudi delo *Syntaxis rerum naturalium* (Razvrstitev naravnega kraljestva) v treh delih. Prvi del *Geologia, ovvero de Fossilibus* sestavljajo opisi mineralov in fosilov, drugi del *Botanologia* sestavljajo opisi rastlin in tretji del *Zoologia* opisi živali. Tako Aldrovandi v svoji oporoki uvede latinsko sestavljenko *geologia*. (VAI, 2003)

Geologia, ovvero de Fossilibus je izšla posthumno šele leta 1648 v uredništvu Bartolomea Ambrosija (1588–1657) pod naslovom *Museum Metallicum* (Muzej kovin) s polnim naslovom *Ulyssis Aldrovandi Patricii Bononiensis Museum Metallicum in Libros III* (Muzej kovin Ulisasa Aldrovandija meščana Bologne v treh knjigah). Natisnjeno delo je sestavljeno iz štirih knjig, čeprav je na naslovnici napisano, da gre za tri knjige. Urednik je zelo posegel v originalni rokopisni tekst. Spremenil je naslove nekaterih poglavij, z namenom, da bi posodobil vsebino dela, je dodal

še nekatera poglavja z opisom novejših odkritij. Prav tako je spremenil nekatere Aldrovandijeve opise kamnin, ki bi jih z današnjimi očmi opredelili kot regionalno geološke opise. Beseda *Geologia* v natisnjem delu ni bila uporabljena nikjer. Zakaj se je urednik Ambrosini odločil, da spremeni naslov knjige, ni znano. Raziskovalci Aldrovandijevega dela domnevajo, da je to storil zaradi tega, da je dal delu večjo težo. S tem se je neposredno navezal na delo Georga Agricole *De Re Metallica* (O kovinah) iz leta 1556, ter na nekatera druga sodobna dela, katerih naslovi so bili povezani z latinsko besedo *Metallicum*. (MARABINI et al., 2003; VAI, 2009) Nekateri Aldrovandijeve knjige, ki so izšle posthumno, hrani Narodna in univerzitetna knjižnica v Ljubljani, vendar med njimi ni knjige *Museum Metallicum*.

V integralni obliki je bila Aldrovandijeva oporoka objavljena v Bologni šele leta 1774 (ADAMS, 1938; MARABINI et al., 2003). Njegov biograf Fantuzzi jo je objavil v knjigi *Memorie della Vita di Ulisse Aldrovandi medico e filosofo Bolognese* (Spomini na dela Ulisasa Aldrovandija zdravnika in filozofa iz Bologne).

Vidimo, da objavljena Aldrovandijeva dela niso imela vpliva na opredelitev geološke vede in s tem na rabo besede geologija. Uporaba besede geologija (*geologia*) je pri Aldrovandiju izpričana le v rokopisni obliki, v njegovem avtorstvu je objavljena šele leta 1774, ko je že v splošni znanstveni rabi, čeprav še ni povsem primerljiva s sodobnim znanstvenim razumevanjem. Kot takšna je pri Aldrovandiju prej naključje, tako kot pri de Buryu, kot pa rezultat načrtnega teoretičnega premisleka, saj se v celotnem opusu pojavi le enkrat. Celotni avtorji, ki skušajo Aldrovandiju zagotoviti primat pri uporabi besede geologija (VAI, 2003; VAI & CAVAZZA, 2006), priznajo, da navkljub vsem naporom, besede geologija v njegovih rokopisih niso uspeli zaslediti nikjer drugje. Njihova izvajanja o prvi uporabi besede geologija so zaradi tega na zelo trhljih nogah. Prav tako se nam lahko zastavi vprašanje ali gre pri besedi *geologia* za besedo, ki je v sorodu z današnjo geologija. Pred tem de Bury uporabi besedo *geologia*, poznejši avtorji, ki sledijo Aldrovandiju pa *geologie*. Kljub temu se je potrebno zavedati, da je bil Aldrovandi priljubljen profesor, ki je deloval v enem od takrat najbolj aktivnih intelektualnih centrov Evrope in je imel številne pisne in osebne stike z mnogimi intelektualci širom po Evropi. To je lahko imelo za posledico, da je bila besedna sestavljenka geologija med naravoslovci že zgodaj v splošni rabi, čeprav je bila objavljena nekoliko kasneje. Morda vseh zgodnjih virov, v katerih se pojavlja, še ne poznamo dovolj dobro, da bi lahko sodili o prvenstvu in o kontekstih, ki jih raba besede prinaša.

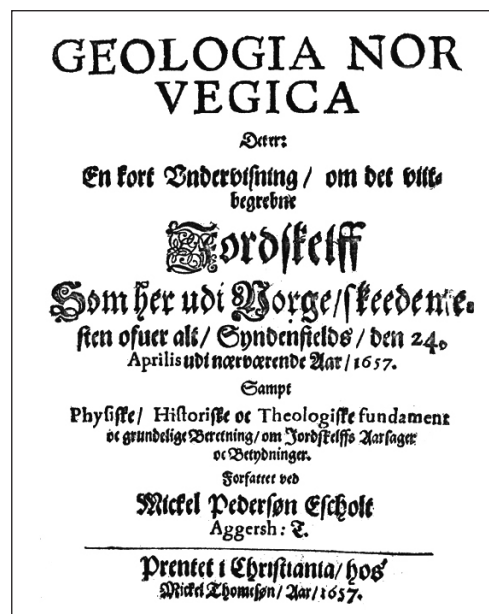
Znanstvena revolucija

V drugi polovici sedemnajstega stoletja se prične pojavljati vedno več del, ki se ukvarjajo z nastankom Zemlje, razvojem življenja ter geološkimi in geomorfološki pojavi. To se od-

raža tudi v večjem številu del, v katerih zasledimo besedo geologija. Kljub temu ta še ni uveljavljena in še zdaleč ne poimenuje znanstvene discipline, z imenom katere bi se strinjala večina na področju aktivnih znanstvenikov. Temeljno geološko delo tega obdobja *De Solido* (O trdnih telesih) Nicolausa Stenoja iz leta 1669 tega izraza ne pozna. Stenojeva sicer tanka knjižica razloži temeljne zakone stratigrafije in postavi razumevanje sosledja dogodkov v času, hkrati knjiga pomeni tudi paradigmatični preboj in začetek moderne geološke znanosti. Prav tako izraza geologija ne pozna delo *Tellurium Theoria Sacra* (Sveta zgodovina Zemlje) Thomasa Burneta (1635–1715), ki je v štirih knjigah izšlo v Londonu med leti 1680 in 1690. Najprej v latinščini, nato še v angleščini (GOULD, 1987), in je kasneje doživelo številne ponatise. Burnet, ki je bil osebni kaplan in sekretar kralja Williama III Angleškega, je svoja razmišljanja utemeljil na primerjavi Svetega pisma in kartezijanskega pogleda na svet (GOHAU, 1990). Sprožil je številne polemike ter nastanek nasprotnih teorij (ELLENBERGER, 1999) o nastanku sveta, zaradi česar predstavlja njegovo delo pomembno spodbudo za nadaljnji razvoj geološke misli.

Čeprav so mnenja o tem, kakšen pomen imajo dela, ki v sedemnajstem stoletju uporabljajo besedo geologija, deljena, nam njena raba kaže, da ne gre več zgolj za naključne pojave, temveč, da je beseda že »v zraku«. Večino del, ki to besedo uporabijo, lahko razumemo kot geološke knjige, saj ne glede na teoretična izhodišča in svetovni nazor obravnavajo vsebine, ki so danes predmet geološke znanosti.

Nekoliko pred Stenojevo knjigo v današnjem Oslu, takratni Christianiji, na Norveškem, v danščini leta 1657 izide knjiga z originalnim naslovom *Geologia Norvegica*, katere celotni naslov se v prevodu glasi Geologija Norveške: ali, Kratko poučno opozorilo o velikem in obsežnem potresu, ki se je zgodil na južnem delu Norveške 24. aprila v letu 1657, kakor tudi opis fizikalnih, zgodovinskih in teoloških osnov, vzrokov in posledic ter značilnosti potresa, katere avtor je Mikkel Pederson Escholt. Knjiga je zbudila zanimanje tudi v širšem evropskem prostoru in leta 1663 jo je Daniel Collins prevedel v angleščino. Natisnjena je bila v Londonu z naslovom *Geologia Norvegica, or; A brief instructive remembrance concerning that very great and spacious earthquake, which hapned almost quite through the south parts of Norrvay upon the 24th day of April, in the year 1657: also physical, historical, and theological grounds and reasons concerning the causes and significations of earthquakes* s posvetilom »*To the Worthy Company of Merchants Trading into the Kingdom of Norway*« (V spoštljivo tovarištvo trgovcem, ki trgujejo s kraljevino Norveško). Na delo je v literaturi prvi opozoril Adams, ki je na citat iz knjige naletel ob branju knjige Roberta Plota *Natural History of Stafford-Shire Oxfordi*, drugega pomembnega dela za razumevanje razvoja termina geologija (ADAMS, 1933). Tako v norveški, kot tudi angleški izdaji je beseda geologija uporabljena le v naslovu (DEAN, 1979).

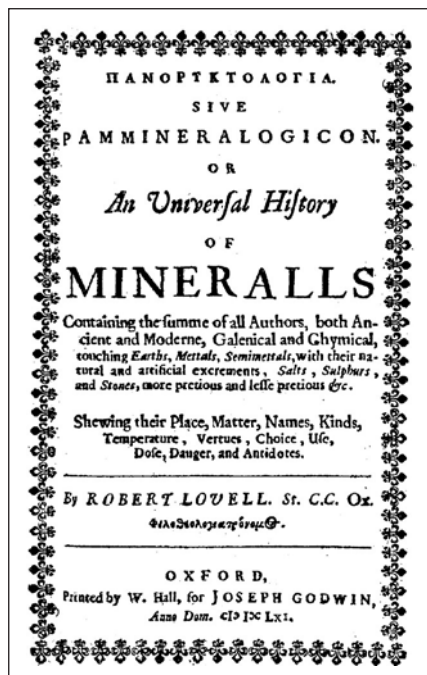


Naslovnica knjige *Geologica Norvegica* iz leta 1657 avtorja Mikkel Pedersona Escholta (med 1600 in 1610–1669), prve knjige z besedo geologija v naslovu.

V delu je opisan potres, ki so ga čutili v večjem delu Norveške. Poleg značilnosti aprilskega potresa je avtor opisal zgodovinske potrese, lotil se je tudi opisovanja plinov, Zemljine toplote, vulkanskih pojavov in podzemnih votlin. Po njegovem mnenju so rude nastale v delavnici vse-mogočnega boga, kot je bil tudi potres božje svarilo. Čeprav Escholt v svojih razlagah meša Aristotelovo filozofijo z ljudskim verovanjem, se knjiga nedvomno ukvarja z dinamičnimi silami, ki oblikujejo Zemljo (DEAN, 1979). Danes je knjiga predvsem pomemben dokument o takratnem potresu in načinu razlag njihovega nastanka. Pomembna je tudi zaradi tega, ker predstavlja prvo norveško znanstveno delo (BRYHNI, 2011).

Escholt je bil protestantski pastor, katerega rojstni datum in poreklo nista znana. Rodil se je med leti 1600 in 1610 verjetno na območju najjužnejše norveške pokrajine Skåne, ki je nekaj časa pripadala Danskim. Umrl je leta 1669 v Christianiji. Med leti 1626 in 1628 je študiral teologijo v Malmöju in v Köbenhavnu. Služboval je v Christianiji, Vålerju in Østfoldu. Bil je pisec pratike, zgodovinskih del, njegovo najbolj znano in najpomembnejše delo pa je prav *Geologia Norvegica* (NOE-NYGAARD, 1947; BRYHNI, 2011). V času svojega delovanja je imel stike z znanstveniki po Evropi, poleg tega je tudi intenzivno potoval, od koder je na Norveško prinesel svoje naravoslovno znanje (GABRIELSEN et al., 2005).

Za prvi zapis besede geologija v angleščini velja zapis v delu Roberta Lovella (okoli 1610–1690) iz leta 1661, natisnjenim v Oxfordu, ki se pojavi v njegovi knjigi *Panoryktologia, sive, Pammineralogicon, or, A universal history of mineralis* (Panoryktologia kot Pammineralogicon, ali splošna zgodovina mineralov). V literaturi je knjiga poznana s skrajšanim imenom *Pammineralogicon* in velja za prvo pomembnejše mineraloško delo v angleščini, ki se ukvarja predvsem z zdravilnimi



Naslovnica knjige Pammineralogicon iz leta avtorja Roberta Lovella (okoli 1610–1690) v kateri se beseda geologija prvič pojavi v angleškem jeziku.

lastnostmi mineralov (CAMPBELL SMITH, 1978). Lovell je v letih 1648–1659 obiskoval kolidž Christ Church v Oxfordu. Študiral je botaniko, zoologijo in mineralogijo. Njegova dela so izhajala v letih od 1658 do 1661, ko je živel še v Oxfordu. Kasneje se je odselil v Coventry, kjer se je ukvarjal s fiziko in raznimi poizkusi (ADAMS, 1932). Delo se sestoji iz dveh knjig, ki sta pogosto vezani skupaj. Celotna vsebina je razdeljena na poglavja Geologia – o zemlji, Metallogia – o kovinah, Hemi Metallogia – o pol kovinah, Halogia – o soleh, Theiologia – o žveplu in Lithologia – o kamnih. Po mnenju DEANA (1979) je beseda *geologia* nedvoumno Lovellov izum, saj si je v svojem delu izmislil tudi številne druge čudne izraze (npr. Panzoologicomineralogia, Zoologicomineralogica), ki jih je znotraj angleškega teksta pisal v starogrškem črkopisu. Tako kot pri Escholtu se beseda *geologia* ponovno pojavi le v naslovu in latinski obliki, kasneje v tekstu je ni zaslediti (DEAN, 1979).

Naslednja knjiga, v kateri se v angleščini pojavlja beseda geologija, nenazadnje tudi skozi citiranje *Geologie Norvegice*, je knjiga Roberta Plota iz leta 1686 z naslovom *Natural History of Stafford-Shire Oxford*. V svoje delu se med drugim loti opisovanja stratigrafije premoga, opiše nekatere značilnosti kamnin, ki jih danes opredelimo kot strukturno geološke značilnosti, uvede pa tudi nekatere geološke izraze (MENDYK, 1985). Plot je znan kot sekretar Royal Society, kot kurator prvega javnega muzeja Ashmolean, kakor tudi kot eden prvih, ki je opisal najdbe dinozavrov (DELAIR & SARJEANT, 1975). Plotovo delo sodi v obdobje, ko člani Royal Society prično intenzivne regionalne naravoslovne študije, med katere sodijo tudi študije kamnin in tal.

Po letnici Plotovi knjigi sledi knjiga Fabrizia Sessa iz leta 1687 z naslovom *Geologia del dotto-*

re sig. don Fabrizio Sessa, professore della sacra teologia, filosofia naturale, e delle matematiche: nella quale si spiega, che la terra, e non le stelle influisca ne' suoi corpi terrestri (Geologija doktorja gospoda Fabrizia Sessa, profesorja svete teologije, filozofije narave in matematike, v kateri pojasnjuje, da na telo vpliva zemlja in ne zvezde), ki je v italijanščini izšla v Neaplju. Njeno navajanje v literaturi je nekoliko protislovno. Na podlagi pregleda dostopnih digitalnih katalogov knjižnic ugotovimo, da je nedvoumno zabeležen le en izvod knjige, ki ga hrani Britanska knjižnica. Drugi izvod naj bi se nahajal v McGill University Library v Kanadi v arhivski zapuščini Franka Dawsona Adamsa, avtorja številnih del o zgodovini geologije, nekatere med njimi citiramo tudi v našem članku. Pri navajanju tega vira ni jasno, ali gre zgolj za izpiske iz knjige ali za knjigo samo. Glede na relativno zgodnjo objavo knjige bi pričakovali, da bodo knjigo analizirali tudi italijanski zgodovinarji geologije, ki tako goreče terjajo prvenstvo pri uporabi izraza geologija, vendar je v nam dostopnih delih nikjer niti ne omenjajo. Kljub vsemu navedbe različnih avtorjev dokazujejo, da je knjiga bila natisnjena. Citat iz Sessine knjige »*La Geologia che veramente è quella che discorre della Terra e suoi influssi*« (ADAMS, 1932) razlaga, da je geologija veda, ki razpravlja o Zemlji in njenih vplivih. Iz knjige je znanih še nekaj drugih podrobnosti. Vplivi, ki jih imajo zvezde, po mnenju astrologov izvirajo iz zemlje (EMMONS, 1904a), namen knjige pa je diskreditirati astrološke razlage pojavov na Zemlji, kar je bil po mnenju DEANA (1979) gotovo korak naprej pri vzpostavljanju geološke znanosti. Žal nam podrobnejša vsebina knjige ni znana, kakor tudi ne avtorjeva biografija.

Med leti 1680 in 1690 v Londonu izide delo *Tellurius Theoria Sacra* Thomasa Burneta, ki sproži številne odzive (GOULD, 1987). Poleg številnih drugih del so rezultat teh polemik tudi štiri knjige, katerih naslovi vsebujejo besedo *geologia*. Prvo knjigo *Geologia, or, discourse concerning the Earth before the deluge* (Geologija ali razprava, ki zadeva Zemljo pred vesoljnim potopom), ki predstavlja tudi prvi natisnjeni polemični zapis na Burnetovo delo (TAYLOR, 1950), je napisal Erasmus Warren. Knjiga je leta 1690 izšla v Londonu v založbi R. Chiswell. Glede na naslov bi sodobni bralec pomislil, da gre za geološko knjigo, a ima knjiga bolj malo opraviti s tem. Avtor knjige Erasmus Warren je bil rektor cerkve v Suffolku in strokovnjak za staro grščino in hebrejščino (TAYLOR, 1950) in ni mel nikakršnih terenskih izkušenj (ELLENBERGER, 1999). Namen Warrenove knjige, nekakšnega pamfleta, je bila obramba Svetega pisma, pri čemer je skušal pri razlagi nastanka pokrajine in kamnin zmanjšati pomen vesoljnega potopa, s tem je Burnetovi teoriji ustvaril nasprotno teorijo. Njegovi argumenti temeljijo le na Bibliji (ELLENBERGER, 1999). Burnet in njegovi kritiki so si izmenjali več pamfletov, v kasnejših razširjenih izdajah je *Tellurius Theoria Sacra* odgovarjala na Warrenove in druge kritike.

Druge knjige iz polemike so napisane v nemščini in so bile natisnjene na kontinentu. Prvi

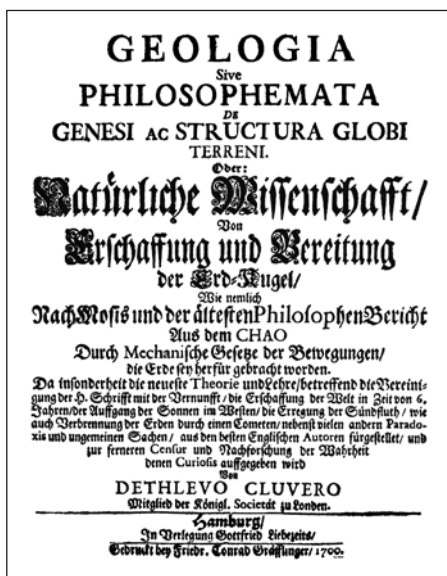
dve knjigi sta izšli leta 1700 in tretja leta 1701, čeprav je v notranjosti knjige napisano, da je bila za tisk pripravljena konec leta 1700. Knjige sledijo angleški polemiki in teorijam, ki so jih razvili na otoku. Knjiga Detlefa Cluverja (1645–1708) s polnim naslovom *Geologia sive philosophemata de genesi ac structura globi terreni: oder Natürliche Wissenschaft, von Erschaffung und Bereitung der Erd-Kugel, wie nemlich nach Mosis und der ältesten Philosophen Bericht aus dem Char durch Mechanische Gesetze der Bewegungen die Erde sey herfür gebracht worden: da insonderheit die neueste Theorie und Lehre, betreffend die Vereinigung der H. Schrift mit der Vernunft, die Erschaffung der Welt in Zeit von 6 Jahren, der Aufgang der Sonnen im Westen, die Erregung der Sündfluth, wie auch Verbrennung der Erden durch einen Cometen, nebenst vielen andern Paradoxis und ungemeynen Sachen* (Geologija, razprava o nastanku in strukturi zemeljske oble: ali naravna znanost o stvarjenju in zasnovi zemeljske krogle, kakor jo podajajo Mojzes in poročila najstarejših filozofov na osnovi značilnosti mehanskih zakonov o gibanju Zemlje, vsebuje: posebej najnovejšo teorijo in nauk, ki zadeva uskladitev Svetega pisma z razumom, stvarjenje Zemlje v šestih letih, vzhajanje Sonca na zahodu, vzroke za nastanek vesoljnega potopa, kakor tudi uničenje Zemlje zaradi trka s kometom ter mnoga druga protislovna in nenavadna vprašanja) je izšla v Hamburgu.

V povezavi s Cluvertovo *Geologijo* bomo v literaturi in v knjižnih katalogih naleteli na veliko zmešnjavo. Njegov priimek se pojavlja v številnih različicah in je pisan v različnih slovničnih kategorijah kot so Cluveri, Cluverus, Cluvero, Cluever in Clüver, prav tako tudi ime, ki je v katalogih zapisano kot Detlev, Detlef, Detleff, Dethlevo, Dethlevus in Dethlevi. Na naslovnici knjige sta njegovo ime in priimek zapisana latinizirano kot Dethlevo Cluvero. Dodatno zmedo vnašajo še nekateri drugi avtorji s podobnimi priimki, ki so prav tako delovali v sedemnajstem stoletju. Tako

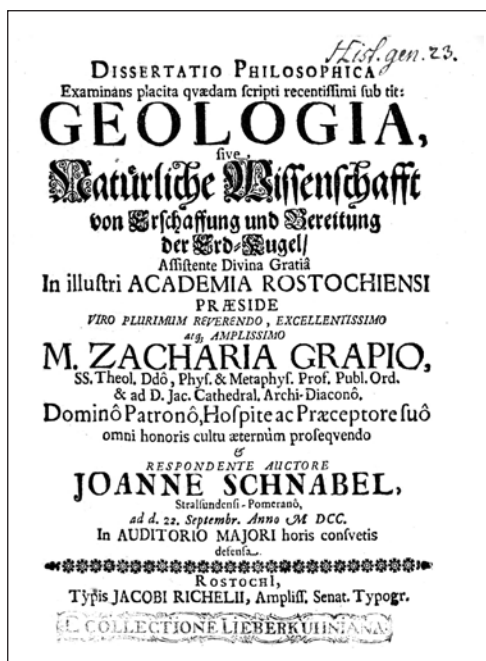
ADAMS (1933) navaja primer napačnega pripisovanja avtorstva besede *geologia* Philippu Cluverju (1580–1622) avtorju geografskih knjig o Italiji. Avtor naše knjige je deloval v nekoliko kasnejšem obdobju, živel je med leti 1645 in 1708. Za časa svojega življenja je veliko potoval, napisal je nekaj astronomskih, matematičnih in filozofskih del. Bil je tudi član Royal Society of London (HUNTER, 1976). Pričevanja o njem so ohranjena zlasti zaradi njegovega matematičnega udejstvovanja, ker je nasprotoval Leibnitzovi metodi infinitezimalnega računa in zaradi obsežne korespondence z Leibnitzem in Jacobom Bernoullijem (MANCOSU & VAILATI, 1990; PASINI, 1994). Za razliko od Warrenove Geologije je Cluverjeva knjiga zasnovana naravoslovno. Ukvarja se številnimi argumenti, ki naj bi ilustrirali trk Zemlje s kometom, to naj bi bil vzrok za nastanek Lune. Na koncu knjige je razlaga podkrepjena s skicami, ki zelo nazorno prikazujejo trk.

Druga knjiga z naslovom *Dissertatio Philosophica Examinans placita quaedam scripti recentissimi sub tit: Geologia, sive Natürliche Wissenschaft von Erschaffung und Bereitung der Erd-Kugel* (Filozofska disertacija, ki preučuje najnovejše spise pod naslovom: Geologija ali naravna znanost o stvarjenju in zasnovi Zemlje) je izšla istega leta kot Cluverjeva v Rostocku in predstavlja disertacijo. Ta knjiga v geološki literaturi ni znana. Avtor knjige Zacharius Grapo ali Grapio (1645–1713) je knjigo objavil kot disertacijo s področja filozofije, saj je leta 1699 postal profesor metafizike in fizike v Rostocku, leta 1701 pa še doktor filozofije (FROMM, 2011). Kot glavni spraševalec pri zagovoru je nastopil Joannes Schnabel, ki ga nekateri knjižni katalogi navajajo kot soavtorja disertacije. Tudi tukaj v knjižnih katalogih ne zasledimo enotnega navajanja naslova knjige, kakor tudi ne avtorja, katerega priimek se pojavlja tudi v obliki Grapius ali Grape. Zacharius Grapo je bil protestantski teolog, ki je poleg delovanja na univerzi opravljal tudi cerkvene službe, znan je predvsem po svojih teoloških delih (FROMM, 2011). Uvod v Grapovo *Geologijo* knjigo je napisan v latinščini, preostali del knjige pa v prepletu nemščine z obsežnimi latinskimi in starogrškimi citati. V začetnem delu se sklicuje tako na Cluverjevo *Geologijo*, kot tudi na Burnetovo *Tellurius Theoria Sacra* in kasnejše polemike, ne navaja pa Warrenove knjige. V veliki meri predstavlja Grapova knjiga polemičen odgovor na Cluverjevo *Geologijo*.

Če sta Cluverjeva in Grapova knjiga dostopni kot faksimile, temu ni tako v primeru polemike Joannesa Schnabla, ki sodi v isti sklop. Knjiga je bila objavljena v Rostocku s prav tako dolgim, nenavadnim in zelo težko prevedljivim naslovom; *Der Abgezählte Curiöser Zeit-Vertreiber: Welcher sich neulich in Hamburg unterstanden eine in Rostock gehaltene Disputation wieder die von Dethlev Cluvern herausgegebene Geologiam schimpfflich durchzuziehen und an Staat einer gelehrten Charteqve entgegen zusetzen; Einmahl für allemahl der gelehrten Welt öffentlich repräsentiret. Cum censura publica. Von Dem*



Naslovnica knjige Geologija Detlefa Cluverta (1645–1708) iz leta 1700.



Naslovnica knjige Geologija Zachariusa Grapa (1645–1713) iz leta 1700.

damahligen Respondente und Auctore Joanne Schnabel, Stralsund. Pomer. (Kratkočasnež, ki ljubi nenavadne stvari in si je nedavno drnil, da v Hamburgu žaljivo spregovori o disputaciji, ki so jo opravili v Rostocku v zvezi s knjigo Dethleva Cluverna z naslovom Geologija, namesto, da bi jo ovrigel z znanstvenim spisom; ter jo tako enkrat za vselej predstavil učeni javnosti in jo izročil v javno presojo. Predložil tedanji disputacijski poročevalec in avtor Joannes Schnabel iz Stralsunda na Pomorjanskem) Po do sedaj znanih podatkih hrani izvod knjige le Universitäts- und Forschungsbibliothek Erfurt – Gotha. Faksimile knjige na spletu niso na voljo, poznani tudi niso biografski podatki o avtorju. Iz niza, ki ga tvori Cluverjeva knjiga z Grapovo in Schnablovo polemiko sklepamo, da je šlo za zanimiv intelektualni spopad, v katerem je Cluverjeva teorija o nastanku Lune in strukturi Zemlje naletela na buren odziv.

Cluverjevo *Geologijo* omenja večina avtorjev, ki se ukvarjajo z razvojem besede geologija (ADAMS, 1933; DEAN, 1979; ELLENBERGER, 1999) in njeno zgodovino. Grapova in Schnablova knjiga v literaturi nista znani in ju po razpoložljivih informacijah na tem mestu v kontekstu nastanka in razvoja besede geologija omenjamo prvič.

Nekoliko kasneje po Cluvertovi knjigi in po polemikah, vezanimi na njegovo delo, je v knjižnih katalogih zaslediti še eno nemško delo, ki nosi v naslovu besedo geologija. Gre za knjigo Johann Gottfried Gregorijja (1685–1770) z naslovom *Die curieuse Orographia, Oder accurate Beschreibung derer berühmtesten Berge, In Europa, Asia, Africa und America: Mit denen auserlesensten Geologischen, Politischen, Physicalischen, Moralischen und andern notablen Anmerkungen und Historien, wie auch allen darbey sich ereignenden denckwürdigen Antiquitäten* (Zanimiva orografija, ali natančen opis pomembnih gora, v Evropi,

Aziji, Afriki in Ameriki, z njihovimi izbranimi geološkimi, političnimi, fizikalnim, moralnimi in ostalimi pomembnimi podatki in dogodki, kakor tudi z opisom omembe vrednih antikvitet), ki je izšla v Frankfurtu in Leipzigu leta 1715. Gregorij znan tudi pod psevdonimom Melissantes, je bil prav tako teolog in kaplan, ki se je ukvarjal z raziskavami domoznanstva, geografije in zgodovine (ANEMÜLLER, 1879). Napisal je večje število knjig, med katerimi je navedena knjiga med manj znanimi.

Geologija kot znanost

Navkljub temu, da so enciklopedične težnje prisotne že pred začetkom osemnajstega stoletja, se šele v tem stoletju oblikujejo jasne pobude za sistematizacijo razpoložljivega znanja. Ta prizadevanja nedvoumno dosežejo svoj višek v francoski Enciklopediji. Hkrati težnja po sistematizaciji znanja kaže, da se je znanost organizirala in da je tako postala sistematična v modernem smislu. To je vidno tudi skozi jasno izražene definicije geologije, ki se pojavijo v angleških in francoskih slovarjih, kompendijih in enciklopedijah osemnajstega stoletja in verjetno drugih evropskih jezikih.

V Veliki Britaniji se v sredini osemnajstega stoletja pojavijo slovarji, ki podajajo prve zapise angleške besede *geology* in njene definicije. Po datumu je najzgodnejša razlaga geologije v slovarju *Dictionarium Britannicum* (Britanski slovar), ki ga je Nathan Bailey objavil leta 1736. V slovarskem delu besede ne najdemo. Zasedimo jo v uvodu, kjer Bailey pravi, da so nekatere besede v uporabi le v modernih delih in v nadaljevanju našteje nekatere teh besed. Bailey omeni tudi besedo *geology*, ki jo opredeli kot »*Treatise or Description of the Earth*«. Po Baileyu geologija ni znanost, temveč razprava v obliki knjige (DEAN, 1979).

Po mnenju DEANA (1979) je prva prava objava besede *geology* v angleščini zabeležena v drugi izdaji *Philosophical Grammar* Benjamina Martina. Tako kot v večini primerov takratnih knjig ima tudi ta knjiga zelo dolg naslov *The philosophical grammar: being a view of the present state of experimented physiology, or natural philosophy. In four parts.* (Filozofska slovnica, ki predstavlja pogled na eksperimentalno fiziologijo in naravno filozofijo. V štirih delih). Četrty del nosi naslov *Part IV. Geology, containeth a Philosophical View of the terraqueous Globe, in all its Parts and Productions; as Minerals, Metals, Stones, &c. The Laus of Fluids; the Sea, its Tides, &c. Of Rivers, Springs, &c. Of Vegetation, and the Nature of Plants, Trees, &c. Of the Parts of animal Bodies and a Survey of the Nature of Beasts, Birds, Fishes, Insects, Reptiles, Shell-Animals, &c.* (Del IV. Geologija, ki vsebuje filozofski pogled na zemeljsko oblo, na vse njene dele in produkte, kot so minerali, kovine, kamni, itd., zakone tekočin; morja in njegovega nihanja, itd., o rekah, izviroh, itd., o vegetaciji in naravi rastlin, dreves, itd., o delih teles živali in o raziskavah narave zveri, ptičev,

rib, insektov, plazilcev in lupinarjev, itd.). Poleg geologije v svojem delu Martin opredeli še somatologijo, ki jo razume kot fiziko, kozmologijo, ki jo razume kot astronomijo in aerologijo, ki jo razume kot meteorologijo. V knjigi Martin geologijo ponovno opredeli kot »*the general Doctrine of the Globe*«. Vse, kar je zapisanemu skupnega, je po Martinu dejstvo, da gre v geologiji za celotno naravo (ang. natural history), ki se nanaša na Zemljo. Ta definicija je mnogo širša, kot jo razumemo danes. Martin v svojih kasnejših delih geologijo še obravnava, v nekaterih primerih geologijo razume kot opis, praviloma pa mu predstavlja področje znanja, bolj kot posebno vrsto literature. V njegovem delu iz leta 1737 *Bibliotheca technologica* (Tehnološka knjižnica) ponovno pravi, da geologija »*takes a view of the Earth and Sea, with all their various productions*« (obrnava Zemljo in morje ter vse njene različne produkte) in »*Geology is a Physiological Description of the Terraqueous Globe*« (geologija je fiziološki opis kopenskovodne oble), sestavljata jo dva dela, geografija in hidrografija (DEAN, 1979).

Na angleškem govornem področju se diskusija o definiciji besede geologija zaključila z Johnsonovim *English dictionary* (Angleški slovar) iz leta 1755, ki pomeni prelomnico tudi na drugih področjih angleškega jezika. Po njem je geologija »*the doctrine of the earth: the knowledge of the state and nature of the earth*« (veda o Zemlji: znanje o stanju in naravi Zemlje), kar je v svojem bistvu že današnja moderna definicija geološke znanosti. A *new universal etymological English dictionary* (Novi univerzalni etimološki slovar angleščine) iz leta 1764 avtorja Josepha Nicola Scotta postavi končno definicijo. Po njem je geologija »*the doctrine of the earth: the knowledge of its state and matter*« (DEAN, 1979).

Tudi francoski enciklopedisti posežejo na področje razprav o definiciji geologije. V prvi knjigi Enciklopedije iz leta 1751 Diderot vzpostavi opisno klasifikacijo znanja, ki jo je opredelil tudi z diagramom. V tem opisu je, kot eno od področij znanja definiral kozmologijo, kot znanost o univerzumu. To razdeli na »*Uranologie ou Science du Ciel*« (Uranologija ali znanost o nebu), v »*Aerologie ou Science de l'Air*« (Aerologija ali znanost o zraku), v »*Géologie ou Science des Continens*« (Geologija ali znanost o kontinentih) in »*Hydrologie ou Science des Eaux*« (Hidrologija ali znanost o vodi). Po DEANOVEM (1979) mnenju se je Diderot zgledoval po Martinu, vendar je prevzel le njegovo tvorbo besede, ne pa tudi definicije. V Enciklopediji samostojno geslo Geologija ne nastopa. Geološka tematika je obdelana šele v sedmem zvezku Enciklopedije v poglavju z naslovom »*Géographie physique*« (DEAN, 1979), ki ga je napisal eden od začetnikov francoske geološke šole Nicolas Desmarest (1725–1815).

V angleški literaturi je potekala polemika (EASTMAN, 1904a, 1904b, 1905; EMMONS, 1904a, 1904b, 1905; GEIKIE, 1905; ADAMS, 1932, 1933; ELLENBERGER, 1999), o tem, kdaj se je geologija kot oznaka za znanost resnično uveljavila v obliki, kot jo poznamo danes. Do uveljavitve besede pri-

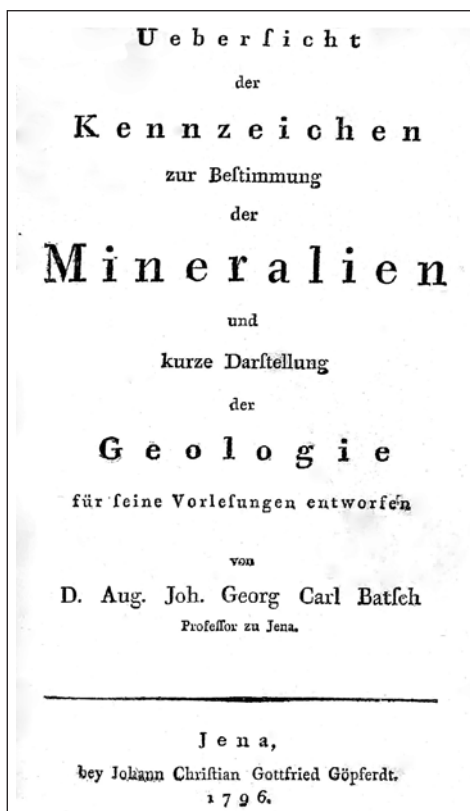
de v drugi polovici osemnajstega stoletja, tako v Angliji s pojavljanjem besede v slovarjih, kot tudi v Franciji in Nemčiji na kontinentu. Splošno soglasje je, da sta besedo v modernem pomenu začela uporabljati Jean André de Luc (1727–1817) in Horace-Bénédict de Saussure (1740–1799).

Besedo geologija je v francoski obliki »Géologie« leta 1778 v svojem delu *Lettres physiques et morales sur les montagnes et sur l'histoire de la terre et de l'homme* (Fizikalna pisma in zgodbe o gorah, zgodovini zemlje in človeka), ki je tega leta v nepopolni obliki izšla v Haagu, uporabil švicarski naravoslovec Jean André de Luc. V uvodu k svoji knjigi je zapisal, da za znanost, ki obravnava znanje o Zemlji, uporablja besedo kozmologija, pri tem še doda, da bi morala biti pravilna beseda geologija, ki pa je ne more uporabiti, ker beseda ni v splošni rabi. V letu 1779, ko izide popolna izdaja njegovega dela, uvod iz leta 1778 ponovi, skozi besedilo knjige pa še naprej uporablja besedo kozmologija. Istega leta izide prvi zvezek prvega temeljnega dela o Alpah *Voyages dans les Alpes (Potovanja po Alpah)*, ki je skupno v štirih knjigah izšlo v letih 1779 do 1796. Avtor tega dela je švicarski naravoslovec Horace-Bénédict de Saussure, ki med drugim velja za utemeljitelja alpinizma. V uvodu k prvi knjigi uporabi besedo geologija, pri tem za rabo besede ne poda nobene razlage. Beseda je zanj samoumevna. V nadaljevanju uvoda, uvede še izraz za geologa, ki je po njegovem mnenju vrsta naravoslovnega filozofa (GEIKIE, 1905). GEIKIE (1905) v daljšem poglavju, posvečenem de Saussureju, prvenstvo za sodobno in smiselno uporabo besede geologija, pripiše njemu in ne de Lucu. Prav tako iz Geikiejevega teksta izhaja, da je de Luc besedo uporabil bolj po naključju. Navkljub vprašanju o prvenstvu pri uporabi besede geologija tako de Luc (HEILBRON, 2005) kot de Saussure pri svojem znanstvenem udejstvovanju uporabljata geološke metode, ki vodijo k moderni geološki znanosti.

Dostopna angleška literatura v veliki meri zanemarja razvoj na nemškem govornem področju, čeprav je bila na področju razvoja geologije, v drugi polovici osemnajstega stoletja, Nemčija ena vodilnih držav. Že pregled kataložnih zapisov v



Horace-Bénédict de Saussure (1740–1799) utemeljitelj sodobne rabe besede geologija.



Naslovnica najstarejše knjige z besedo geologija v naslovu, ki jo hranijo knjižnice na Slovenskem avtorja Georga Carla Batscha (1761–1802). Knjiga izvira iz knjižnice Žige Zoisa.

knjižnicah pokaže, da je tudi v osemnajstem stoletju, kar nekaj del, ki jih citirani angleški članki ne poznajo. Čeprav je v Nemčiji pogosteje uporabljen izraz geognozija, se tudi izraz geologija vedno bolj in bolj uveljavlja. Takšno delo, ki ima v naslovu besedo geologija, je leta 1785 v današnjem Wrocławu (nem. Breslau) izdal Friederich Wilhelm Sack (1703–1786) z naslovom *Geologie: oder, Betrachtung der Erde* (Geologija, ali obravnava Zemlje). Knjiga se sicer v veliki meri ukvarja s položajem Zemlje v vesolju.

Pravo geološko delo je knjiga iz leta 1796, ki jo je napisal nemški naravoslovec August Joh. Georg Carl Batsch (1761–1802) z naslovom *Uebersicht der Kennzeichen zur Bestimmung der Mineralien und kurze Darstellung der Geologie für seine Vorlesungen entworfen* (Pregled označevanja mineralov in kratek prikaz geologije v obliki predavanj) in je izšla v Jeni. Batscheva knjiga je zanimiva tudi zaradi tega, ker jo hrani Narodna in univerzitetna knjižnica v Ljubljani in jo lahko obravnavamo kot najstarejšo knjigo v Sloveniji, ki ima v naslovu besedo geologija. Knjiga, ki je po obsegu debela le 112 strani, ima žig Lincejske knjižnice in izvira iz Zoisove knjižnice. Skupaj z njo sta vezani še dve mineraloški deli, ki obravnavata Wernerjevo mineraloško sistematiko, in knjiga z naslovom *Taschenbuch für Freunde der Gebirgskunde* (Priročnik za prijatelje goroslovja), in med drugim vsebuje prevode Hamiltonovih zapisov izbruha Vezuva. Batschova knjiga je sestavljena iz dveh delov. Prvi del nosi naslov *Pregled mineralov* in je v njem podana sistematska mineralogija, drugi del nosi naslov *Geologija*. Sestav-

lja ga sedem poglavij, v katerih je opisan nastanek Zemlje in njena zgradba, poleg je še dodatno poglavje o površini Lune. Knjiga je univerzitetni učbenik, po katerem je Batsch na univerzi v Jeni predaval mineralogijo in geologijo. V knjigi ni nobenih zaznamkov ali zabeležk, na podlagi katerih bi lahko sklepali na njene bralce. Prav tako lahko le ugibamo, ali je imela kakšen vpliv na razvoj geološke znanosti v Sloveniji.

Beseda geologija v slovenskem jeziku

Po obsežni analizi izvora besede geologija v mednarodni literaturi in tujih jezikih si seveda zastavimo vprašanje, kdaj se je beseda geologija prvič pojavila v slovenskem jeziku. Vanj so beseda geologija in druge sorodne besede nedvomno prišle preko nemščine. V tistem času se je večina izobražencev šolala na Dunaju ali v drugih nemških deželah, tako je takšna razlaga povsem razumljiva. Avstrijsko cesarstvo je skoraj vzporedno sledilo razvoju geološke znanosti v Evropi in v prvi polovici 19. stoletja, so na Dunaju pričele nastajati prve znanstvene in visokošolske ustanove s področja geoloških znanosti. K temu razvoju so velik del prispevali tudi slovenski geologi, kot sta Marko Vincenc Lipold in kasneje Karel Hinterlechner, če omenimo le najbolj znani geološki osebnosti slovenskega rodu pred razpadom Avstro Ogrske monarhiije.

Podrobnejše analize časovnega pojavljanja besede geologija in njej sorodnih besed v slovenskem jeziku ne poznamo. Vsekakor bi takšna analiza terjala zelo obsežno raziskavo, kljub temu nam del informacij o tem lahko odstrejo digitalizirani literaturni viri.

V korpusu besedil Digitalne knjižnice Slovenije se koren *geol-* in beseda geologija v pridevniški obliki v nemškem jeziku prvič pojavita 4. 03. 1813, v uradnem glasilu Ilirskih provinc *Officieller Telegraph* številka 18. Naslednja objava, prav tako v nemškem jeziku, sledi v *Laibacher Zeitung* 18. 10. 1822. V tridesetih letih 19. stoletja se v nemškem jeziku začenjajo pojavljati objave besede geologija in drugih njej sorodnih besed tudi v publikacijah *Illyrisches Blatt*, *Intelligenzblatt zur Laibacher Zeitung* in *Amtsblatt zur Laibacher Zeitung*, v štiridesetih letih pa tudi v italijanskem časopisu *L'Istria*. Pojavljanje besede postane pogosto, pogostost njenega pojavljanja se še poveča z ustanovitvijo Državnega geološkega zavoda na Dunaju. Z ustanovitvijo tega zavoda je povezana tudi prva slovenska objava korena *geol-*.

Prvo slovensko besedilo, v katerem se pojavi koren *geol-*, je bilo objavljeno v časopisu *Slovenija* 27. 11. 1849. Besedilo v rubriki *Austrijsko cesarstvo – Austrijanska dežela* na strani 379 poroča o ustanovitvi državnega geološkega zavoda. Del besedila, ki se nanaša na to ustanovitev, se glasi: »Na predlog ministra rudarstva *Thinfelda* je državni inštitut za geologiško preiskanje dežel postavljen. Ta naprava je posebno za rudarstvo koristna. Letni dohodki tega instituta so 31.000 gold. za prvo osnovo.«

Naslednja navedba, v kateri se besedilo navezuje na geologijo le posredno, je objavljena v 14. številki Vradnega lista, z dne 23. 07. 1850. Na prvi strani so navedeni razpisi, povezani z organizacijo svetovne – obrtniške razstave v Londonu. Med drugim je navedena sestava članov stavbnega odbora za gradnjo nove Westminsterse palače, katere član je tudi » ... *geolog Lyell*, ...«. Poleg navedbe poklica geologa, je ta navedba zanimiva tudi zaradi tega, ker priča o tem, da se v tem času geologi že vključujejo na področje uporabe geologije izven izkoriščanja mineralnih surovin, na področje, ki ga danes pokriva inženirska geologija. Informira nas tudi o tem, da avtor temeljnega geološkega dela 19. stoletja ni bil le teoretik.

Naslednja geološko obarvana navedba je bila objavljena v Ljubljanskem časniku z dne 13. 08. 1850 na strani 155. Kratka notica poroča: »*Dr. Schmidl je prišel te dni po naročilu geologiškiga državniga društva na Krajnsko, de bo podzemljsko jamo v Postojni pregledal.*«

Besedo geologija v različnih oblikah zelo pogosto uporablja Davorin Trstenjak (1817–1890) v svojih domoznanskih prispevkih, ki jih je objavljajl v takrat najpomembnejšem slovenskem časopisu Novice kmetijskih, obertnijskih in narodnih reči. Prvič zasledimo besedo v pridevniški obliki v sestavku *Zgodovinski pomenki iz rokopisa »Kdo so bili Noricani in Panonci, Kelti ali Slovenci?«,* ki ga je objavil leta 19. 03. 1853, v 23 številki na straneh 89–91. To je tudi prvič, da se beseda pojavi v Novicah. Od te objave dalje so zapisi besede geologija v tem časopis vedno pogostejši. Oglejmo si Trstenjakov zapis v celoti, saj poleg slikovitosti kaže tudi na to, da je svojim tekstom skušal vdihniti tudi naravoslovno noto in da je zgodovino razumel skozi naravni razvoj in ne le s stališča človeka. Besedilo se v originalni obliki glasi: »*Od zelene Pohorske gore se začne prodnata ravnina, kateri pravijo ptujsko polje. Vsaka stopinja, ktero človek tu stori, je posvečena. Ne samo, da so tukaj, kakor geologička preiskovanja pričajo, enkrat strašne nevihte razsajale in je celo polje v pradobi (starodavnosti) pod vodo stalo, – ne samo, da si je dereča Drava po tem polju večkrat svoje rečišče spremenila, tudi na tej široki ravnici je tekla človečja kri curkoma in je terdi prod napajala.*«

Naslednja njegova objava, v kateri se pojavlja beseda geologija, je iz istega leta. Dne 12. 10. 1853, je na straneh 326–327 v Novicah objavil prispevek *Starozgodovinski pomenki*, v katerem v opombi pod črto, ko razglablja o izvoru besede goret, zapiše stavek »*Koliko pretelitovanja je bilo treba, da so geologi do vulkaniške theorie prišli, in kako blizo je bila starim narodom!*« O geologiji govori Trstenjak tudi v svojih kasnejših objavah v časopisu Novice.

Pri zgodnjem navajanju besede geologija v slovenskem časopisju velja omeniti rubriko časopisa Novice z naslovom *Novičar iz austrijskih krajev*. V kratkih novicah iz različnih krajev časopis poroča o različnih dogodkih, povezanih z geologijo. Tako dne 11. 06. 1853 časopis poroča, da odslej »... *geologična državna naprava* ...« sodi

pod notranje ministrstvo, ker je bilo ministrstvo za rudarstvo ukinjeno. Dne 23. 09. 1854 rubrika poroča o letopisu goriške gimnazije. Med drugim zapiše: »*Na čelu letopisa nahajamo dva sostavka enega modroznanskega od „občutkov“, drugoga zemljoznanskega (geologičnega) okolico goriško popisujočega.*« V Novicah se v rubriki Slovenski popotnik dne 06. 07. 1853 pojavi novica: »*V Pragi je prišel na svetlo nemško češki slovník imenoslovja za gimnazie in realne šole. Imenoslovje je za sledeč učne predmete sestavljeno: za gramatiko, ... *geologie* ...*«.

Od leta 1853 dalje se beseda geologija in njene izvedenke v časopisju pojavljajo čedalje pogostje. Končajmo naš zapis o pojavljanju besede geologija s prvim obsežnejšim zapisom o geologiji v slovenskem jeziku. Avtor, ki se je podpisal le z inicialko D., je z naslovom *Iz Ljubljane* v rubriki Novičar iz austrijskih krajev dne 31. 05. 1856, v Novicah na straneh 177–178 objavil prispevek o začetku geološkega kartiranja slovenskega ozemlja. Ker gre za izredno zanimiv zapis, ga v nadaljevanju navajamo v celoti.

»*Zemljoznanska preiskava Krajnskega in Goriškega. Vedno bolj se razcvetuje imenitna vednost zemljoznanstva ali geologija, ktere namen je osnovo zemlje iz raznih skalnatih skril, starost in verste kamnatih leg, iz katerih obstaja kamenje in v katerih se rude nahajajo, pa tudi rastline in živali, ki so nekdanj na zemlji bile, pa pozneje popolnoma poginile, iz okamnin jasno dokazati. V povzdigo te vednosti je bila že v letu 1849 na Dunaji ustanovljena posebna naprava pod imenom „geologische Reichsanstalt“ ktere namen je, se z zemljoznanstvom vsega avstrijskega cesarstva pečati. Ta državna naprava je pod vodstvom slovečega Haidingerja, očaka avstrijskih naravoslovcev. V svojih prostornih poslopih hranuje nezmerne zbirke, ki v to vednost spadajo. Ona pošilja vsako leto svoje uradnike, državne zemljioslovce (reichsgeologen) po raznih deželah našega cesarstva, da tam nabirajo znamenitosti, in obrise dežela napravljajo. Že lansko leto se je na Gorenskem gosp. dr. Peters več mescev mudil. Letos sta prišla v preiskavo Krajnskega in Goriškega dva učena gospoda, namreč gorski svetovavec Lipolt, rojen Slovenec iz spodnjega Štajarskega, in D. Stur, rojen Slovak. Pervi bode obhodil ložki kanton, idrijske gore, potem celo krajnsko stran na levem bregu Save do koroške in štajarske meje, od Teržica do Zagorja. Gosp. Sturu pa so odločeni: Logatec, Planina, Postojna, Vipava, cela sočka dolina in Bohinj. Priljudna gospoda, s kterima smo se v Ljubljani pomenkovali, sta nam razodela, da ona vsakemu, kteri koli od nju zavoljo posebnega kamnja ali rud, ki se v njegovem kraji nahajajo, kakega razjasnjenja ali nasvetovanja želi, iz serca rada po svoji vednosti in po svoji prepričbi brez plačila postrežeta. Njuni namen ni le zemljioslovne posebnosti naše dežele nabirati, temuč tudi vse, karkoli nju vednost v povzdigo kmetijstva, gojzdnarstva in rudnarstva svetovati zamore, vsakemu povedati. Gotovo bo marsikteremu v korist, v rudništvu zvedena moža za svet poprašati pri kopanju rude, ker se mnogi*

brez vednosti v to reč zarinejo in dragi dnar in čas tratijo. Oba gospoda sta nas pa tudi naprosila, po »Novicah« na znanje dati, da bi ju možje, ktere ta vednostnika, v težavni preiskavi podpirali in jima posebnosti svojih krajev na znanje dajali, n.pr., kje se to ali uno posebno kamenje lomi itd. Močno jima bode vsak ustregel, kdor jima naznani, kje se kake okamnine in kake druge posebnosti nahajajo. Zvediti pa, kje ravno danes in jutri potujeta ta dva gospoda, bo vsakemu lahko, ako le enmalo tam pa tam poprašuje. Naj bi tedaj nihče ne zane-maril lepe prilžnosti, kteri želi kaj zvediti, – naj bi pa naši rojaki ludi po stari lepi navadi prijazno sprejemali verla gospoda, kamor prideta in jima na roko šli kar morejo!»

Razprava

Geološke metode se v veliki meri razlikujejo od metod ostalih naravoslovnih ved. Omenimo le nekatere značilnosti, ne da bi se pri tem globlje spuščali v epistemologijo vede. Pri svojem delu pogosto posega po narativnih strukturah in metodah hermenevtike (FRODEMAN, 1995; RAAB & FRODEMAN, 2002) v tistem delu, kjer se posveča razlagi nastanka Zemlje in v zadnjih desetletjih tudi nastanku teles v vesolju, je to zgodovinska znanost (CLELAND, 2001, 2002), za katero je značilno, da se s predmetom svojega preučevanja sooča le preko posrednih materialnih dokazov. Zaradi tega se, sicer nehote in z zatisnjenimi očmi, pogosto približa načinu delovanja humanističnih in družboslovnih ved.

Razprave o izvoru in nastanku Zemlje v obdobju od 17. do začetka 19. stoletja so filozofske in teološke narave in vpogled v ta razvojni vidik geologije kaže na njen zgodovinski karakter (GOHAU, 1990). Zaradi tega je poznavanje zgodovinskega razvoja geologije za geološko znanost morda še toliko bolj pomembno, kot je to pomembno za ostale naravoslovne vede. In prav poznavanje razvoja besede geologija nam odstre nekaj zgodovinskih značilnosti geološke znanosti.

Iz prikazanega pojmovnega razvoja besede geologija izluščimo tri obdobja. V prvem obdobju, ki traja vse do leta 1657, to je do objave Escholtove knjige *Geologia Norvegica*, je pojavljanje besede geologija in njej podobnih besed zgolj naključje, ki je posledica poigravanja z besedami, brez globljega razmisleka. Drugo obdobje sega od 1657 do 1751. Konec tega obdobja predstavlja pojav besede geologija v francoski Enciklopediji. Čeprav je po DEANOVEM (1979) mnenju pojavljanje besede geologija v obdobju baroka predvsem posledica mode, ko so bile zelo popularne različne bolj ali manj eksotične besedne skovanke, v tem obdobju kljub temu ne gre več zgolj za rekreativno besedotvorstvo. Evolucija besede geologija in njenega razumevanja je tudi rezultat razvoja geološke znanosti. To je obdobje iskanja pomena besede in hkrati obdobje vzpostavljanja geološke znanosti, iskanje prave definicije in iskanje pomena porajajoče se znanosti. V večini primerov se avtorji zgodnjih del, v katerih se pojavi bese-

da geologija, vsaj posredno ukvarjajo s temami, ki so značilne za kasnejša geološka znanstvena dela. Njihovo pisanje je še v veliki meri vezano na prehod v znanstvenem svetovnem nazoru, ko iz sprejemanja biblijskih razlag, ljudskih verovanj in aristotelskega pogleda na svet prehajajo v moderno znanstveno razlago. Prav zaradi tega razvoj in definicija geologije kot znanstvene vede sovpadata z znanstveno revolucijo, z industrijsko revolucijo pa doživita potrditev in dokončno opredelitev vsebine in pomena. Od leta 1751 dalje, je geologija natančno definirana veda, ki si utira svojo pot v univerzitetne kroge in v državne ustanove, kjer sodeluje pri iskanju in zagotavljanju surovin za industrijsko revolucijo. Tak razvoj ni prisoten le v Veliki Britaniji, katere geološka zgodovina je najboljše preučena, temveč tudi drugod po kontinentalni Evropi, na primer na nemškem govornem območju, kamor v takratnem obdobju sodi tudi Slovenija. To dokazuje Batscheva knjiga iz leta 1797, ki jo hrani Narodna in univerzitetna knjižnica. Ta knjiga ni delo, v katerem bi se avtor spraševal o temeljih geološke znanosti. V knjigi je geologija jasno in nedvoumno opredeljena, kar je lahko le posledica daljšega in premočrtnega razvoja.

Beseda geologija je skozi razlago nastanka sveta sprva le v teološki rabi. To ni le posledica tega, da so se s temi vprašanji ukvarjali teologi, ki so predstavljali večinski delež takratnih izobražencev, temveč zaradi tega, ker je vprašanje o nastanku in izvoru sveta pred začetkom razvoja sodobne znanosti predvsem teološko in filozofsko vprašanje. Šele takrat, ko čas postane neskončen, ali vsaj izredno dolg, preide vprašanje nastanka Zemlje iz območja teologije v območje naravoslovja. Ta prehod moremo slediti v celotnem razvojnem nizu geološke znanosti in zgolj vpogled v pojmovni razvoj besede geologija ne more zadoščati. Toda v pomenskih premikih razumevanja besede geologije in definicije geologije, kot znanosti, se zrcalijo prav te spremembe.

V okviru analize razvoja pojma geologija, si je zanimivo ogledati tudi pojem geognozija, ki je na prehodu iz osemnajstega v devetnajsto stoletje konkurenčen pojmu geologija. Rivalstvo med pojmom je le navidezno. Geognostično gledanje na kamnine in sedimente je vezano na izkoriščanje mineralnih surovin in na iskanje produktivnih rudnih teles. Na podlagi tega v Češko-Saškem rudogorju nastanejo klasifikacijski sistemi mineralov in kamnin. Vendar ti sistemi sami po sebi še ne pomenijo konsistentne geološke teorije, temveč le stopnico proti njej. Teorija se vzpostavi šele, ko zgolj klasifikacija ne zadošča več za učinkovito izkoriščanje rud, temveč je potrebno razviti tudi razumevanje razvoja kamnin in rud. To privede k širši teoriji, k spraševanju o genezi pokrajin in Zemlje. Na tej točki se v osemnajstem stoletju geognozija sreča s teološko in filozofsko pogojevo geologijo, ki jo zanima predvsem geneza. In v trenutku srečanja med geognozijo in geologijo slednja zaradi svoje splošnosti prevzame pobudo. Geologija označuje teoretični pristop, geognozija empirični in utilitarni pogled na kamnine in sedi-

mente. Pregled razvoja pojmovanja besede geologija nakaže prav to, geologija nikoli ni le veda o posamezni kamnini ali posameznemu pojavu, vedno je teoretično in posplošeno spraševanje o nastanku in razvoju Zemlje, znotraj katerega lahko najde svoj prostor tudi geognostični pogled.

Pri zgodovinski analizi razvoja pojma geologije lahko uporabimo orodje strukturalistične lingvistične teorije, ki pri besedah ali znakih loči označevalec in označenec. Medtem, ko se označevalec skozi čas spreminja od besed, kot so: *geologia*, *giologia*, *geologie* do končnega *geologija* oziroma do izvedenk v različnih jezikih (npr. geologija, geology, Geologie, géologie), in ko so te razlike relativno majhne, se označenec skozi čas spreminja mnogo bolj. Te spremembe odsevajo spremembe v teoriji, odsevajo prenos od teološkega k posvetnemu, od filozofskega k naravoslovnemu ali še boljše, vodijo do preseka med filozofskim in naravoslovnim, ki se mu geologija pri obravnavi časa nikakor ne more izogniti ali se ga rešiti.

Razvoj pojmovanja besede geologija odpira tudi vprašanja o anticipaciji idej, ki je eno pomembnejših vprašanj pri analizi razvoja znanstvenih teorij in odpira nekatera spoznavno teoretska vprašanja v filozofiji znanosti. Problem anticipacije idej v znanosti najlažje opišemo z reklom, da aktivna generacija znanstvenikov vedno deluje na »ramenih velikanov«. Tako revolucionarne znanstvene ideje in teorije, kot tudi normalna trenutna znanost v Kuhnovem smislu pri svojem razvoju izhajajo iz predhodnega znanja in iz trenutne družbene stvarnosti. Od tod sledi, da so nekateri deli novega znanja že vsebovani v preteklem in obstoječem znanju.

Razvoj znanosti kaže, da postaneta ideja ali teorija pomembni šele takrat, ko sta v znanstveni skupnosti sprejeti s konsenzom. V začetku imajo nove teorije številne nasprotnike, nato se z izčiščenjem in polemiko te kritike poležejo. Ko se nasprotovanja umirijo, se vzpostavi obraten proces. Disciplinarna znanost, znotraj katere je teorija nastala, ali druge znanosti, katerih predmet je preučevanje znanosti (npr. sociologija, zgodovina ali filozofija znanosti), se pričnejo spraševati o tem, kako se je posamezna ideja ali teorija razvila. Pri teh raziskavah raziskovalci odkrivajo, da so nekatere od idej ali razlage bile vzpostavljene že pred teorijo samo. Celo več, skoraj vedno opazimo, da je drobcev, ki anticipirajo aktualno teorijo veliko in da so raztreseni vsepovsod. Prav tako opazimo, da so nekateri avtorji in znanstveniki to idejo ali teorijo nakazali že mnogo pred tem, vendar ni doživela uveljavitve. Izkaže se tudi, da te ideje niso nikoli razvite do te mere, da bi lahko nadomestile sodobno uveljavljeno teorijo ali idejo. Kažejo le delno podobnost ali predstavljajo le ozek izsek trenutne teorije ali ideje. V času, ko nastanejo, so nepomembne ali stranske poti v glavnem razvoju. Samostojno ne predstavljajo ničesar, enakovreden pomen imajo le v celotnem in trenutno veljavnem korpusu znanja. Aldrovandijeva beseda *giologia* sodi v tak okvir. Od trenutka dalje, ko se pojavi, nima vpliva na prihodnji

razvoj, toda ko razvoj v pojmovanju geologije doseže današnjo stopnjo, nastopi zgodovinska analiza poti, ki je privedla do aktualnega stanja. Šele takrat se odkrijejo drobci, podobni Aldrovandijevi besedi, ki dokazujejo postopen razvoj.

Razvoj pojma geologija kaže na vzpostavljane definicije geološke znanosti. Od naključnih navedb, do občasne rabe besede, pa vse do nje uveljavitve in končne, soglasne definicije. Pri tem razvoju se zastavlja vprašanje, v kakšni meri sta komunikacija in sodelovanje med znanstveniki pripeljali do vzpostavitve današnjega stanja. Mnenje avtorjev, ki se ukvarjajo z zgodovino geologije in izvorom njenega poimenovanja je, da so bili v preteklosti stiki na mednarodni ravni zelo živahni in da so informacije krožile preko osebnih stikov in intenzivnega dopisovanja. Preko takšne komunikacije naj bi se vzpostavil tudi pomen besede geologija. V kakšni meri je to bila posledica izmenjav in medsebojnega komuniciranja, bi lahko ugotovili le, na podlagi natančnih raziskav, neposrednih arhivskih virov. Z gotovostjo lahko trdimo le, da nekatera poimenovanja, zlasti zgodnja, ko sta de Buryevo in Aldrovandijevo, niso nič drugega kot naključje in rezultat inventivnosti avtorjev. Čeprav je objave v drugi polovici sedemnajstega stoletja prav tako videti kot sad naključja, zlasti tam, kjer se beseda geologija pojavlja le v naslovu dela, nam pogostost pojavljanja besede kaže, da je beseda »v zraku« in da je rezultat izmenjave mnenj in informacij med izobraženci. Nekateri avtorji trdijo, da je naslov knjige *Geologia Norvegica* dokaz stikov skandinavskega in italijanskega prostora (NOË-NYGAARD, 1947), kar je verjetno pretirana trditev, gotovo pa velja, da je nekoliko kasnejše uveljavljanje besede geologija že rezultat sklicevanja na reference. Vsaj v primeru polemike, izzvane z Burnetovo knjigo *Tellurius Theoria Sacra*, in v navezavi na polemični trikotnik avtorjev Cluver – Grapo – Schnabel to drži. Z vzpostavitvijo referenčnega aparata je pot za rabo besede prosta. Medsebojni stiki privedejo do tega, da postane beseda razpoznavna tudi izven filozofsko teoloških razprav o nastanku sveta. Z vstopom v slovarje in francosko Enciklopedijo postane beseda uveljavljena in geološka znanost natančno definirana.

Analiza rabe besede geologija prav tako odkriva naravo znanstvenih stikov in postopno vzpostavljanje znanstvene skupnosti na slovenskem ozemlju. Časopisni članki, ki smo jih navedli, dokazujejo, da sta se beseda geologija in njen pomen polno uveljavila tudi na slovenskem govornem območju. Vendar je pot njenega uveljavljanja drugačna od razvojne poti v svetovni literaturi. Ob nastopu ima beseda geologija v slovenščini že natančen in jasen pomen, ki ne pušča dvomov, teoretično ozadje znanosti, ki jo označuje beseda, je že jasno opredeljeno. Besedo slovenski jezik prevzame iz nemščine. Da je temu tako sklepamo na podlagi vrste dokazov. Najpomembnejši so kulturno znanstveni stiki z nemškim prostorom, saj se skoraj vso takratno izobraženstvo šola v nemškem jeziku. Nadaljnji stik dokazujejo knjige s področja geologije, ki so ohranjene v knjižnih

zbirkah slovenskih knjižnic, stike nakazuje tudi narava citatov v takratni publicistiki. V svetovni literaturi se je beseda geologija najprej uveljavila v znanstveni literaturi, šele nato je prešla v splošno rabo. V slovenščini je ta pot obratna, beseda se najprej uveljavi v splošni publicistiki – novinarstvu, preko povzemanja novic ter preko povzemanja tuje znanstvene literature. Šele nato beseda preide v poljudnoznanstveno literaturo in v strokovno znanstveno publicistiko. Pravi geološki znanstveni članki, napisani v slovenskem jeziku, se pojavijo šele po prvi svetovni vojni.

Sklep

V večini sedanjih znanstvenih okolij je geologija pod močnim udarom in prevlado eksperimentalnih ved, ki od nje terjajo prilagajanje njihovi hitrosti in načinu objavljanja rezultatov. To geološko znanost vedno bolj in bolj sili k opuščanju klasične narativno hermenevitične metode in zgolj k podajanju numerično podprtih rezultatov. Kljub temu tega stila mišljenja geologija ne sme opustiti. Tudi zaradi tega ne, ker se na tem področju odpirajo številna raziskovalna vprašanja, ki jih geologi ne moremo pustiti vnmara. Takšno področje raziskav smo nakazali tudi v našem prispevku. Odpirajo se spoznavno teoretična vprašanja in hkrati tudi vprašanja o geološki znanosti v njenem nacionalnem in kulturnem okolju.

Zahvala

Za pomoč pri iskanju in zbiranju literature ter virov se avtor zahvaljuje knjižničarki Oddelka za geologijo Barbari Bohar Bobnar. Hvala doc. dr. Valentini Sorčan Hribar za pomoč pri prevodih iz francoščine, doc. dr. Tanji Žigon za prevode naslovov Cluverjeve in Schnabelove knjige, prof. dr. Nike Pokorn za posredovanje prevodov, dr. Walterju Poltnigu za pomoč pri razumevanju stare nemščine, prof. dr. Simonu Pircu za pomoč pri prevodih in natančno recenzijo in prof. dr. Jožetu Čarju za recenzentsko spodbudo. Seveda gredo vse neodkrita napake na rovaš avtorja.

Viri in literatura

- ADAMS, F.D. 1932: Earliest use of the term Geology. *Bulletin of Geological Society of America*, 43: 121-123.
- ADAMS, F.D. 1933: Further note on the earliest use of the word Geology. *Bulletin of Geological Society of America*, 44: 821-826.
- ADAMS, F.D. 1938: *The Birth and Development of the Geological Sciences*. The Williams and Wilkins Company, New York: 550 p.
- ANEMÜLLER, E. 1879: Gregorii, Johann Gottfried. *Allgemeine Deutsche Biographie*, 9: 630-631. <http://www.deutsche-biographie.de/sfz23590.html> (14. 08. 2011)
- BRYHNI, I. 2011: Mikkel Pederssøn Escholt – utdypning Store Norske Leksikon. http://www.snl.no/.nbl_biografi/Mikkel_Pederss%C3%B8n_Escholt/utdypning (14.08.2011)
- CAMPBELL SMITH, W. 1978: Early mineralogy in Great Britain and Ireland. *Bulletin of British Museum (Natural History)*. Historical Series, 6/3: 49-74.
- CLELAND, C.E. 2001: Historical science, experimental science, and the scientific method. *Geology*, 29/11: 987-990, doi:10.1130/0091-613(2001)029<0987:HSESA T>2.0.CO;2.
- CLELAND, C.E. 2002: Methodological and epistemic differences between historical science and experimental science. *Philosophy of Science*, 69: 447-451, doi:10.1086/342455.
- DEAN, D.R. 1979: The word geology. *Annals of Science*, 36/1: 35-43, doi:10.1080/00033797900200111.
- DELAIR, J.B. & SARJEANT, W.A.S. 1975: The Earliest Discoveries of Dinosaurs. *Isis*, 66/1: 5-25, <http://www.jstor.org/stable/229523> (14. 08. 2011).
- EASTMAN, C.R. 1904a: Notes on the History of Scientific Nomenclature. *Science*, 20/517: 727-730, doi:10.1126/science.20.517.727.
- EASTMAN, C.R. 1904b: *Variae Auctoritatis*. *Science*, 20/502: 215-217, doi:10.1126/science.20.502.215-a.
- EASTMAN, C.R. 1905: Deluc's 'Geological Letters'. *Science*, 21/525: 111, doi:10.1126/science.21.525.111.
- ELLENBERGER, F. 1999: *History of Geology*, volume 2. A.A. Balkema, Rotterdam: 404 pp.
- EMMONS, S.F. 1904a: The Term 'Geology'. *Science*, 20/521: 886-887, doi:10.1126/science.20.521.886.
- EMMONS, S.F. 1904b: *Variae Auctoritatis*. *Science*, 20/512: 537, doi:10.1126/science.20.512.537-a.
- EMMONS, S.F. 1905: Deluc Versus De Saussure. *Science*, 21/529: 274-275, doi:10.1126/science.21.529.274-a.
- FRODEMAN, R. 1995: Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geological Society of America Bulletin*, 107/8: 960-968, doi:10.1130/0016-7606(1995)107<0960:GRGA AI>2.3.CO;2.
- FROMM, 2011: ADB: Grapo, Zacharias. http://de.wikisource.org/wiki/ADB:Grapo,_Zacharias (14. 08. 2011).
- GABRIELSEN, R.H., BRUTON, D.L., BRYHNI, I. & RAMBERG, I.B. 2005: On the shoulders of giants – Musing on the history of geoscience in Norway. *Norwegian Journal of Geology*, 85: 3-20. http://www.geologi.no/data/f/0/06/84/1_22301_0/Gabrielsen.pdf (14. 08. 2011).
- GEIKIE, A. 1905: *Founders of Geology*. Macmillan and Co., Limited, London: 486 p.
- GOHAU, G. 1990: *A History of Geology*. Rutgers University Press, New Brunswick: 259 p.
- GOULD, S.J. 1987: *Time's Arrow Time's Cycle*. Harvard University Press, Boston: 222 p.
- HEILBRON, J. 2005: Citizen de Geneve and philosopher to the queen of England. *Archives Des Sciences*, 58/1: 75-92.
- HUNTER, M. 1976: *The Social Basis and Changing Fortunes of an Early Scientific Institution: An Analysis of the Membership of the Royal*

- Society, 1660-1685. Notes and Records of the Royal Society of London, 31/1: 9-114, doi:10.1098/rsnr.1976.0002.
- MANCOSU, P. & VAILATI, E. 1990: An Early Opponent of the Leibnizian Differential Calculus. *Centaurus*, 33/3: 325-344, doi:10.1111/j.1600-0498.1990.tb00730.x.
- MARABINI, S., DONATI, L. and VAI, G.B. 2003: Ulisse Aldrovandi's printing contract 1594. In: VAI, G.B. & CAVAZZA, W. (eds.): *Four Centuries of the Word Geology – Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*. Minerva Edizioni, Bologna: 113-126.
- MENDYK, S. 1985: Robert Plot: Britain's 'Genial Father of County Natural Histories'. Notes and Records of the Royal Society of London, 39/2: 159-177, doi:10.1098/rsnr.1985.0007.
- NOE-NYGAARD, A. 1947: Om det første Brug av ordet Geologi. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening*, 11: 220-221. <http://2dggf.dk/xpdf/bull-1947-11-2-218-223.pdf> (14. 08. 2011)
- PASINI, E. 1994: von G. W. Leibniz: 12. Detlev Clüver geb. um 1645 in Schleswig -gest. den 21. Februar 1708 in Hamburg. *Studia Leibnitiana* 26/1: 108-124. <http://www.jstor.org/stable/40694253> (14. 08. 2011).
- PAVŠIČ, J. (ur.) 2006: *Geološki terminološki slovar*. Zbirka slovarji. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana: 331 p.
- RAAB, T. & FRODEMAN, R. 2002: What is it like to be geologist? A phenomenology of geology and its epistemological implications. *Philosophy and Geography*, 5/1: 69-81, doi: 10.1080/10903770120116840.
- SNOJ, M. 1997: *Slovenski etimološki slovar*. Mladinska knjiga, Ljubljana: 900 p.
- TAYLOR, E.G.R. 1950: The Origin of Continents and Oceans: A Seventeenth Century Controversy. *The Geographical Journal*, 116/4-6: 193-198, <http://www.jstor.org/stable/1789383> (14. 08. 2011)
- THOMAS, E.C. 1888: Introduction, The love of books – The Philobiblion of Richard de Bury. De la Mare Press, London: 83 p.
- THUILLIER, P. 1985: Historie d'un mot: la »géologie« et ses avatars. *La Recherche*, 16/168: 942-945.
- VAI, G.B. 2003. Aldrovandi's Will: introducing the term 'Geology' in 1603. In: VAI, G.B. & CAVAZZA W. (eds.): *Four Centuries of the Word Geology – Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*. Minerva Edizioni, Bologna: 65-112.
- VAI, G.B. 2009: The scientific revolution and Nicholas Stenos's twofold conversion. In: ROSENBERG G.D. (ed.): *The Revolution in Geology from the Renaissance to Enlightenment*. The Geological Society of America Memoir 203. The Geological Society of America, Boulder: 187-208, doi:10.1130/2009.1203(14).
- VAI, G.B. & CAVAZZA, W. 2006: Ulisse Aldrovandi and the origin of word geology and science. In: VAI, G.B. & CALDWELL, G.E. (eds.): *The Origins of Geology in Italy*. Special Paper 411. The Geological Society of America, Boulder: 43-63, doi:10.1130/2006.2411(04).

Stratigraphy of Upper Permian and Lower Triassic Strata of the Žiri Area (Slovenia)

Stratigrafija zgornjepermskih in spodnjetriasnih plasti Žirovskega ozemlja

Tea KOLAR-JURKOVŠEK¹, Bogdan JURKOVŠEK¹, Dunja ALJINOVIĆ² & Galina P. NESTELL³

¹Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenia;
e-mail: tea.kolar@geo-zs.si; bogdan.jurkovsek@geo.zs.si

²University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia; e-mail: dunja.aljinovic@rgn.hr

³Department of Earth and Environmental Sciences, University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019, USA;
e-mail: gnestell@uta.edu

Prejeto / Received 9. 11. 2011; Sprejeto / Accepted 21. 11. 2011

Key words: Stratigraphy, P-T boundary, Bellerophon Formation, Lukač Formation, Conodonts, Foraminifera, External Dinarides, Slovenia

Ključne besede: stratigrafija, P-T meja, Bellerophonska formacija, Lukač formacija, konodonti, foraminifere, Zunanji Dinaridi, Slovenija

Abstract

The paper deals with the stratigraphy of Late Permian and Early Triassic strata of the Lukač section in the Žiri area of western Slovenia. This is the only section presently known in the External Dinarides where the Permian-Triassic boundary is defined following international criteria based on the first appearance of the conodont *Hindeodus parvus*. The following lithostratigraphic units have been formalized: the Bellerophon Limestone and Evaporite-dolomite Members of the Bellerophon Formation and the Lukač Formation with the three members, the Transitional Beds, Streaky Limestone and Carbonate-clastic Member. The paper presents the results of micropaleontological study based on foraminifers and conodonts as well as petrographic and sedimentologic research results. The investigation of conodont assemblages enabled the conodont biozonation of the Permian-Triassic interval of the studied Lukač section.

Izvleček

Članek obravnava stratigrafijo zgornjepermskih in spodnjetriasnih plasti v profilu Lukač na žirovskem ozemlju. To je zaenkrat edini profil v Zunanjih Dinaridih, v katerem je določena permsko-triasna meja po mednarodnih kriterijih na osnovi prvega pojava konodontne vrste *Hindeodus parvus*. Formalizirane so naslednje litostratigrafske enote: Bellerophonski apnenec in Evaporitno-dolomitni člen Bellerophonske formacije ter Lukač formacija s tremi členi: Prehodne plasti, Pasnati apnenec in Karbonatno-klastični člen. V članku podajamo tudi rezultate mikropaleontoloških raziskav na osnovi foraminifer in konodontov ter rezultate petrografskih in sedimentoloških raziskav. Analiza konodontnih združb je omogočila uvedbo konodontne bioconacije permsko-triasnega intervala raziskanega profila Lukač.

Introduction

At the end of the Permian Period and the beginning of the Triassic the most severe mass extinction in Phanerozoic life history occurred where up to 96% of all existing biota was lost (SEPKOSKI, 1984, HALLAM & WIGNALL, 1997). This event has stimulated scientists all over the world to study this phenomenon and many hypotheses have been put forward but the extinction cause remains still unknown. An extraterrestrial impact in the Permian-Triassic boundary (PTB) interval appears unlikely (ISOZAKI, 2001). Possible causes of this catastrophic event are connected with large scale environmental changes such as

volcanic eruptions, enhanced atmospheric carbon dioxide, rapid climate change with gradual warming of the planet, changing ocean chemistry (anoxia, salt content, oxygen, carbon, sulphur, strontium isotopes) and changing sea level as well as fungal virulence (BAUD et al., 1989; WIGNALL & TWICHELL, 1996; ERWIN et al., 2002; BOTTJER, 2004; VISSCHER et al., 2011).

The Permian-Triassic boundary (PTB) interval beds have long been topic of numerous studies globally that intensified after the establishment of the Permian-Triassic Working Group (PTWG) in 1981.

Important records of the PTB extinction event have been established in the Tethyan realm. The

section at Meishan in South China was chosen as the Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the PTB that was ratified by IUGS in 2001 (YIN et al., 2001). Stratigraphically the most important conodont species across the PTB belong to the genera *Hindeodus* and *Isarcicella*. The first appearance datum (FAD) of the species *Hindeodus parvus* in the middle of Bed 27 (27c) in the Meishan D section in South China marks the base of the Triassic System. The approved proposal clearly separates the event stratigraphic and biostratigraphic boundaries and is of key importance, not only for defining the GSSP of the basal Triassic boundary, but also to study the Permian-Triassic mass extinction and recovery (WANG, 1999). *Hindeodus parvus* is an easily recognizable species with wide geographic distribution and it is the first globally distributed species that appears just above the minimum faunal diversity indicated by a minimum in $\delta^{13}\text{C}$ and has no facies restriction (KOZUR, 1996; KOZUR et al., 1996).

During the last decade, study of the PTB interval has been intensified in the Dinarides and the presence of hindeodids and isarcicellids was documented.

In Croatia, *H. parvus* was reported from the Školski Brijeg section of the Gorski Kotar region (ALJINOVIĆ et al., 2006), whereas a recovery of *Isarcicella* is documented in the Plavno section of the Knin area (ALJINOVIĆ et al., 2011). The two faunas are assigned to the Griesbachian *parvus-isarcicella* and *isarcica* zones.

In Serbia, an extensive biostratigraphic study was carried out in the Komirić section of the Jadar Block in the Vardar Zone of NW Serbia where elements of *Hindeodus typicalis* belonging to the Lower *praeparvus* Zone (Changhsingian) were collected (SUDAR et al., 2007; NESTELL et al., 2009; CRASQUIN et al., 2010).

In Slovenia, the strata across the PTB interval have been studied in the Idrija-Žiri area and in the southern Karavanke Mts. (GRAD & OGORELEC, 1980; BUSER et al., 1989; RAMOVŠ, 1986; DOLENEC et al., 1999, 2003; KOLAR-JURKOVŠEK & JURKOVŠEK, 1995, 2007; MLAKAR & PLACER, 2000). However, the two areas belong to different geotectonic units, namely the Idrija-Žiri area belongs to the External Dinarides whereas the southern Karavanke Mts. to the Southern Alps (PLACER, 1999, 2008). In the Idrija-Žiri area, conodonts from the PTB interval were first reported by KOLAR-JURKOVŠEK & JURKOVŠEK (2007) who documented rich *Hindeodus-Isarcicella* associations in the Lukač section. Based on the presence of conodont species such as *H. parvus*, *H. typicalis*, *Hindeodus* sp., *Isarcicella turgida*, *I. lobata*, *I. staeschei*, *I. isarcica*, *Isarcicella* sp. A, at least three Early Triassic faunas have been recognized (KOLAR-JURKOVŠEK & JURKOVŠEK, 2007).

In the Idrija-Žiri area, the Upper Permian is represented by the Bellerophon Formation (also named the Žažar Formation in Slovenia) consisting of limestone and dolomite with a thickness of 60m to 350m (RAMOVŠ, 1958; GRAD & OGORELEC, 1980; BUSER et al., 1989; MLAKAR & PLACER, 2000;

SKABERNE & OGORELEC, 2003). The Žažar Formation is an equivalent of the Bellerophon Formation in the Carnic Alps and the Dolomites of Austria and Italy (FARBEGOLLI et al., 1986; HOLLER & SCHÖULAUB, 1991) and therefore this term is eliminated herein. In the Žiri area, the strata of the lowermost Triassic are known as the "Streaky Limestone Member" of the Werfen Formation with a thickness of up to 40m (MLAKAR, 2002). The Permian-Triassic boundary was mostly »hidden« within the dolomitic beds of the Bellerophon Formation (GRAD & OGORELEC, 1980; BUSER et al., 1989; MLAKAR & PLACER, 2000). In the sections where the dolomite member is not developed, the PTB was traditionally defined lithologically between the dark gray algal limestone of the Bellerophon Formation and light-medium gray thin bedded limestone that is already of Triassic in age (BUSER, 1986). In the Masore section near Idrija, west from Žiri, DOLENEC et al., (2004) described the disappearance of skeletal algae below the lithological boundary and above it the appearance of ostracodes, echinoderms, foraminifers of the genus "*Earlandia*", filaments of cyanobacteria and mollusk shells. In the same section, the authors documented a negative shift of organic carbon in an approximately 50 cm thick interval and it coincides more or less with the lithological boundary (DOLENEC et al., 2004). An earliest Triassic age of the laminated limestone in the Masore section is based on the appearance of foraminifers *Earlandia tintinniformis* and the annelid *Spirorbis phlyctaena* (BUSER, 1986), both of which have been known only from Triassic strata in many regions (BRÖNNIMANN & ZANINETTI, 1972; BRÖNNIMANN et al., 1972). According to the foraminifers, the lower boundary of the Triassic worldwide has been drawn on the basis of the appearance of the species "*Cyclogyra*" (= "*Cornuspira*") *mahajeri* and *Rectocornuspira kalhori*, especially in sections where conodonts could not be found (BRÖNNIMANN & ZANINETTI, 1972; BRÖNNIMANN et al., 1972; ALTINER & ZANINETTI, 1981; KÖYLÜOĞLU & ALTINER, 1989; RETTORI, 1995; GROVES et al., 2005, 2007).

Recently, one of the sections of the Permian-Triassic interval in the Žiri area, the Lukač section, was studied biostratigraphically with the documentation of a *Hindeodus-Isarcicella* conodont population through this interval (KOLAR-JURKOVŠEK & JURKOVŠEK, 2007). The species *Hindeodus parvus* (Kozur and Pjatakova) was found in sample L1 in the Transitional Beds (KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011) permitting an accurate placement of the Permian-Triassic boundary in the Lukač section. Because the precise position of the lower boundary of the Triassic in the Lukač section is established based on conodonts, the distribution of the associated foraminifers around this boundary also was examined in detail (NESTELL et al., 2011). In the Lukač section, the species "*Cornuspira*" *mahajeri*, "*Earlandia*" *gracilis* and "*E.*" sp. have been found in the Transitional Beds below the first occurrence of the conodont species *Hindeodus parvus*. These foraminiferal taxa are considered to be ecological species and should

not be used as stratigraphic markers (NESTELL et al., 2011).

The Permian-Triassic interval of the Lukač section in western Slovenia was studied sedimentologically and micropaleontologically by using conodonts and foraminifers. The following lithostratigraphic units are formalized herein: the Bellerophon Limestone and Evaporite-dolomite Members of the Bellerophon Formation and the Lukač Formation with the Transitional Beds, Streaky Limestone and Carbonate-clastic Members in ascending order.

Materials and methods

The study in the Lukač section started in 2006 and was focused on the PTB interval only (KOLAR-JURKOVŠEK & JURKOVŠEK, 2007). In the next three years additional sampling of the entire section was carried out. The present study is based on conodont collections recovered from 53 samples that produced conodonts out of the 124 processed carbonate samples. The conodont fauna is assigned to 15 species of several genera (KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011).

The foraminiferal study is based on the examination of 38 samples collected from the uppermost Permian beds, Permian-Triassic Transitional Beds and lowermost Triassic strata. Foraminifers were found in twenty one samples from which thin sections were made. A few recrystallized free specimens were obtained in the conodont residues. For studying the internal morphology, some thin sections were made from free specimens and the tiny specimens were studied with Cargille Meltmount (NESTELL et al., 2011).

For the petrographic purposes 117 samples have been studied. They were stained with K-ferricyanid and Alizarin Red S aiming to determine dolomite and the dedolomitization processes.

The sampled horizons are shown in Figs. 2, 3.

Geological setting

The Lukač section is situated in the Žiri area of the north-western part of Slovenia that belongs to the External Dinarides geotectonic unit (Fig. 1). A wider area is composed of Carboniferous, Permian and Triassic rocks. The Carboniferous is represented by clastic rocks with prevailing black shale, sandstone and conglomerate. These strata are discordantly overlain by Middle Permian beds developed in the continental depositional environments of the Gröden Formation (Val Gardena Formation) in which shale prevails, but sandstone and locally also conglomerate and breccia are present. The Upper Permian and Lower Triassic strata of the External Dinarides in Slovenia were formed on an extensive Slovenian Carbonate Platform which became established during the Late Permian, and it remained stable until Middle Triassic time (late Anisian) when it



Fig. 1. Sketch of geotectonic units in Slovenia: A – Eastern Alps, B – Southern Alps, C – External Dinarides, D – Adriatic-Apulia foreland, E – Pannonian basin (modified after PLACER, 1999) and the map with geographic position of the Lukač section (star) (after KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011).

was split by the Slovenian Basin into the Julian Carbonate Platform in the north, and the Dinaric Carbonate Platform in the south (BUSER, 1989, 2003; BUSER et al., 2007, 2008).

The investigated section is located 4 km north-west from Žiri ($x=5,102,525$, $y=5,428,000$), in a ravine between Mrzli vrh (862 m) and Ledinski grič (893 m) (Fig. 1). In the period of 2006-2009, the section was part of a detailed biostratigraphic study based on conodonts that enabled the definition of the Permian-Triassic boundary according to internationally accepted criteria (KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011). The base of the Lukač section is formed by the reddish-brown clastic rocks of the Gröden Formation that are in a tectonic contact with the Upper Permian and Lower Triassic rocks. The strata of the section are in overturned position and they dip from 60° to 75° north-northeast. The lowermost part of the section starts with the Bellerophon Limestone Member that continuously passes into the Evaporite-dolomite Member of the Bellerophon Formation. Then follows the Lukač Formation with the Permian-Triassic Transitional Beds in its lowermost part, and these are overlain by the Streaky Limestone Member and Carbonate-clastic Member. The thickness of the entire section is 283 m (Figs. 2, 3).

Six conodont biozones have been established in the section that can be compared with the biozonation of various sections in the Southern Alps and the Meishan section in China, as well

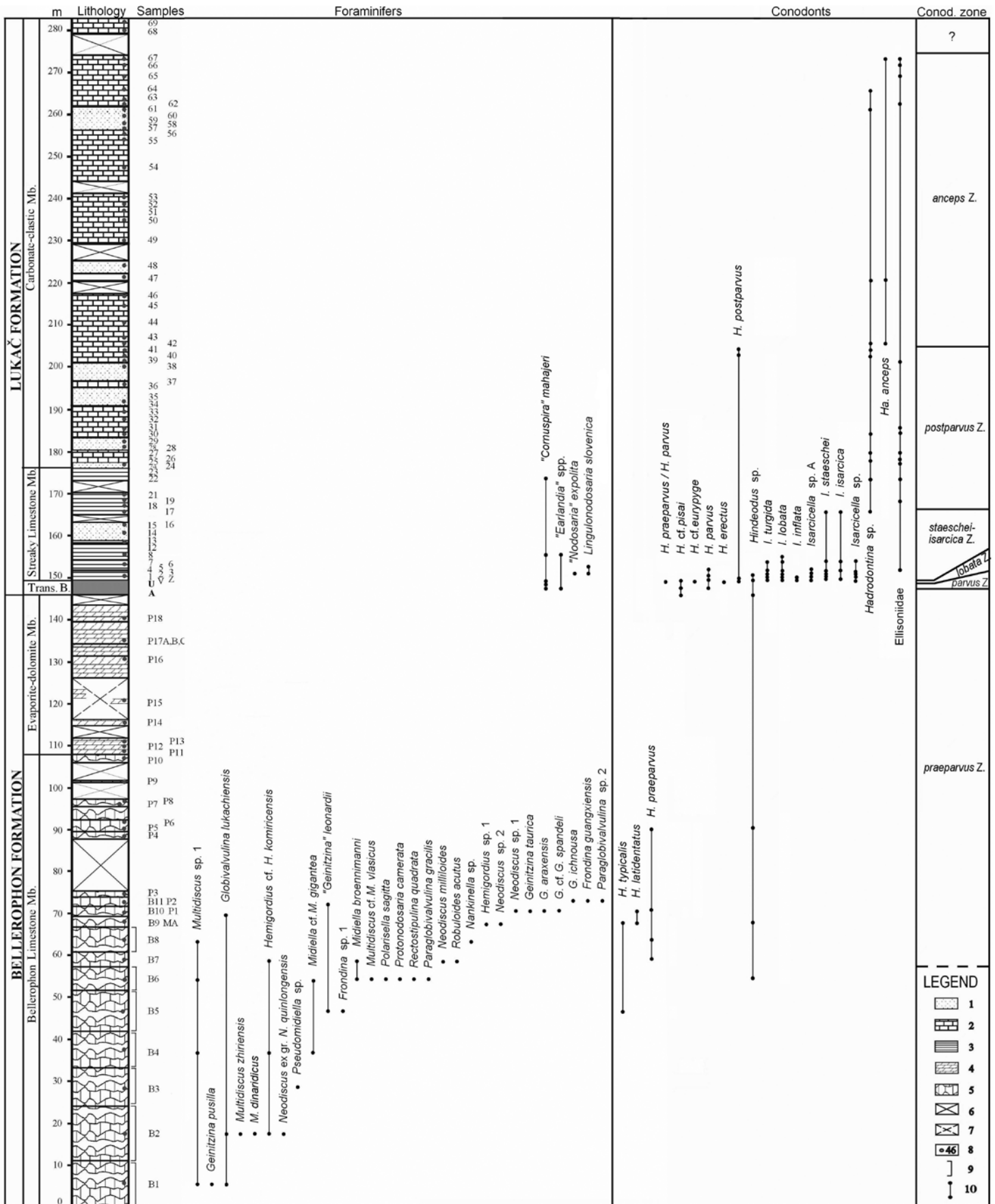


Fig. 2. Geological column of the Upper Permian and Lower Triassic sediments of the Lukač section in western Slovenia. 1 – calcareous siltstone, 2 – limestone (oolitic grainstone and laminated silty micrite/biomicrite), 3 – thin bedded streaky limestone, 4 – evaporitic dolomite (partly rauchwacke type deposits), 5 – black nodular Bellerophon limestone, 6 – covered interval, 7 – partly covered interval, 8 – petrographic and spot conodont samples, 9 – composite sample for conodont analysis, 10 – range of conodont and foraminifer taxa.

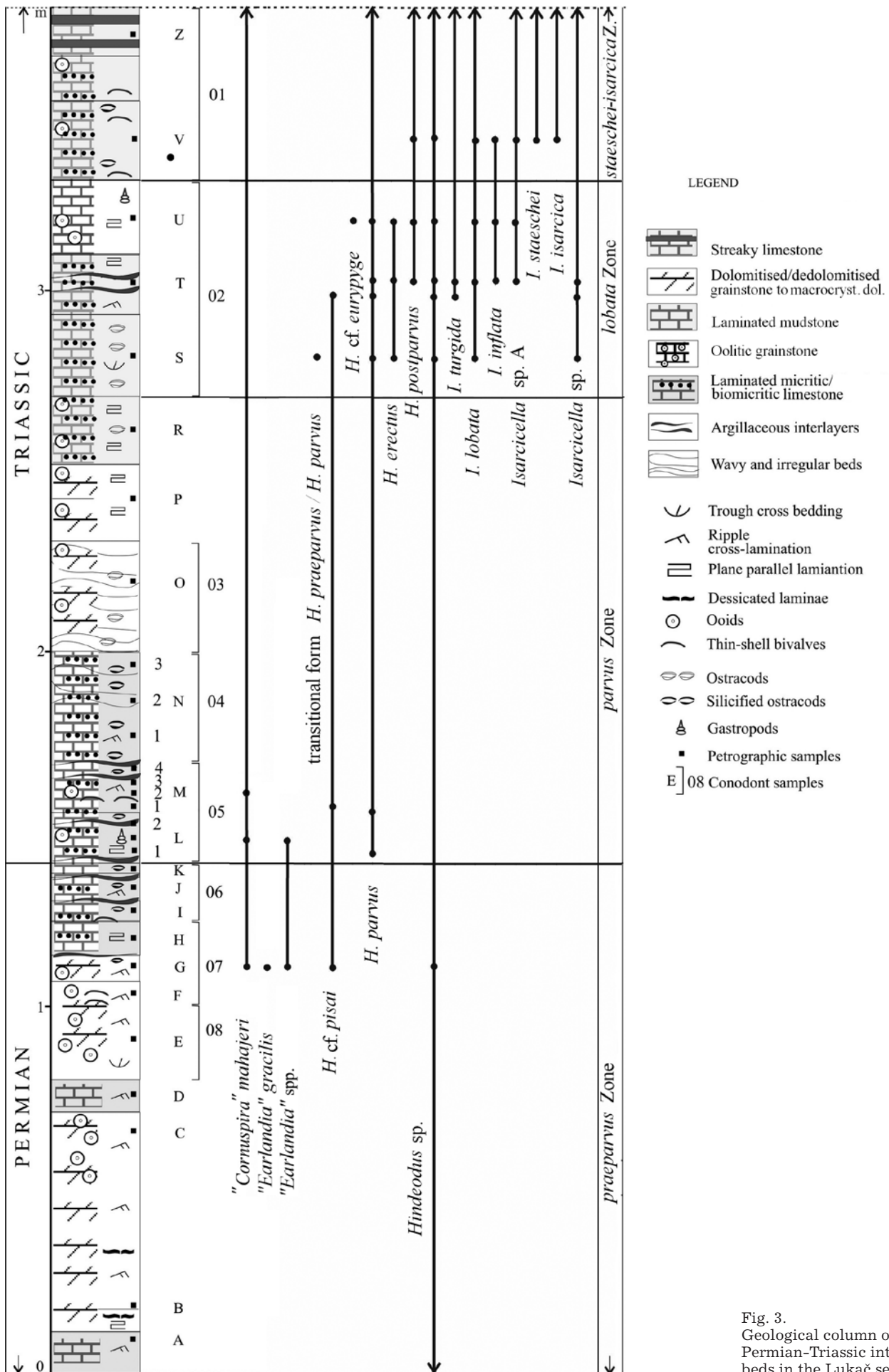


Fig. 3. Geological column of the Permian-Triassic interval beds in the Lukač section.

as other sections in the world (KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011). The following zones have been recognized: the latest Changhsingian (uppermost Permian) *praeparvus* Zone, and the Griesbachian (lowermost Triassic) *parvus*, *lobata*, *staeschei-iscica*, *postparvus* and *anceps* Zones. The first appearance of *Hindeodus parvus* in the sample L1 in the Transitional Beds marks the systemic boundary between the Permian and Triassic and the boundary between the Paleozoic and Mesozoic erathems (KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011).

Lithostratigraphic units of the Lukač section

Bellerophon Formation

The **Bellerophon Limestone Member** is represented by black nodular or faintly bedded limestone (Fig. 4) that predominantly consists of arenite or rudite size fossil detritus (algae, corals, echinoderms, foraminifers, gastropods, bivalves and brachiopods) included in the micritic matrix. Carbonate detritus is commonly tightly packed with the small amount of matrix forming dense packstone, only rarely wackestone.



Fig. 4. Black nodular Bellerophon Limestone Member at the Lukač section.

The predominantly, micritic microfacies imply deposition under low energy conditions, possibly lagoon or back reef.

Well bedded, intensively recrystallized biomicrites are present at the top of the Bellerophon Limestone Member. They pass continuously into a 30 m thick **evaporite unit** named as **Evaporite-dolomite Member** (Fig. 5). It is represented by tabular, 0.5-3 m thick dolomite beds with dissolved cm-sized molds of primary evaporitic minerals. The dolomite has a unimodal macrocrystalline planar e- or s-structure with stair-step or rounded molds (Fig. 6).

Dolomite and the stair-step molds present in the **Evaporite-dolomite Member** suggest deposition under hypersaline conditions where evaporites were possibly deposited as primary minerals which have been removed by dissolution, possibly in supratidal conditions.



Fig. 5. Evaporite-dolomite Member of the Lukač section is composed of well bedded crystalline dolomite.

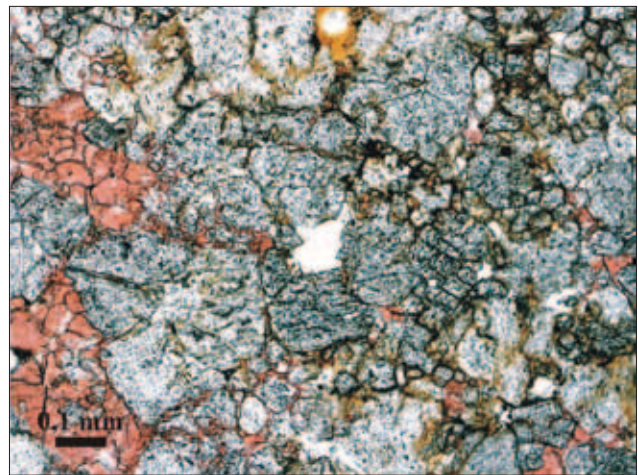


Fig. 6. Macrocrystalline planar e- or s- dolomite structure in the Evaporite-dolomite Member. Dissolution cavities with the stair-steps walls (centre) suggest dissolving of evaporate minerals.

Lukač Formation

Evaporite-type dolomite continuously passes to the **Transitional Beds** that consist of light yellow to red colored carbonate beds that vary in thickness from 0.03 – to 0.62 m (Fig. 7). The base of the 3.3 m thick transitional interval consists



Fig. 7. Transitional Beds of the Lukač Formation at the Lukač section.

of laminated mudstone, laminated micritic/biomictic limestone and plane parallel or trough ripple cross-laminated grainstone. The laminated mudstone consists dominantly of limy lamina that alternate with the lamina composed of limy mud, clay and/or 5-7% of siliciclastic terrigenous coarse-silt component (Fig. 8). The laminated micritic/biomictic limestone type consists of prevailing micritic laminae that alternate with prevailing bioclastic laminae (very often containing ostracodes) (Fig. 9). The grainstone consists of ooid and bioclastic detritus and sparry-calcitic cement (Fig. 10).

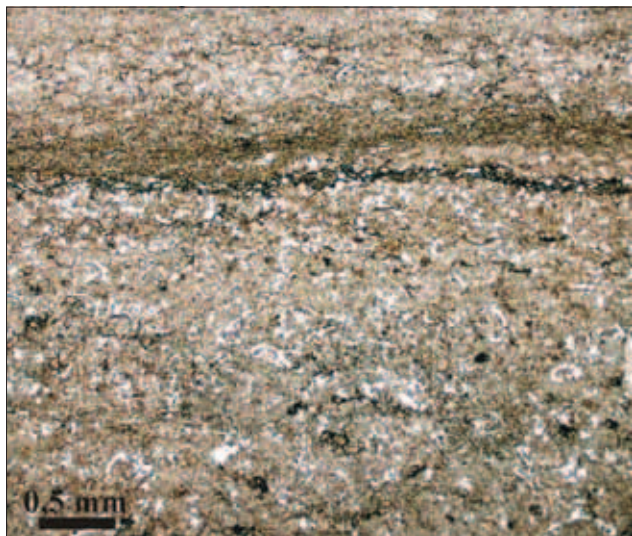


Fig. 8. In the Transitional Beds laminated mudstone occurs consisting of calcareous lamina and lamina with mixture of limy mud, clay and siliciclastic silty detritus (microphotograph of sample Lukač A).

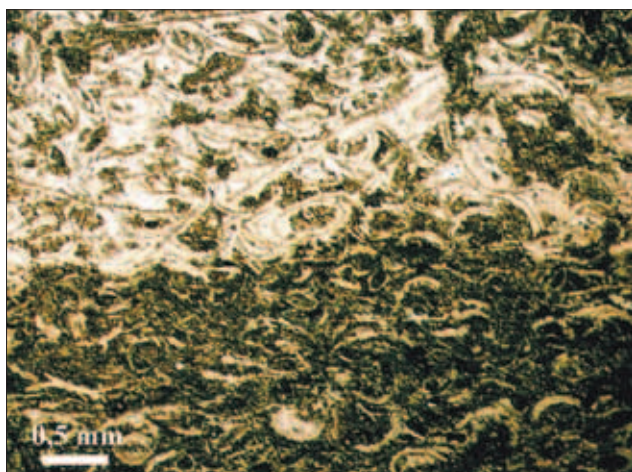


Fig. 9. The laminated micritic/biomictic limestone of the Transitional Beds is composed of dominantly micritic or dominantly bioclastic lamina. Bioclastic detritus consist often of ostracod carapaces (microphotograph of sample Lukač S).

Grey and pail-red **dolomite** and less **dedolomite** occur also in the **Transitional Beds**. They have homogenous micro- to macrocrystalline structure and occasionally very often preserved ooid ghosts (Fig. 11).

The **Transitional Beds** were deposited in shallow marine conditions. The presence of micrite rich microfacies types imply more restricted con-

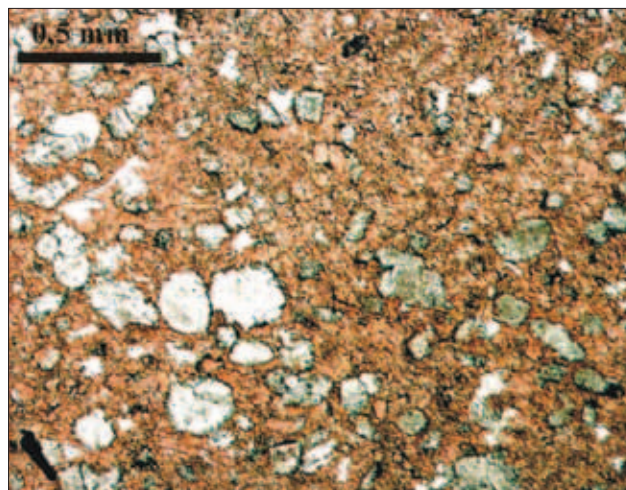


Fig. 10. Oolitic grainstone of the Transitional Beds is composed of poorly preserved primary ooid structure due to dolomitisation (microphotograph of sample Lukač L).

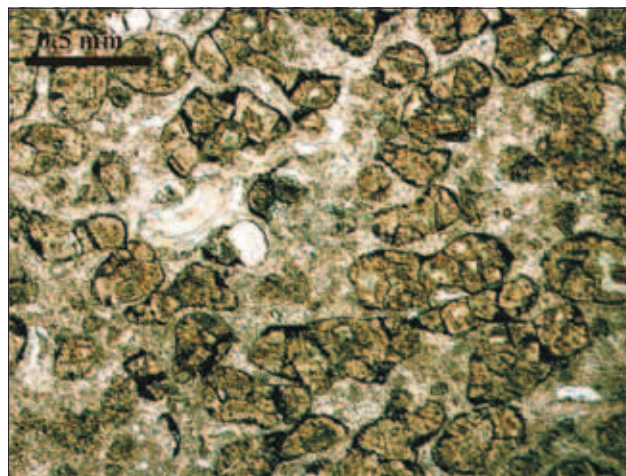


Fig. 11. Intensive dolomitisation and dedolomitisation of oolitic grainstone (Transitional Beds, microphotograph of sample Lukač G).

ditions with the predominance of suspension settling of fines. Trough and ripple cross-lamination found in the grainstone suggests migration of ooid detritus due to oscillatory and/or tidal currents.

The **Transitional Beds** with the **Permian-Triassic boundary** are conformably overlain by the ca 30 m thick **Streaky Limestone Member** (samples V to 25). This unit consists of a repetitive alternation of very thin bedded light grey or yellow and dark gray bed couplets (Fig. 12). The beds are planar, wavy or irregularly shaped. Parallel and wavy-cross lamination can be seen. Siliciclastic sandy, silty and clayey detritus is present in greater amounts than before. Within the streaky limestone, light colored interbeds consist dominantly of siliciclastic or bioclastic material whereas dark interbeds are dominantly of carbonate mud components (Fig. 13). Bioclastic detritus are represented by silicified ostracodes and are rarely of recrystallized ooids. In each bed couplet, the uppermost laminae are usually destroyed due to the activity of organisms. Within the thin bedded streaky alternation some 0.3 m thick recrystallized ooid rich beds occasionally occur. A wavy structure observed in the streaky



Fig. 12. The Streaky Limestone Member of the Lukač Formation.

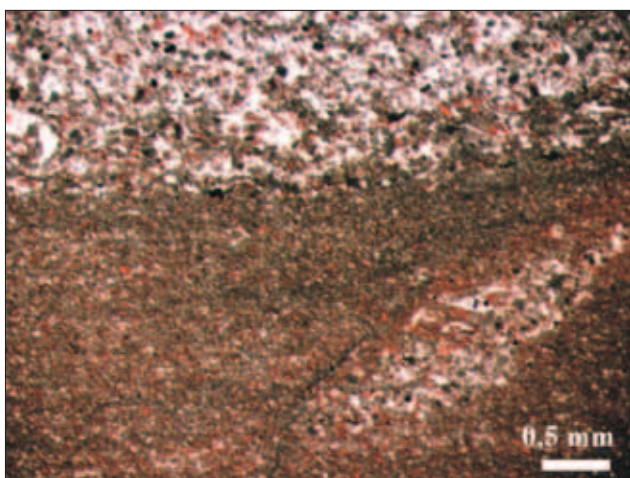


Fig. 13. Microphotograph of the sample T-18 (Streaky Limestone Member) shows a more silty micritic bed at the top and a calcareous (micritic) bed beneath.

limestone suggests deposition in a shallow subtidal environment and deposition by oscillatory currents. Irregularly shaped beds were formed due to intensive bioturbation. Predominantly subtidal deposition implies deepening of the environment associated with increased terrigenous influx during Early Triassic time.

In the upper part of the section until its very end there is the approximately 80 m thick **Carbonate-clastic Member** of the Lukač Formation that consists of: a) **oid-grainstone**, b) **laminated silty micrite/biomicrite** and of c) **calcareous siltstone**. Rarely ooid rich **biocalcarenite** occurs. In the uppermost 30 m of the succession, ooid grainstone beds disappear and the limy mudstone occurs more often with a nodular appearance. In the upper part of the succession micrite rich limestone containing reworked ooids is also present.

Wave ripple cross lamination was found in the ooid grainstone as well as in the calcareous siltstone. Plane parallel lamination can be seen only in the calcareous siltstone. Reworking by organisms is often present and can be seen as mottling of the silty micrite and carbonate material.

a) The **oid grainstone** consists of poorly to fairly sorted fine to medium sand sized ooid detritus. Exceptionally very coarse grained varieties

(diameter 1.6 mm) occur. The ooid grainstone can be intensively dolomitized or dedolomitized. Mollusk and gastropod fragments are common in the ooid grainstone (Fig. 14).

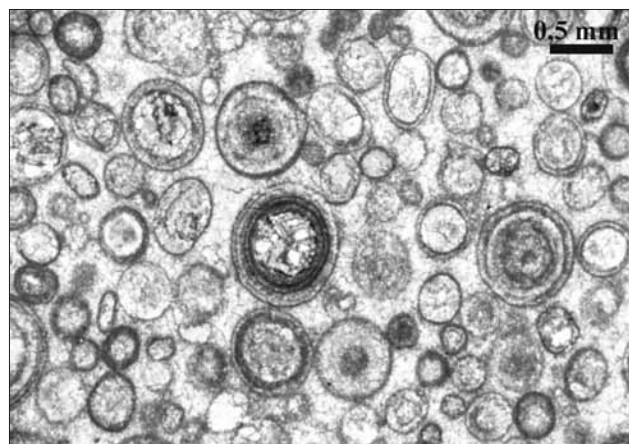


Fig. 14. Microphotograph of sample Lukač 69 shows oospastic fabric of oolitic grainstone from the Carbonate-clastic Member. Ooids are fairly preserved and consist of core and several concentric envelopes.

- b) The **laminated silty micrite/biomicrite** layers consist of an alternation of laminae containing silty siltyclastic detritus and micritic/ biomicritic material. The total amount of the silty component is less than 50%. A small amount of clayey component is present as well. Biomicritic lamina consists of ostracod biotritus and some mollusk and gastropod fragments. The lamination in the silty micrite/biomicrite is mostly of wave origin. Reworking by organisms is common.
- c) The **calcareous siltstone** is composed of more than 50% of silty siltyclastic material and calcareous (usually bioclastic) detritus. The cement is calcitic and/or dolomitic. Biotritus is represented mainly by ostracodes and sub-ordinarily by mollusk fragments.

The nodular mudstone varieties consist of dense micrite containing some silty siltyclastic grains. The mudstone is dolomitized, silicified and contains iron oxide.

Ripple cross-lamination in the ooid grainstone as well as in laminated siltstone exhibits characteristics of oscillatory/storm currents related to waves. Plane parallel lamination can be seen only in the calcareous siltstone and is probably due to suspension settling. Reworking by organisms is often present and can be seen as mottling of siltyclastic and carbonate material. All of these characteristics imply deposition in a marine, shallow environment, possibly between fair and storm weather wave base and an intensive terrigenous input.

Biostratigraphy

The importance of the Lukač section for the definition of the Permian-Triassic Boundary in Slovenia is the recovery of conodonts in the boundary interval beds. This section is the first found

in Slovenia from which conodonts are recorded from the Permian-Triassic interval. The conodont fauna is characterized by a *Hindeodus-Isarcicella* population that provides a good basis for a very fine biozonation (KOLAR-JURKOVŠEK & JURKOVŠEK, 2007; KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011). The succession enables the definition of the PTB based on the first appearance of *Hindeodus parvus*, the diagnostic species and globally recognized marker defining the systemic boundary (YIN, 1993, 1996; YIN et al., 2001).

Conodont faunas are characterized by shallow water elements with prevailing *Hindeodus* and *Isarcicella* that are in the higher part of the section accompanied by representatives of *Hadrodontina* and ellisonids. The absence of gondolellids is obvious. The identified conodont elements are assigned to 15 species of 3 genera. The following conodont biozones have been recognized based on very detail collecting:

- the latest Changhsingian (uppermost Permian) *praeparvus* Zone,
- and the Griesbachian (lowermost Triassic) *parvus*, *lobata*, *staeschei-isarcica*, *postparvus* and *anceps* Zones.

The recovered conodont faunas can be well correlated with the Global Stratotype Section and Point (GSSP) at the Meishan section (YIN et al., 2001) and the Southern Alps (Fig. 15), as well as with other coeval sections of the adjacent areas in neighbouring areas of Austria, Hungary and Croatia.

A study of the foraminiferal fauna was also undertaken and identifications of the faunal elements were based on examination of thin sections and isolated forms. Four new species of foraminifers were described from the Lukač section: *Multidiscus zhiriensis*, *M. dinaridicus*, and *Globivalvulina lukachiensis* from the Upper Permian and *Lingulonodosaria slovenica* from the lowermost Triassic (NESTELL et al., 2011).

Late Permian foraminifers were obtained from the lower and middle part of the Bellerophon Formation as its uppermost part in the Lukač section is represented by dolomite and does not contain foraminifers. The assemblage is represented by 43 species of 22 genera, including 2 genera of fusulinaceans: *Reichelina* and *Nankinella*. Foraminifers were recognized in the samples from B1 through B11. It should be noted that two forms were determined as *Hemigordius* cf. *H. komiricensis* as well as *Multidiscus* cf. *M. vlasticus* that were just recently introduced from the Komirić section in the Internal Dinarides (NESTELL et al., 2009). The Late Permian foraminiferal assemblage of the Lukač section consists of species characteristic for the Changhsingian of many regions in the Tethys: northwestern Caucasus, Transcaucasia, Turkey, northern Italy, northwestern Serbia, northeastern Hungary, and South China (NESTELL et al., 2011 with references).

Younger foraminifers also co-occur with conodonts and were recovered from the Permian-Triassic boundary interval represented by carbonate Transitional Beds deposited in shallow restricted

marine conditions. The assemblage of Early Triassic foraminifers is very poor and it is represented by seven species of four genera. Among them is important the recognition of the species "*Coronuspira*" *mahajeri* and "*Earlandia*" spp., marking the lower boundary of the Triassic worldwide based on foraminifers. These species are found below the first appearance of the conodont species *Hindeodus parvus* which officially marks the lower boundary of the Triassic, and they are considered to be ecological species and their appearance coincides with a stressful shallow water environment. The first interval with nodosariid foraminifers appear 2m above the Permian-Triassic boundary and second one is approximately 5 m above the boundary. Both intervals are in the range of the last appearance of the conodont species *H. parvus* and within *I. staeschei* – *I. isarcica* conodont Range Zone (KOLAR-JURKOVŠEK et al., 2011; NESTELL et al., 2011).

Conclusions

The Permian-Triassic interval of the Lukač section in western Slovenia was studied sedimentologically and micropaleontologically by using conodonts and foraminifers. The analyzed section is composed of the Bellerophon Formation (Bellerophon Limestone and Evaporite-dolomite Members) and the Lukač Formation (Transitional Beds, Streaky Limestone Member and Carbonate-clastic Member). All described lithostratigraphic units, but the Bellerophon Formation, are here formalized.

The overall sedimentary characteristics reflect shallow marine conditions that began with the Permian Bellerophon Limestone Member where micritic microfacies prevail. A deposition of micrites/biomicroites (Bellerophon Limestone Member) in a lagoonal, possibly back reef conditions, continuously change to hypersaline very shallow conditions depicted as Evaporite-dolomite Member. The conformable boundary with the Transitional Beds suggests maintaining of a shallow marine condition during the deposition of the Transitional Beds. Laminated mudstone and laminated micritic/biomicroitic limestone suggest deposition in a restricted marine condition, but the presence of grainstone implies periodically established higher energy condition and deposition of oolitic detritus by oscillatory and/or tidal currents.

A wavy and/or hummocky structure observed in the Streaky Limestone Member that overly Transitional Beds suggests deposition in strictly subtidal conditions by oscillatory currents in a shallow sea. Irregularly shaped beds were formed due to intensive reworking by organisms.

Sedimentary rocks of the Carbonate-clastic Member show characteristics of shallow marine deposition of ooid or bioclastic detritus by oscillatory/storm currents. A prevailing deposition of carbonate was periodically punctuated by terrigenous input of silty siliciclastic material. The deposition reflects predominantly subtidal conditions.

A deposition in the Lukač Formation implies a general deepening of the environment associated with the increased terrigenous influx during Early Triassic time.

The studied PTB interval beds are characterized by a diverse microfauna. The entire section is characterized by a *Hindeodus-Isarcicella* association and only the highest part of the section is marked by the presence of ellisoniids, predominantly *Hadrodontina*. The absence of gondolellids is noteworthy. Six conodont zones have been recognized in ascending order, the latest Changhsingian (uppermost Permian) *praeparvus* Zone, and the Griesbachian (lowermost Triassic) *parvus*, *lobata*, *staeschei-isarcica*, *postparvus* and *anceps* zones.

The first occurrence of *H. parvus* in sample L1 in the Transitional Beds marks the systemic boundary between the Permian and Triassic. A rapid entry of several conodont taxa is observed in the highest level of the Transitional Beds, in the *lobata* Zone and in the succeeding *staeschei-isarcica* Zone in the lowermost part of the Streaky Limestone Member, and both probably represent a recovery event.

The introduced conodont biozonation for the Lukač section is the first proposed for the PTB interval in Slovenia as well as in the entire Dinaride region. The recognized conodont fauna of the Lukač section enables correlation with the similar age sequences in the Southern Alps in Italy, and with the GSSP Meishan D section in South China (Fig. 15).

Foraminifers are found together with conodonts in the Permian Bellerophon Limestone

Member of the Bellerophon Formation, Permian-Triassic Transitional Beds and in the lower part of the Streaky Limestone Member of the Lukač Formation of the lowermost Triassic. Foraminifers of the Bellerophon Limestone Member are characteristic for the Changhsingian of various regions of the Tethyan realm. In the Permian-Triassic Transitional Beds, the species “*Cornuspira*” *mahajeri*, and “*Earlandia*” spp. marking the lower boundary of the Triassic worldwide based on foraminifers appear below the first appearance of *Hindeodus parvus* and are considered to be an ecological species as two of determined species are also found above the Permian-Triassic boundary. The appearance of the species “*C.*” *mahajeri* and “*E.*” spp. coincides probably with a shallow restricted environment, and thus, they cannot be used for biostratigraphic purposes as stratigraphic markers of the lower boundary of the Triassic. The first nodosariids appear at the base of the Streaky Limestone Member, approximately 2 m above the PTB and are represented by the one recently described new species, *Lingulonodosaria slovenica* not found anywhere else yet.

Acknowledgements

The authors are indebted to Merlynd Nestell (Arlington, Texas) for editing the manuscript and wish to extend our thanks to Heinz Kozur (Budapest, Hungary), Milan Sudar (Belgrade, Serbia) for helpful suggestions and communications during this study. Bojan Ogorelec (Ljubljana, Slovenia) and Milan Sudar (Belgrade, Serbia) provided constructive reviews of the manuscript. Facilities and technical staff of the Geological Survey

Sys.	Stage	Conodont biozonation					
		Meishan, China			Southern Alps	Slovenia	
		Wang CY, 1999	Yin et al., 2001	Jiang et al., 2007	Perri & Farabegoli, 2003 Farabegoli et al., 2007	Kolar-Jurkovšek et al. 2011	
TRIASSIC	Induan	<i>I. isarcica</i> Zone	<i>I. isarcica</i> Zone	<i>I. isarcica</i> Zone	<i>I. isarcica</i> Zone	<i>I. staeschei-isarcica</i> Zone	
		<i>I. staeschei</i> Zone		<i>I. staeschei</i> Zone	<i>I. staeschei</i> Zone		
		<i>H. parvus</i> Zone	<i>H. parvus</i> Zone	<i>H. parvus</i> Zone	<i>I. lobata</i> Zone	<i>I. lobata</i> Zone	<i>H. parvus</i> Zone
PERMIAN	Changhsingian	<i>H. latidentatus</i> Zone	<i>H. latidentatus-N. meishanensis</i> Zone	<i>H. typicalis</i> Fauna	<i>H. changxingensis</i> Zone	Upper <i>H. praeparvus</i> Zone	<i>H. praeparvus</i> Zone
			<i>N. meishanensis</i> Fauna	<i>H. praeparvus</i> Zone		Lower <i>H. praeparvus</i> Zone	
		<i>N. yini</i> Zone					?

Fig. 15. Correlation chart of shallow water conodont biozones across the Permian-Triassic boundary interval of the studied Slovenian section at Lukač with Meishan, China and the Southern Alps.

of Slovenia are gratefully acknowledged. The investigation was partly supported by the Slovenian Research Agency (program number P1-0011 and project number J1-6665), Croatian Ministry of Science (project number 195-0000000-3202) and through the program of bilateral cooperation in science and technology Slovenia-Croatia (2009–2010). This is a contribution to the IGCP-Project 572 (»Recovery of ecosystems after the Permian-Triassic mass extinction«).

References

- ALJINOVIĆ, D., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK B. 2006: The Lower Triassic shallow marine succession in Gorski Kotar region (External Dinarides, Croatia): lithofacies and conodont dating. *Rivista Italiana di Paleontologia*, 112/1: 35–53.
- ALJINOVIĆ, D., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & HRVATOVIĆ, H. 2011: Conodont dating of the Lower Triassic sedimentary rocks in the External Dinarides (Croatia and Bosnia and Herzegovina). *Rivista Italiana di Paleontologia*, 117/1: 135–1483.
- ALTINER, D. & ZANINETTI, L. 1981: Le Trias dans la region de Pinarbasi, Taurus oriental, Turquie: unites lithologiques, micropaleontology, milieu de depot. *Rivista Italiana di Paleontologia*, 86/4: 705–760.
- BAUD, A., MAGARITZ, M. & HOLSER, W. T. 1989: Permian-Triassic of the Tethys: Carbon isotope studies. *Geologische Rundschau*, 78/2: 649–677.
- BOTTNER, D.J. 2004: The beginning of the Mesozoic: 70 million years of environmental stress and extinction. In: TAYLOR P.D. (ed.): *Extinctions in the History of Life*. Cambridge University Press, Cambridge, 99–118, doi:10.1017/CBO9780511607370.
- BRONNIMANN, P. & ZANINETTI, L. 1972: On the occurrence of the serpulid *Spirorbis* Daudin, 1800 (Annelida, Polychaetia, Sedentaria) in thin sections of Triassic rocks of Europe and Iran. *Rivista Italiana di Paleontologia*, 78/1: 67–90.
- BRONNIMANN, P., ZANINETTI, L. & BOZORGNIA, F. 1972: Triassic (Skythian) smaller foraminifera from the Elika formation of the central Alborz, northern Iran, and from Siusi formation of the Dolomites, northern Italy. *Mitteilung Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten, Innsbruck*, 21: 861–884.
- BUSER, S. 1986: Tolmač k Osnovni geološki karti SFRJ 1 : 100.000, lista Tolmin in Udine (Videm) = Geological Map of SFRY 1 : 100.000, Sheets Tolmin and Udine (Videm). Explanatory text. Zvezni geološki zavod, Beograd: 103 p.
- BUSER, S. 1989: Development of the Dinaric and the Julian Carbonate Platforms and of the intermediate Slovenian Basin (NW Yugoslavia). *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 40 (1987): 313–320.
- BUSER, S. 2003: Géologie de la Slovénie occidentale. – In: DROBNE, K., PUGLIESE, N. & TAMBARAU, Y. (eds.): *De la mer Adriatique aux Alpes Juliennes (Italie nord-orient et Slovénie occidentale) – un parcours géologique sans frontières*. Ljubljana: Znanstveno raziskovalni center SAZU; Trieste: Dipartimento di scienze geologiche, ambientali e marine, Università, Trieste: 27–31.
- BUSER, S., GRAD, K., OGORELEC, B., RAMOVŠ, A. & ŠRIBAR, L. 1989: Stratigraphical, paleontological and sedimentological characteristics of Upper Permian beds in Slovenia, NW Yugoslavia. *Memorie di Società Geologica Italiana*, 34 (1986): 195–210.
- BUSER, S., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. 2007: Triasni konodonti Slovenskega bazena = Triassic conodonts of the Slovenian Basin. *Geologija*, 50/1, 19–28, doi:10.5474/geologija.2011.006.
- BUSER, S., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. 2008: The Slovenian Basin during the Triassic in the Light of Conodont Data. *Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosci.)*, 127/2: 257–263.
- CRASQUIN S., SUDAR, M., JOVANOVIĆ, D. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. 2010: Upper Permian ostracode assemblage from the Jadar Block (Vardar Zone, NW Serbia). *Geol. an. Balk. poluos.*, 71: 23–35.
- DOLENEC, T., LOJEN, S. & DOLENEC, M. 1999: The Permian–Triassic Boundary in the Idrijca Valley (Western Slovenia): isotopic fractionation between carbonate and organic carbon at the P/Tr transition. *Geologija*, 42: 165–170.
- DOLENEC, M., OGORELEC, B. & DOLENEC, T. 2003: Upper Carboniferous to Lower Triassic carbon isotopic signature in carbonate rocks of the western Tethys (Slovenia). *Geol. Carpathica*, 54/4: 217–228.
- DOLENEC, T., OGORELEC, B., DOLENEC, M. & LOJEN, S. 2004: Carbon isotope variability and sedimentology of the Upper Permian carbonate rocks and changes across the Permian-Triassic boundary in the Masore section (Western Slovenia). *Facies*, 50: 287–299.
- ERWIN, D.H., BOWRING, S.A. & JIN, Y.G. 2002: End-Permian mass extinctions: a review. *Geological Society of America, Special Paper*, 356: 363–383.
- FARABEGOLI, E., LEVANTI, D. & PERRI, M.C. 1986: The Bellerophon Formation in the southwestern Carnia. The boundary Bellerophon-Werfen Formation. In: Italian IGCP 203 Group (eds.), *Permian and Permian-Triassic Boundary in the South-Alpine Segment of the Western Tethys. Excursion Guidebook, SGI and IGCP 203 Meeting*, 4–12, July 1986, Pavia, 69–75.
- GRAD, K. & OGORELEC, B. 1980: Zgornjepermske, skitske in anizične kamenine na žirovskem ozemlju = Upper Permian, Skythian, and Anisian rocks in the Žiri area. *Geologija*, 23/2: 189–220.
- GROVES, J. R., ALTINER, D. & RETTORI, R. 2005: Extinction, survival, and recovery of Lagenide foraminifers in the Permian-Triassic boundary interval, central Taurides, Turkey. *Journal of Paleontology, Memoir* 62, Supplement 4: 1–38.
- GROVES, J. R., RETTORI, R., PAYNE, J. L., BOYCE, M. D. & ALTINER, D. 2007: End-Permian mass extinction of Lagenide foraminifers in the Southern

- Alps (northern Italy). *Journal of Paleontology*, 81: 415-434, doi:10.1666/05123.1.
- HALLAM, A. & WIGNALL, P.B. 1997: Mass extinctions and their aftermath. Oxford University Press, Oxford: 320 p.
- HOLSER, W.T. & SCHÖULAUB, H.P. (eds.), 1991: The Permian-Triassic Boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartenkofel Region). *Abh. Geol. G.-A.*, 45: 1-232.
- ISOZAKI, Y. 2001: An extraterrestrial impact at the Permian-Triassic boundary. *Science*, 293: 2343.
- JIANG, H., LAI, X., LUO, G., ALDRIDGE, R., ZHANG, K. & WIGNALL, P. 2007: Restudy of conodont zonation and evolution across the P/T boundary at Meishan section, Changxing, Zhejiang, China. *Global and Planetary Change*, 55: 39-55.
- KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. 1995: Lower Triassic conodont fauna from Tržič (Karavanke Mts., Slovenia). *Eclogae Geol. Helv.*, 88/3: 789-801.
- KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. 2007: First record of *Hindeodus-Isarcicella* population in Lower Triassic of Slovenia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 252: 72-81, doi:10.1016/j.palaeo.2006.11.036.
- KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & ALJINOVIĆ, D. 2011: Conodont biostratigraphy and lithostratigraphy across the Permian-Triassic boundary at the Lukač section in western Slovenia. *Rivista Italiana di Stratigrafia e Paleontologia*, 117/1: 115-133.
- KOYLUOĞLU, M. & ALTINER, D. 1989: Micropaleontologie (Foraminiferes) et biostratigraphie du Permien Supérieur de la région D' Hakkarı (SE Turquie). *Revue de Paleobiologie*, 8/2: 467-503.
- KOZUR, H. 1996: The Conodonts *Hindeodus*, *Isarcicella* and *Sweetohindeodus* in the Uppermost Permian and Lowermost Triassic. *Geol. Croat.*, 49/1: 81-115.
- KOZUR, H., RAMOVŠ, A., WANG, C.Y. & ZAKHAROV, Y.D. 1996: The importance of *Hindeodus parvus* (Conodonts) for the definition of the Permian-Triassic boundary and evaluation of the proposed sections for a global stratotype section and point (GSSP) for the base of the Triassic. *Geologija*, 37-38: 173-213.
- MLAKAR, I. 2002: On the origin of the hydrographic net on some karst phenomena in the Idrija region. *Acta Carsologica*, 31/12: 9-60.
- MLAKAR, I. & PLACER, L. 2000: Geološka zgradba Žirovskega vrha in okolice = Geology of the Žirovski vrh area. In: FLORJANČIČ, A.P. (ed.): Rudnik urana Žirovski vrh (Žirovski vrh uranium mine). Didakta: 34-45.
- NESTELL, G.P., SUDAR, M.N., JOVANOVIĆ, D. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. 2009: Latest Permian foraminifers from the Vlašič mountain area, northwestern Serbia. *Micropaleontology*, 55: 495-513.
- NESTELL, G. P., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & ALJINOVIĆ, D. 2011: Foraminifera from the Permian-Triassic transition in western Slovenia. *Micropaleontology*, 57: 197-222.
- PERRI, M.C. & FARABEGOLI, E. 2003: Conodonts across the Permian-Triassic boundary in the Southern Alps. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg*, 245: 281-313.
- PLACER, L. 1999: Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. *Geologija*, 41: 223-255.
- PLACER, L. 2008: Principles of the tectonic subdivision of Slovenia. *Geologija*, 51/2: 205-217, doi:10.5474/geologija.2008.021.
- RAMOVŠ, A. 1958: Razvoj zgornjega perma v Loških in Polhograjskih hribih = Development of the Upper Permian in the Loški and Polhograjski hribi. *Razprave IV. razreda Slovenske akademije znanosti in umetnosti*, 1: 451-622.
- RAMOVŠ, A. 1986: Marine development of the uppermost Žažar beds and the lowermost Scythian beds. In: Permian and Permian-Triassic boundary in the South-Alpine segment of the western Tethys. *Excursion Guidebook*, Societa Geologica Italiana: 39-43.
- RETTORI, R. 1995: Foraminiferi del Trias inferiore e medio della Tetide: Revisione tassonomica, stratigrafia ed interpretazione filogenetica. *Universite de Geneve, Publications du Departement de Geologie et Paleontologie*, 18: 1-147.
- SEPKOSKI, JR. J.J. 1984: A kinetic model of Phanerozoic taxonomic diversity: III. Post-Paleozoic families and mass extinctions. *Paleobiology*, 10: 246-267.
- SKABERNE, D. & OGORELEC, B. 2003: Žažar Formation, Upper Permian marine transgression over the Val Gardena Formation (Javorjev Dol, SW Cerklje, western Slovenia). In: VLAHOVIĆ, I. & TRŠLJAR, J. (eds.): *Field Trip Guidebook: Evolution of depositional environments from the Paleozoic to Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian basin*. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija: 123-125.
- SUDAR, M., JOVANOVIĆ, D. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. 2007: Late Permian conodonts from Jadar Block (Vardar Zone, northwestern Serbia). *Geologica Carpathica*, 58/ 2: 145-152.
- VISSCHER, H., SEPTON, M.A. & LOOY, C.V. 2011: Fungal virulence at the time of the end-Permian biosphere crisis? *Geology*, 39/9: 883-886, doi: 10.1130/G32178.1.
- WANG, C.Y. 1999: Conodont Mass Extinction and Recovery from Permian-Triassic Boundary Beds in the Meishan Sections, Zhejiang, China. *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, 37/2-3 (1998): 487-495.
- WIGNALL, P.B. & TWICHETT, R.J. 1996: Oceanic Anoxia and the End Permian Mass Extinction. *Science*, 272: 1155-1156.
- YIN, H. 1993: A proposal for the global stratotype section and point (GSSP) of the Permian-Triassic Boundary. *Albertiana*, 11: 4-3.
- YIN H. (ed.) 1996: *The Paleozoic-Mesozoic Boundary, Candidates of Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the Permian-Triassic Boundary*. Wuhan, China University of Geosciences Press: 137 p.
- YIN, H., ZHANG, K., TONG, J., YANG, Z. & WU, S. 2001: The Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the Permian-Triassic Boundary. *Episodes*, 24: 102-114.

Mineralogy and mineral chemistry of rare-metal pegmatites at Abu Rusheid granitic gneisses, South Eastern Desert, Egypt

Mohamed F. RASLAN & Mohamed A. ALI
Nuclear Materials Authority, P.O. Box 530, El Maadi, Cairo, Egypt;
e-mail: raslangains@hotmail.com

Prejeto / Received 28. 2. 2011; Sprejeto / Accepted 22. 6. 2011

Key words: Hf-zircon, uranyl silicate minerals, Nb-Ta minerals, uraninite, Abu Rushied pegmatite, South Eastern Desert, Egypt

Abstract

The Abu Rushied area, situated in the South Eastern Desert of Egypt is a distinctive occurrence of economically important rare-metal mineralization where the host rocks are represented by granitic gneisses. Correspondingly, mineralogical and geochemical investigation of pegmatites pockets scattered within Abu Rusheid granitic gneisses revealed the presence of Hf-zircon, ferrocolumbite and uranyl silicate minerals (uranophane and kasolite). Electron microprobe analyses revealed the presence of Nb-Ta multioxide minerals (ishikawaite, uranopyrochlore, and fergusonite), uraninite, thorite and cassiterite as numerous inclusions in the recorded Hf-zircon and ferrocolumbite minerals.

Abu Rusheid pegmatites are found as small and large bodies that occur as simple and complex (zoned) pegmatites. Abu Rusheid rare-metal pegmatites occur as steeply dipping bodies of variable size, ranging from 1 to 5 m in width and 10 to 50 m in length. The zoned pegmatites are composed of wall zone of coarser granitic gneisses, intermediated zone of K-feldspar and pocket of mica (muscovite and biotite), and core of quartz and pocket of mica with lenses of rare metals.

The zircon is of bipyramidal to typical octahedral form and short prisms. Because the zircon of the investigated Abu Rushied pegmatite frequently contains hafnium in amounts ranging between 2.31 and 11.11%, the studied zircon was designated as Hf-rich zircon. This zircon commonly exhibits a normal zoning with rims consistently higher in Hf than cores. The bright areas in the crystal either in core or rim showed a remarkable enrichment in hafnium content (8.83–11.11%) with respect to the dark zones (3.19%). The investigated ferrocolumbite commonly exhibits zoning; the dark zone is low in the Ta and U but the light zone is enriched in Ta (13%) and U (1%). EMPA analyses indicate the chemical composition of ishikawaite with U ranging from 0.68 to 0.79 per formula unit. Uranopyrochlore species has dominant uranium in the A-site where it ranges from 12.72 to 16.49% with an average of 14.84%. The calculated formula of the studied fergusonite is ${}^A(Y_{0.303} \sum REE_{0.014} U_{0.135} Th_{0.063} Ca_{0.013} Pb_{0.006} Si_{0.213} Zr_{0.035} Hf_{0.048} Fe_{0.105})_{\sum 0.935} {}^B(Nb_{0.61} Ta_{0.084} Ti_{0.01})_{\sum 0.704} O_4$.

The presence of uraninite (high Th, and REE contents) and thorite, indicates that these minerals magmatic processes and followed by hydrothermal processes which are responsible for the precipitation of Nb-Ta multioxide minerals. Uranophane and kasolite of Abu Rusheid pegmatites are most probably originated from hydrothermal alterations of the primary uraninite. Abu Rushied pegmatites are characterized by being of ZNF-type due to their marked enrichment in Zr, Nb, and F, with a typical geochemical signature: Zr, Nb >> Ta, LREE, Th, P, F. Accordingly, the mineralized Abu Rushied pegmatite can be considered as a promising target ore for its rare metal mineralization that includes mainly Nb, Ta, Y, U, and REE together with Zr, Hf, Sn and Th.

Introduction

Rare-metal mineralization is particularly and genetically associated with post – orogenic, geochemically distinctive granitoids (TISCHENDORF, 1977). Abu Rushied - Sikeit area represents a small part of the Precambrian basement of the southeastern desert and is located some 90 km southwest of Marsa Alam on the Red Sea coastal plane (Fig. 1). The studied mineralization which is restricted to psammitic gneissose type has been attributed to a metasomatic process associated with Nb-Ta mineralization (HASSAN, 1973). The type and grade of the rare metal mineralization is greatly variable along the host rock. The ori-

gin of the psammitic gneiss host rock is indeed controversial where several authors considered it as a metamorphosed sedimentary unit of quartzofeldspathic composition (HASSAN, 1964; ABDELL MONEM & HURLEY, 1979; EL GEMMIZI, 1984; EL-RAMLY et al., 1984; EID, 1986; SALEH, 1997; ABD EL-NABY & FRISCH, 2006 beside DAWOOD, 2010). Some authors described these rocks as gneissic granites (IBRAHIM et al., 2000; RASLAN, 2008), cataclastic granites (IBRAHIM et al., 2007 a,b) and peralkalic granitic gneisses and cataclastic to mylonitic rocks (ALI et al., 2011). IBRAHIM et al., (2000) considered it as a highly mylonitic gneissose granitic rock, ranging in composition from granodiorites to adamellites.

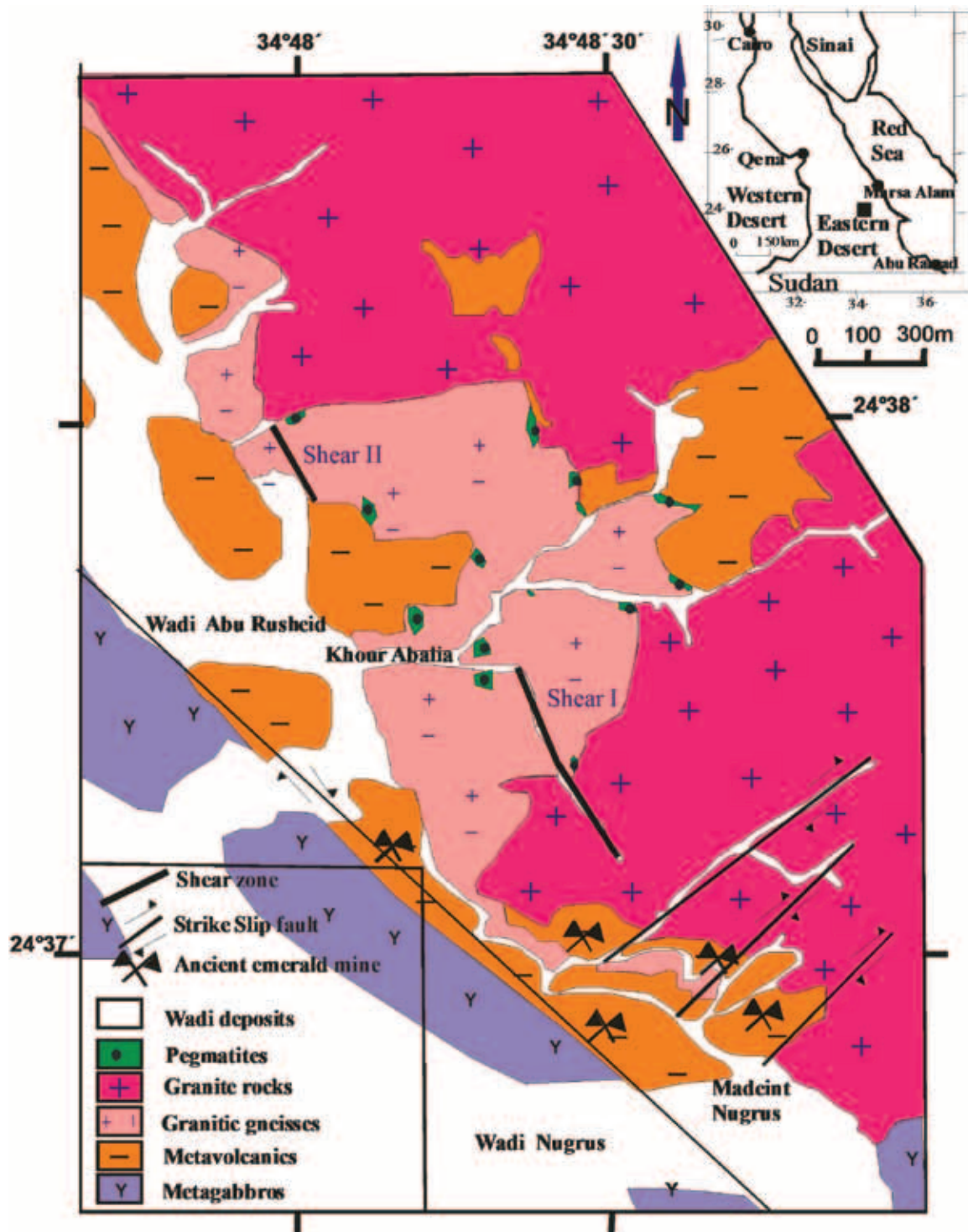


Fig. 1. Geological map of Abu Rushied area, South Eastern Desert, Egypt, (modified after IBRAHIM et. al., 2004).

Several rare metal mineralization occurrences including Nb-Ta, U-Th and Zr-Hf minerals have been recorded in different localities of the Eastern Desert namely; El Naga, Abu Khurg, Abu Dabab, Noweibi and Abu Rushied localities. These mineralizations are however mainly restricted to the granite pegmatite bodies associated with the younger granite that are widely distributed in the Eastern Desert (SAYYAH et al. 1993; OMAR 1995, IBRAHIM et al., 1996, ABDALLA et al., 1998, IBRAHIM, 1999, ATTAWIYA et al., 2000, AMMAR, 2001; ABDALLA & EL AFANDY, 2003; RASLAN, 2005, 2008; ABD EL WAHED et al., 2005; ABD EL WAHED et al., 2006; ABDEL

WARITH et al., 2007; RASLAN et al., 2010a,b; ALI et al., 2011).

Relevant literatures indicate that Nb-Ta mineralization in Egypt has a direct connection with albite granites in the Eastern Desert (SABET & TSOGOEV, 1973) Such type of granite is commonly termed "apogranite", which is believed to be a special type of metasomatic granitoid (BEUS, 1982).

According to CERNY (1990) pegmatite classification, the rare earth elements (REE) subclass is characterized by Niobium-Yttrium-Fluorine family (NYF) and Zirconium-Niobium-Fluorine family (ZNF) signatures. The NYF pegmatite are

distinguished by the signature: Y, Nb>Ta, HREE, U, Th and F, meanwhile, the ZNF pegmatites can be distinguished by the signature: Zr, Nb>>Ta, Y, Th, P and F. From the exploration point of view, the post-orogenic, A₂-type granites are the most favorable sites for localization of rare metal pegmatitic mineralization of NYF affinity. These granites are characterized by mineralogical and geochemical signatures, i.e. they are transalvian, alkaline, metaluminous to mildly peraluminous with annite-siderophyllite mica as a sole mafic mineral (ABDALLA & EL AFANDY, 2003).

HASSAN (1964) studied geology and petrography of the radioactive minerals and rocks in wadi Sikait-wadi El Gemal area. Also, HASSAN (1973) and HILMY et al. (1990) studied geology, geochemistry and mineralization of radioactive columbite-bearing psammitic gneiss of wadi Abu Rusheid. EL-GEMMIZI (1984), SALEH (1997) and IBRAHIM et al. (2004) studied the area and recorded several types of mineralization, such as Ta-Nb, zircon, thorite, and secondary uranium minerals. IBRAHIM et al. (2007a,b) studied the geochemistry of lamprophyres hosting uranium and base-metal mineralization within the shear zones in the Abu Rusheid area. RASLAN (2005) identified columbite, Hf rich zircon and dark Li-mica (zinnwaldite) from Abu Rusheid mineralized gneiss. The author has further been able to identify ishikawaite from Abu Rusheid mineralized gneiss for the first time in Egypt (RASLAN, 2008).

DAWOOD (2010) studied the mineral chemistry and genesis of uranyl minerals associated with psammitic gneisses, Abu Rusheid area, and concluded that the composition and genesis of uranyl mineralization associated with Abu Rusheid gneisses provide additional information about the behavior of radionuclides in arid environments at very oxidizing conditions. Separated zircon grains from the rocks gave U/Pb age of 1770 Ma that interpreted as a probable age of the crustal area that supplied the detritus forming the original sediments (ABDEL-MONEM & HURLEY, 1979). ALI et al. (2011) studied the mineralogy and geochemistry of Nb-, Ta-, Sn-, U-, Th-, and Zr-bearing granitic rocks from Abu Rusheid Shear Zones, and concluded that the field evidence, textural relations, and compositions of the ore minerals suggest that the main mineralizing event was magmatic (629 +/- 5 Ma, CHIME monazite), with later hydrothermal alteration and local remobilization of high-field-strength elements.

The aim of the present study is to identify the mineralogical and geochemical characteristics of the radioactive and economic minerals of Abu Rusheid rare-metal pegmatites.

Geologic setting

The tectonostratigraphic sequences of the Precambrian rocks in Abu Rusheid area are arranged as follows: (1) ophiolitic mélange, consisting of ultramafic rocks and layered metagabbros with a metasedimentary matrix; (2) cataclastic rocks

are composed of protomylonites, mylonites, ultramylonites, and silicified ultramylonites, (3) mylonitic granites; and (4) kinematic granitic dykes and veins (IBRAHIM et al., 2004). The metasediments are represented mainly by separated successions of highly foliated mica schist locally thrust over the psammitic gneisses (Fig. 1). Tourmaline mineralization occurs in different parts of the metasediments either as disseminated crystal clusters or as discontinuous tourmalinite bands (HARRAZ & EL-SHARKAWY, 2001). The ophiolitic mélange represents the hanging wall of the major thrust in the study area. It comprises a metamorphosed sedimentary matrix enclosing amphibolite sheets, allochthonous serpentinite and gabbroic masses, as well as quartzitic bands. Amphibolites and metagabbros are probably related to the calc-alkaline metagabbros associated with Hafafit gneisses (EL-RAMLY et al., 1993). Abu Rusheid granitic gneisses are highly mylonitized and dissected by several shear zones mostly oriented to NW-SE directions (Fig. 1). Brecciation resulting from faulting reactivation is found in some parts along the shear zones. The psammitic gneisses show a well developed planar banding, gneissosity and folding. Lineation, defined by mineral streaking is well marked on the foliation surfaces (HASSAN, 1973). Small size quartz and pegmatitic veins are common and seem to be developed from the gneiss through mobilization and crystallization as they fade out into the gneiss with no sharp contacts (HASSAN, 1973).

The Abu Rusheid pegmatites of granitic gneisses were surveyed on a 5x20 m grid. Many vugs are formed in the studied area (especially close to the contact of metasediments and two mica granites) as a result of leaching processes that were filled by pegmatites (IBRAHIM et al., 2004). Greisenization is common in contact zones with other rocks (metasediments and two mica granites). Abu Rusheid pegmatites are very coarse to coarse in size and pink to dark redish in colour; they Crop Out Along The Eastern Flank Of Wadi Abu Rusheid Around Khour-Abalea As Elongated Scattered Bodies (Fig. 1).

Abu Rusheid rare-metal pegmatites are commonly found within the granitic gneisses of the studied area. They are found as small and large bodies and occur as simple and complex pegmatites. Abu Rusheid pegmatites occur as steeply dipping bodies of variable size, ranging from 1 to 5 m in width and 10 to 50 m in length. The zoned pegmatites are composed of wall zone of coarser granitic gneisses, intermediated zone of K-feldspar and pocket of mica (muscovite and biotite), and core of quartz and pocket of mica with lenses of rare metals (Fig. 2). These rocks are very coarse grained, mainly observed in the granitic gneisses near the contact with ophiolitic mélange and two mica granites. Mineralogically, they are mainly composed of intergrowth of K-feldspar, milky quartz, plagioclase (albite) together with small pockets of mica (muscovite and biotite). Field radiometric measurements indicate that radioactivity of Abu Rusheid simple pegmatites are

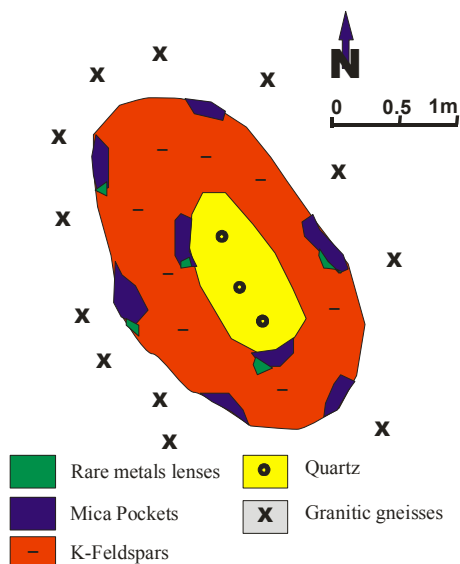


Fig. 2. Sketch showing the pegmatites of Abu Rusheid area, South Eastern Desert, Egypt.

more than twice that of their enclosing country rocks (granitic gneisses). These pegmatites are also found as zoned bodies ranging from 5 to 10 m in width and extend to 50 to 100 m in length, and trending in a NNW-SSE direction.

Sampling and techniques

Twenty mineralized pegmatite samples were collected from the study area and prepared for mineralogical and geochemical investigations. 20 polished thin sections were prepared and studied under reflected and transmitted light in order to determine mineral association and mineral chemistry. In addition, representative bulk composite sample of Abu Rushied pegmatites was subjected to various mineral separation steps: disintegration (crushing, grinding), desliming, sieving, followed by heavy liquid separation using bromoform (specific gravity 2.85). The heavy minerals were analyzed using Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM) supported by energy dispersive spectrometer (EDS) unit (model Philips XL 30 ESEM) at the laboratory of the Nuclear Materials Authority (NMA). The instrument enables analyses of wet, oily, dirty, nonconductive and rough samples in their natural state without modification or preparation. However, the application is limited to qualitative and semiquantitative determinations. The analytical conditions were 25–30 kV accelerating voltages, 1–2 micron beam diameter and 60–120 second counting times. Minimum detectable weight concentration of elements from 0.1 to 1 wt % was obtained. Precision was well below 1 %. The relative accuracy of quantitative result was 2–10 % for elements $Z > 9$ (F), and 10–20 % for the light elements B, C, N, O and F.

Also, polished thin-sections of some mineral grain varieties were analyzed using a Field Emission Scanning Electron Microscope (JEOL 6335F) at the Particle Engineering Research Center (PERC), University of Florida, USA. This instru-

ment is fitted with an Oxford Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS) for elemental analysis of micro areas, a backscattered electron detector that allows compositional analysis, and a cathode luminescence detector that can image complex characteristic-visible spectra for detailed molecular structure information. The applied analytical conditions involved 0.5 to 30 accelerating voltage, 1.5 nm (at 15 kV) / 5.0 nm (at 1.0 kV). Imaging modes are secondary electron imaging (SEI) and backscatter electron imaging (BSI). This instrument can be available for operation from remote locations, X-ray microanalysis of small areas, lines scans of relative concentrations for multiple elements and for X-ray maps of relative concentrations for multiple elements.

Backscattered electron images were collected with the scanning electron microscope-energy dispersive spectrometry (BSE) (model JEOL 6400 SEM) at the Microscopy and Microanalyses Facility, University of New Brunswick (UNB), Canada. Mineral compositions were determined on the JEOL JXA-733 Superprobe; operating conditions were 15 kV, with a beam current of 50 nA and peak counting times 30 second for all elements. Standards used in this study were, as follows: jadeite, kaersutite, quartz, and apatite (for Na, Al, Si, P, and Ca, respectively), SrTiO_3 (for Ti), CaF_2 (for F), Fe, Nb, Hf, Ta, Sn, Th, and U metals (for Fe, Nb, Hf, Ta, Sn, Th, and U, respectively), YAG (for Y), cubic zirconia (for Zr), La-, Ce-, Nd-, Sm-, Pr-, Er-, Gd-, Eu-, Tb-, Dy-, and Yb- Al; Si-bearing glass, for (La-, Ce-, Nd-, Sm-, Pr-, Er-, Gd-, Eu-, Tb-, Dy-, and Yb-) and crocoite (for Pb).

Results and discussion

Microscopic investigation, scanning electron microscope and electron microprobe analyses have been used to determine the mineralogical and geochemical characteristics of the recorded minerals in Abu Rushied pegmatites. Mineralogical investigation of pegmatite pockets scattered within Abu Rusheid gneissose granite revealed the presence of Hf-zircon, ferrocolumbite and uranyl silicate minerals (uranophane and kasolite). Hf-zircon is the most dominant mineral in the representative bulk composite sample followed by ferrocolumbite and uranyl silicate minerals. Additionally, EMPA analyses revealed the presence of Nb-Ta oxide minerals (ishikawaite, uranopyrochlore and fergusonite), uraninite, thorite and cassiterite as numerous inclusions in the recorded Hf-zircon and ferrocolumbite minerals. The detailed mineralogical and geochemical characteristics of the studied minerals showed the following.

Microscopic and scanning electron microscope studies

Zircon

A unique type of zircon occurs in the Abu Rushied radioactive pegmatites. Zircon crystals of the studied radioactive pegmatite are gene-

rally characterized by their coarse size and distinctive habit. They are commonly pale to deep brown in colour under binocular microscope and generally opaque. The most common habit is the bipyramidal form with various pyramidal faces and outgrowths. Some zircon crystals are however characterized by extremely short prisms and are more or less equidimensional and exhibiting square cross section (Figs. 3 A-D). The crystals are characterized by a length/width ratio of 1:1 to 0.5:1. Some grains of the studied zircon show in most cases secondary growths, multiple growth and fused aggregations (Figs. 3E, F). The surfaces of crystals are generally rough and dull. It is referred to the pyramidal combination with extremely short prisms as mud zircon (EL-GEMMIZI, 1984) and to the prismatic type with no tendency to be elongated as murky type (WILLIAMS et al., 1956). In thin section, the studied zircons appear dull grayish brown and commonly show a well-developed euhedral shape except that one of the pyramidal faces is missing. Some crystals are characterized by sieve texture due to inclusions of other minerals such as feldspars (Figs. 3 G, H).

Several zircon crystals were subjected to semiquantitative analyses using environmental scanning electron microscope (ESEM). While the ESEM microphotographs reflect the morphological features of the investigated zircon as well as its inclusions, the EDAX analyses confirm the semiquantitative chemical composition of zircon and its inclusion respectively (Figs. 3I, J). The major elements in zircon include Zr (46.3 %), Si (18.1 %), Fe (17.2 %) and Hf (3.5 %). On the other hand, several zircon crystals have also been subjected to semiquantitative analyses using a field-emission scanning electron microscope and the obtained SEM data (Figs. 4 A-F) show that both Zr and Si are the essential components. Other elements present in small to minor amounts include Fe, Hf, U, and Th. While the distribution of Zr, Si and Hf within the crystal is homogeneous, the distribution of uranium and thorium is actually heterogeneous.

Ferrocolumbite

Minerals of the columbite-tantalite group have the general formula AB_2O_6 , with the A site occupied by Fe, Mn and a smaller quantity of Mg, Na and trivalent ions, and the B site occupied by Nb, Ta and small amounts of Ti and W. The main trends known from the literature are the isovalent substitutions $Fe \leftrightarrow Mn$ in the A site, and $Nb \leftrightarrow Ta$ in the B site, with corresponding end members ferrocolumbite, manganocolumbite, ferrotantalite and manganotantalite (ERCIT, 1994; ERCIT et al., 1995).

Ferrocolumbite grains were detected in the studied sample of Abu Rusheid pegmatite. The grains are generally black in colour and possess a brilliant metallic luster under binocular microscope. The grains are massive, rounded to subrounded and range in size from 15 to 200 μm . RASLAN (2005) identified ferrocolumbite grains in the mineralized Abu Rushied gneiss and revealed that the gra-

ins are usually characterized by the presence of surface cavities rich in iron. Several columbite crystals have been subjected to semiquantitative analyses using a field-emission scanning electron microscope and the obtained SEM data show that both Nb and Fe are the essential components together with minor amount of Ta, Th and Mn. SEM data revealed that Ta is actually enriched in the bright zone of the crystal. The scan line within ferrocolumbite grain and scan map confirm that the distribution of Nb, Fe and Mn is generally homogeneous with respect to Th and Ta, which is actually heterogeneous (Figs. 5A-F). According to KNORRING & HORNING (1961) Nb and Ta mineralization are generally associated with Hf-rich zircon; a matter, which is in agreement with the Abu Rushied mineralized pegmatites.

Electron microprobe analyses

Zircon

The chemical composition of the studied zircon and the microprobe spots are shown in figures (6A, C, G, H). The obtained microprobe analyses (Table 1) gave an average in wt%: ZrO_2 , 60.33; SiO_2 , 31.85; HfO_2 , 4.60; UO_2 , 0.185; ThO_2 , 0.167; Y_2O_3 , 0.195; FeO, 0.199 and a total REE of 0.505 with an average sum of 98.85 wt%. The microprobe data confirm that the Hf content in the studied zircon is generally increased from the core to the rim of crystals. The bright areas in the crystal showed a remarkable enrichment in hafnium content (8.83 and 11.11%) with respect to the dark zones (3.19%). Table 1 shows chemical empirical formula that is recalculated on the basis of 4 oxygen; viz, $(Zr_{0.94}Hf_{0.044}Th_{0.003}U_{0.007}\Sigma REE_{0.11})_{\Sigma 1.10}(Si_{0.993}P_{0.006}Al_{0.003})_{\Sigma 1.002}$.

It is actually noteworthy that the EMPA analyses revealed the presence of Nb-Ta oxide minerals (ishikawaite, uranopyrochlore, and fergusonite), uraninite, thorite and cassiterite as numerous inclusions in the studied Hf-zircon. Because the zircon of the investigated Abu Rushied pegmatite frequently contains hafnium in amounts ranging between 2.31 and 11.11 wt%, the studied zircon was designated as Hf-rich zircon according to the scheme of CORREIA NEVES et al. (1974).

The obtained microprobe analyses of zircon from Abu Rushied pegmatite were plotted in the Zr-Hf-(Y, HREE, U, Th) ternary diagram and ZrO_2 versus HfO_2 diagram. The shown trends are modified from KEMPE et al. (1997). The granite box, comprising Zr-Hf ranges in granites from WEDEPOHL (1978). The letters show that all the data point plot in the magmatic field (MZ) (Figs. 7, 8).

KEMPE et al. (1997) considered that both magmatic and metasomatic mechanisms or a combination of them were responsible for yielding extreme Zr/Hf fractionation and hence the formation of Hf-rich zircon.

Ferrocolumbite

The chemical composition of the studied ferrocolumbite and the microprobe spots are

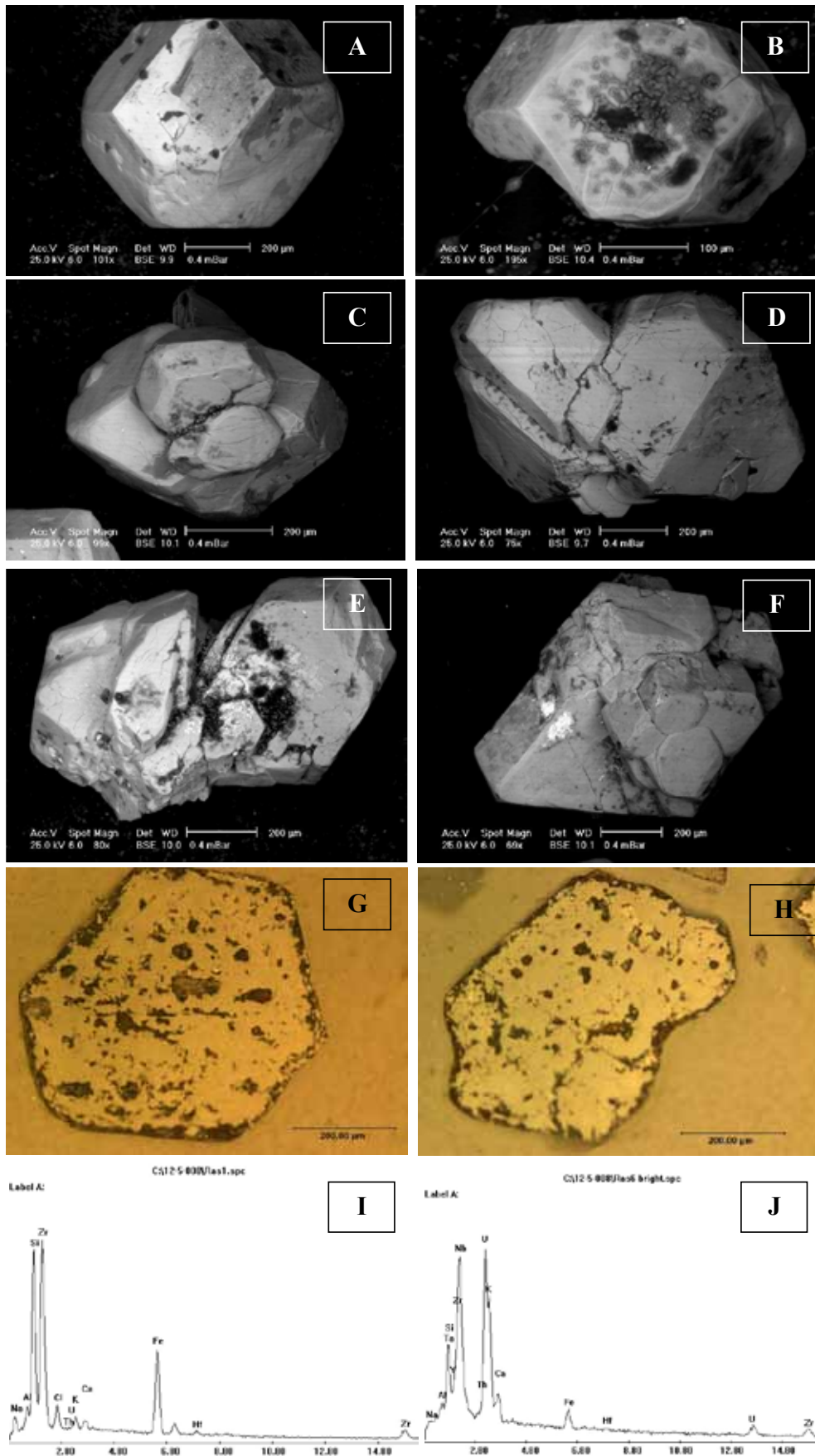


Fig. 3. A-F, Scanning electron microscopy photomicrographs for Abu Rushied zircon, A & B, Short to equidimensional zircon crystals with a distinctive bipyramidal form. C & D, Multiple growths of bipyramidal zircon. E, Multiple growths of bipyramidal zircon with iron inclusions. F, Zircon crystal with well developed pyramidal faces. Note the bright inclusions rich in Nb and U. G & H. Thin section images of zircon crystals with one of the pyramidal faces missing, Polarized Light. Note the inclusions of silicates. I & J, EDX analyses of zircon and its inclusions respectively.

shown in figures (6 B, E). The obtained microprobe analyses (Table 2) have resulted in the following averages in wt%: Nb₂O₅, 68.34; Ta₂O₅, 9.13%; MnO, 4.06%. Minor amounts of Ti, Th, U, Y, and REE were reported as substitution in fer-

rocolumbite. The calculated empirical formula of ferrocolumbite is (Fe_{0.52} Mn_{0.13} Na_{0.002} U_{0.005} Th_{0.004} Pb_{0.006} Zr_{0.004} ΣREE_{0.006})Σ_{0.672} B(Nb_{1.07} Ta_{0.139} Ti_{0.017})Σ_{1.226} O₆. Zoned ferrocolumbites are found in the studied pegmatite, tantalum (13wt%) and ura-

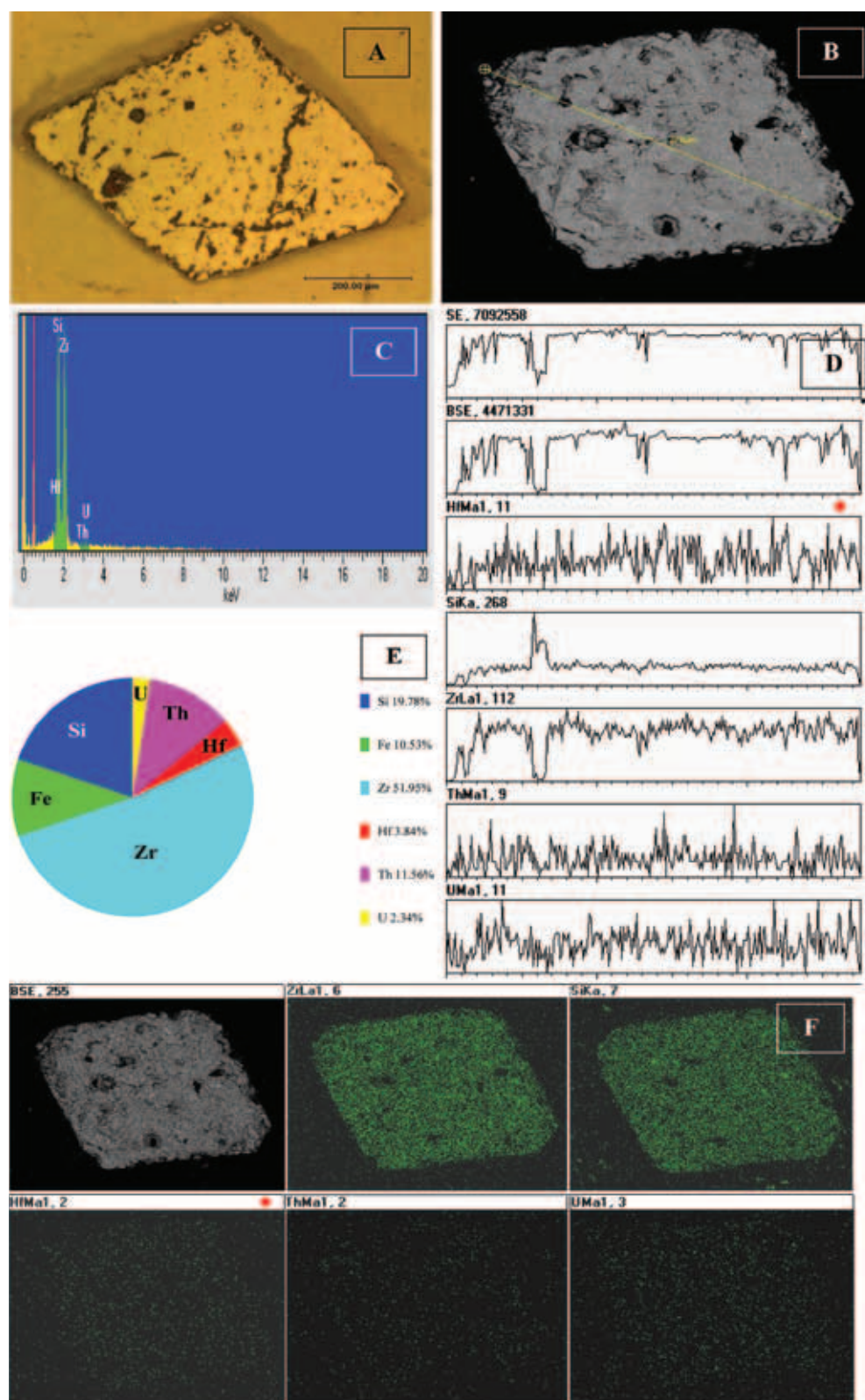


Fig. 4. A - Zircon crystal with well developed pyramidal faces, Polarized light. B - BSE image showing scan line within zircon. C - EDX spectrum of zircon D - The corresponding scan line elemental analyses results. E - Circular diagram showing the chemical composition of the investigated zircon. F - The corresponding elemental scan map.

nium (1wt%) are enriched in the bright zone with respect to the dark zone. The microprobe analyses were plotted on the FeTa_2O_6 - FeNb_2O_6 - MnNb_2O_6 - MnTa_2O_6 quadrilateral diagram (CERNY & ERCIT, 1985). The latter show that all the data point plot in the ferrocolumbite field (Fig. 9). EMPA analyses revealed the presence of Nb-Ta oxide minerals (ishikawaite, uranopyrochlore, and fergusonite), uraninite, and thorite as numerous inclusions in the studied ferrocolumbite.

Uranyl silicate minerals

Uranyl silicates are the most abundant group of uranium minerals. The uranyl silicate minerals can be divided into several categories on the basis of their uranium and silicon ratios (STOHL & SMITH, 1981). Three categories, with uranium to silicon ratios of 1:1, 1:3, and 2:1, are well defined and reported by STOHL (1974); STOHL & SMITH (1974). Kasolite and uranophane are the

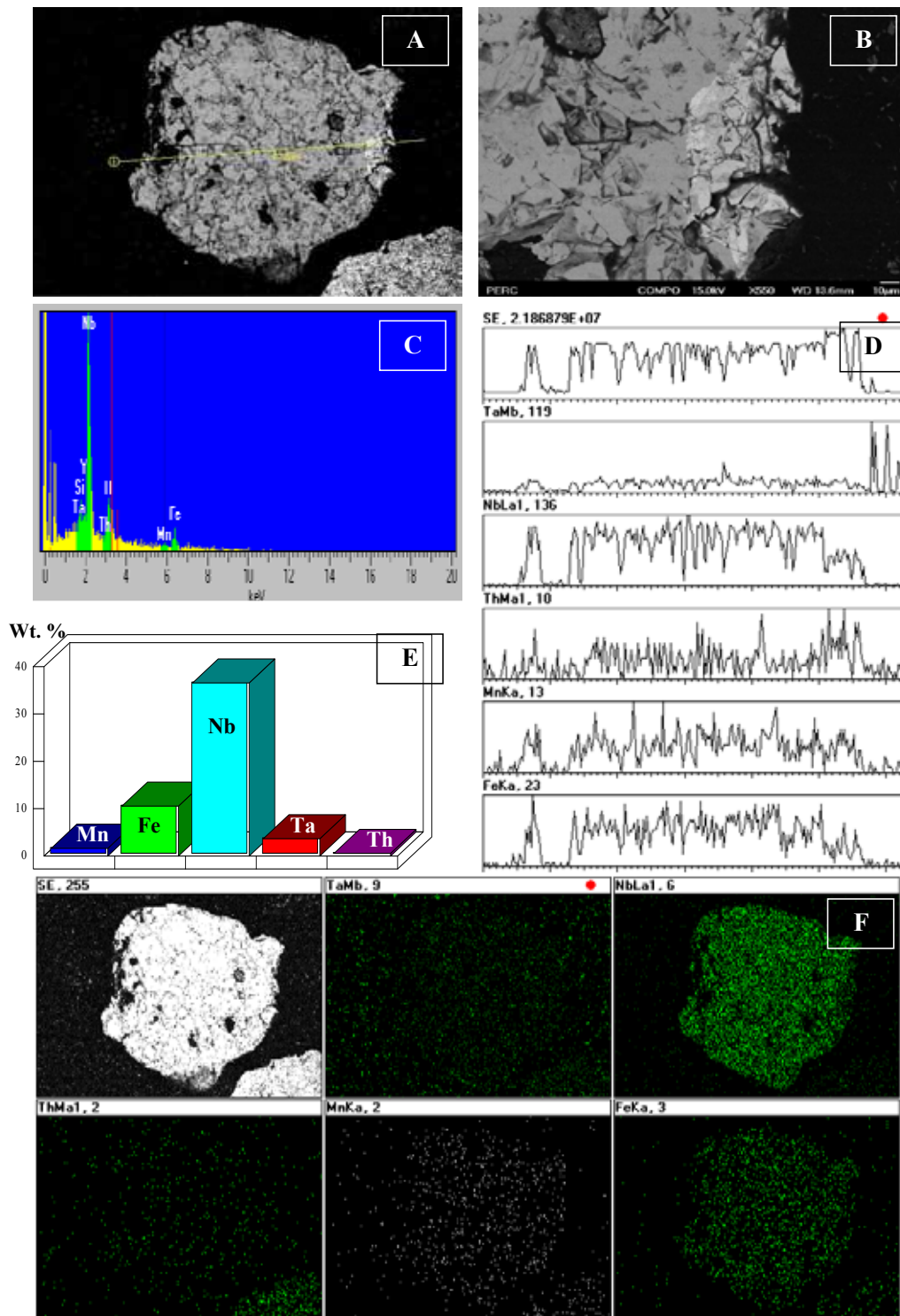


Fig. 5. A - BSE microphotograph showing scan line within columbite crystal. B - BSE image showing enlarged area within that crystal. Note the bright zone rich in Ta. C - EDX analyses of columbite. D - Scan line elemental analyses of columbite. E - Histogram showing the chemical composition of the investigated columbite. F - The corresponding elemental scan map.

members of the first group with uranium to silicon ratio 1:1. Kasolite is distinguished by its bright colors (canary lemon, yellow and brown of different intensities). These minerals are close in their physical properties and morphological features and characterized by their softness to crushing. However, kasolite grains, compared to other uranium secondary minerals are relatively harder (RASLAN, 1996). Kasolite is generally distinguished from the other uranium silicates by its crystal habit and luster. It is a hydrated silicate of lead and hexavalent uranium and is the only uranyl silicate with lead as major cation. These grains usually occur as massive granular

forms composed of druses of rod like crystals. They are characterized by their waxy or greasy luster under binocular microscope. EPMA analyses of the kasolite (Fig. 6 F and Table 3) reflect the major elements in the mineral; UO_2 (50.16%), PbO (36.86%) and SiO_2 (10.42%) associated with quartz, minor amounts of REE, Hf, and Y, were reported as minor elements in kasolite.

The composition of analyzed kasolite (Table 3) can be expressed in the following formula: $(\text{Pb}_{0.374} \sum \text{REE}_{0.009})_{\Sigma 0.38} \text{O}_3 \cdot 3(\text{U}_{0.853}) \text{O}_3 \cdot 3(\text{Si}_{0.322}) \text{O}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. The REEs occupy the Pb sites in the lattice.

Under binocular microscope, uranophane grains are generally massive with granular form.

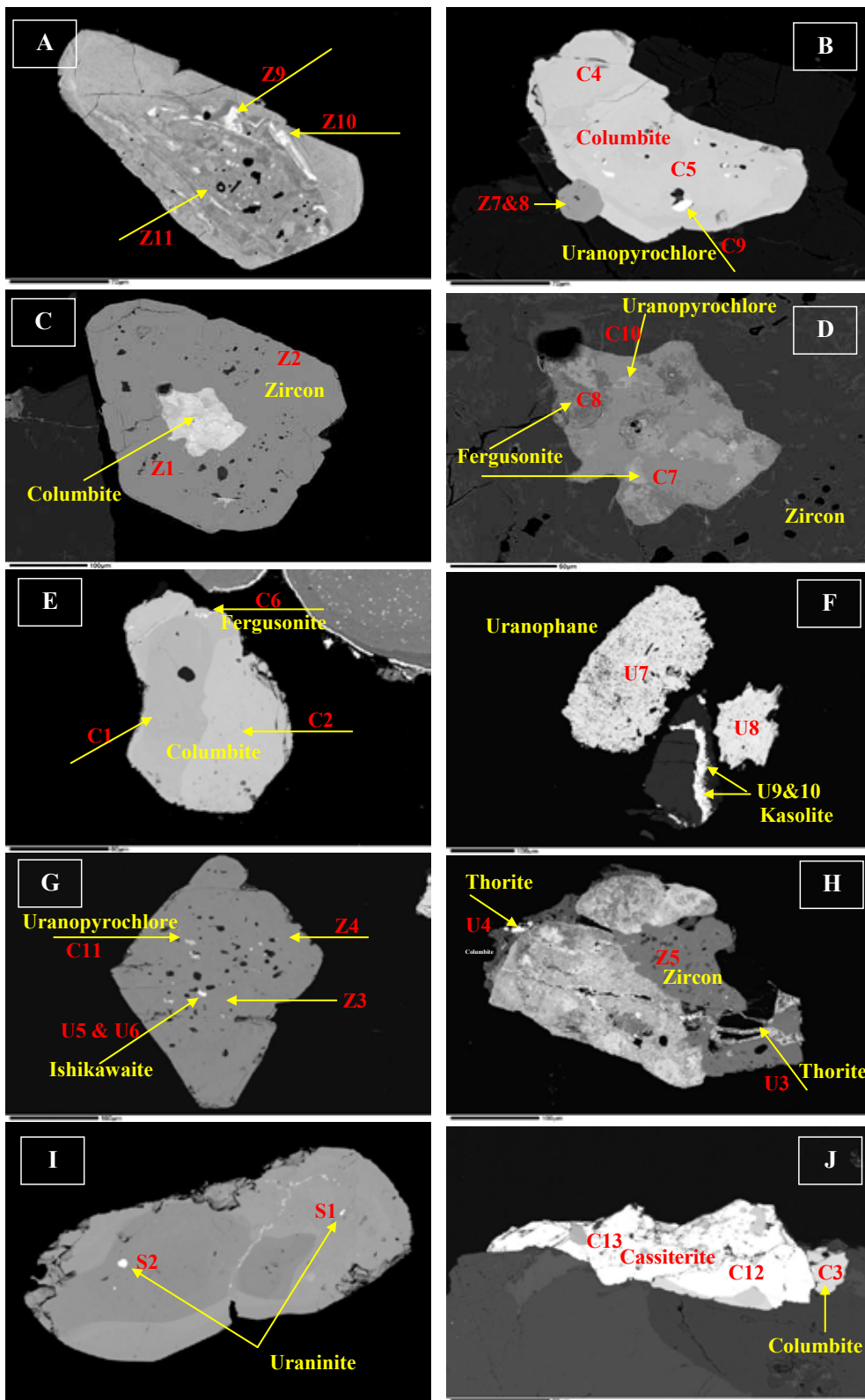


Fig. 6. SEM-BSE images of A - Zoned zircon crystal and location of microprobe spots. B - Subhedral cloumbite crystal associated with prismatic zircon C - Columbite crystal enclosed zircon D - Enlarged area in that columbite crystal with uranopyrochlore and fergusonite inclusions. E - Zoned columbite and associating fergusonite inclusion. F - Acicular crystals of uranophane and kasolite. G - Ishikawaite and uranopyrochlore inclusions in zircon. H - Thorite inclusions in zircon. I - Minute uraninite inclusions enclosed in ferrocolumbite. J - Large cassiterite crystal associating ferrocolumbite.

Their luster is dull and greasy. These grains are distinguished by their bright colors (canary to lemon yellow) with pale yellow streak and found in the form of fissures and fracture fillings (Fig. 5 D). RASLAN (2009b) identified dark colored iron aniferous grains in some radioactive granite plutons in the Eastern Desert of Egypt. These grains are mainly composed of uranophane and beta-uranophane, coated and stained with limonite. RASLAN (2004) remarked that the presence

of both uranophane and beta-uranophane as a mixture in some samples is attributed to the presence of both habits (massive granular and fibrous acicular crystals) as intergrown mixtures. The EPMA analyses of the crystals (Fig. 6F and Table 3) reflect the chemical composition of uranophane; these results indicate that the major elements are UO_2 (75.11 %), SiO_2 (15.98 %), and CaO (4.68 %). Also, minor amounts of REE, Y and K, were reported as substituents for U (Table 3). The

Sample	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Average N=11
	Zircon											
Mineral	Core	Rim	Core	Rim	Core	Rim	Core	Rim	Core light	Rim light	Core Dark	
Al ₂ O ₃	0.000	0.010	0.000	0.002	0.000	0.002	0.145	0.028	0.484	0.699	0.012	0.126
SiO ₂	32.50	32.79	32.14	32.87	32.91	32.96	31.08	32.83	27.68	29.77	32.84	31.85
ZrO ₂	62.61	61.74	62.52	62.26	63.71	62.43	61.13	62.30	50.96	50.92	63.06	60.33
HfO ₂	3.37	4.54	2.45	4.25	2.51	4.26	2.31	3.81	8.83	11.11	3.19	4.60
P ₂ O ₅	0.011	0.037	0.216	0.063	0.222	0.063	0.140	0.017	0.744	0.871	0.006	0.222
CaO	0.006	0.020	0.010	0.023	0.111	0.023	0.038	0.014	0.422	0.465	0.002	0.094
TiO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.024	0.000	0.006
MnO	0.011	0.007	0.030	0.018	0.030	0.018	0.035	0.213	0.231	0.220	0.060	0.079
FeO	0.013	0.156	0.047	0.038	0.048	0.038	0.034	0.198	0.718	0.833	0.072	0.199
Y ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.607	1.540	0.000	0.195
Ce ₂ O ₃	0.099	0.100	0.052	0.000	0.052	0.000	0.000	0.041	0.031	0.000	0.118	0.045
Tb ₂ O ₃	0.000	0.054	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000	0.000	0.000	0.009
Yb ₂ O ₃	0.057	0.174	0.258	0.079	0.264	0.079	0.411	0.000	1.576	1.958	0.100	0.451
PbO	0.023	0.000	0.000	0.071	0.000	0.071	0.058	0.000	0.124	0.008	0.000	0.032
ThO ₂	0.000	0.000	0.000	0.029	0.000	0.029	0.032	0.091	0.629	0.996	0.030	0.167
UO ₂	0.055	0.132	0.243	0.020	0.249	0.029	0.105	0.000	0.500	0.592	0.112	0.185
Total	98.76	99.80	97.66	99.73	100.0	100.0	97.52	99.71	94.54	100.0	99.61	98.85
Chemical formula based on 4 oxygen												
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.001	0.010	0.015	0.000	0.003
Si	1.003	1.012	1.004	1.027	1.028	1.030	0.971	1.026	0.865	0.930	1.026	0.993
Zr	0.978	0.965	0.978	0.973	0.996	0.976	0.955	0.973	0.796	0.786	0.985	0.942
Hf	0.032	0.043	0.023	0.041	0.024	0.041	0.022	0.036	0.084	0.106	0.030	0.044
P	0.001	0.001	0.005	0.002	0.006	0.002	0.004	0.001	0.019	0.022	0.000	0.006
Ca	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012	0.013	0.000	0.003
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.001
Mn	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.007	0.007	0.007	0.002	0.003
Fe	0.001	0.005	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.006	0.022	0.026	0.002	0.006
Y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.034	0.032	0.000	0.006
Ce	0.002	0.002	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.003	0.001
Tb	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Yb	0.000	0.000	0.005	0.002	0.006	0.002	0.009	0.000	0.033	0.041	0.002	0.009
Pb	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Th	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001	0.002	0.012	0.018	0.001	0.003
U	0.001	0.002	0.004	0.001	0.004	0.001	0.002	0.000	0.009	0.010	0.002	0.007

Table 1. Selected EMPA analyses of zircon from Abu Rusheid pegmatites, South Eastern Desert, Egypt

composition of analyzed uranophane can be expressed in the following formula Ca_{0.13}(U_{1.27}O₂)₂(Si_{0.463}O₃)₂(OH)₂·5H₂O. Uranophane and kasolite of Abu Rusheid pegmatites are mainly originated from hydrothermal alterations of primary mine-

ral (uraninite-High Th). The absence of distinct crystal faces of studied uranophane indicates that it did not deposit from the circulating groundwater (OSMOND et al., 1999).

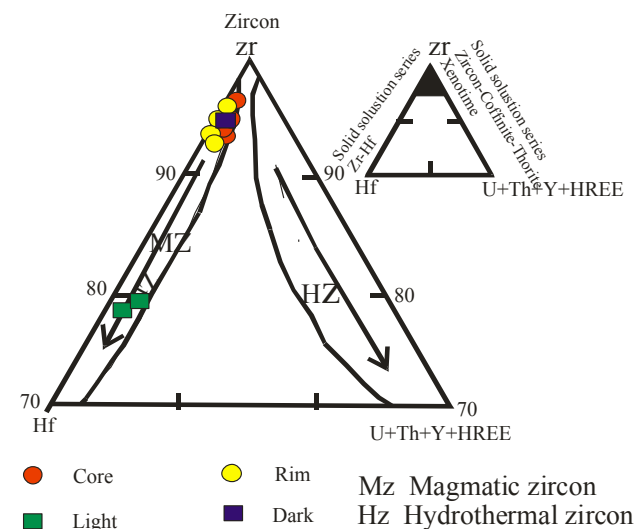


Fig. 7. Zr, Hf, (U, Th, Y, HREE) ternary diagram of zircon compositions in rare-metal pegmatites, Eastern Desert, Egypt. The solid line represents an interpretative boundary that limits the compositional gap between the two zircon series. The shown trends magmatic zircon (MZ) and hydrothermal zircon (HZ) by KEMPE et al. (1997) and ABDALLA et al. (2009).

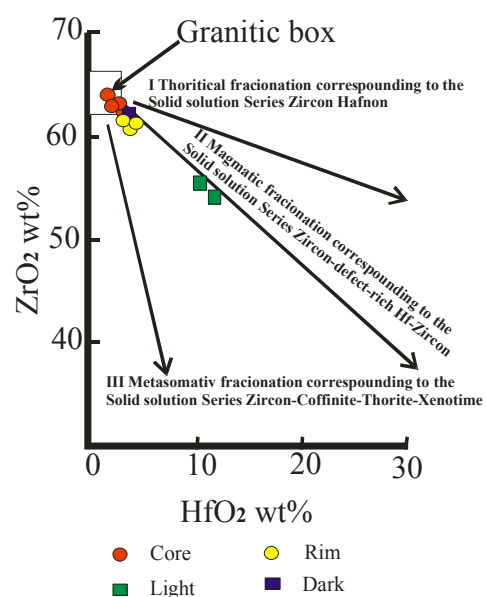


Fig. 8. ZrO₂ versus HfO₂ diagram of Zircon from rare metals pegmatites, South Eastern Desert, Egypt. The shown trends are modified from KEMPE et al. (1997) and ABDALLA et al (2009). The granite box, comprising Zr-Hf ranges in granites from WEDEPOHL (1978).

Table 2. Selected EMPA analyses of ferrocolumbite from Abu Rusheid pegmatites, South Eastern Desert, Egypt.

Sample	C1	C2	C3	C4	C5	Average N=5
Mineral	dark	light	dark	light		
Na ₂ O	0.103	0.249	0.000	0.000	0.000	0.07
P ₂ O ₅	0.025	0.000	0.016	0.029	0.016	0.017
CaO	0.016	0.031	0.000	0.000	0.000	0.009
TiO ₂	0.479	0.575	0.512	0.619	0.511	0.539
MnO	4.25	3.98	4.5	4.12	3.44	4.058
FeO	16.28	15.76	18.98	15.30	16.22	16.51
Y ₂ O ₃	0.195	0.064	0.191	0.124	0.197	0.154
ZrO ₂	0.000	0.000	0.460	0.143	0.468	0.274
HfO ₂	0.117	0.000	0.150	0.000	0.152	0.084
SnO ₂	0.115	0.099	0.247	0.000	0.000	0.092
Ce ₂ O ₃	0.149	0.132	0.000	0.000	0.000	0.056
Pr ₂ O ₃	0.033	0.091	0.000	0.000	0.000	0.025
Nd ₂ O ₃	0.000	0.059	0.000	0.000	0.000	0.012
Tb ₂ O ₃	0.000	0.000	0.030	0.000	0.000	0.006
Yb ₂ O ₃	0.000	0.000	0.029	0.000	0.030	0.064
Nb ₂ O ₅	71.99	64.92	70.01	66.49	68.27	68.34
Ta ₂ O ₅	6.15	13.01	4.0	12.75	9.76	9.13
PbO	0.600	0.467	0.480	0.510	0.582	0.528
ThO ₂	0.000	0.000	0.501	0.521	0.011	0.204
UO ₂	0.000	0.000	0.432	1.01	0.018	0.292
Total	100.5	99.43	100.54	101.60	99.89	100.39
Chemical formula based on 4 oxygen						
Na	0.003	0.008	0.000	0.000	0.000	0.002
P	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
Ca	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Ti	0.015	0.018	0.018	0.020	0.016	0.017
Mn	0.133	0.124	0.141	0.129	0.108	0.127
Fe	0.509	0.493	0.593	0.485	0.503	0.517
Y	0.004	0.001	0.003	0.003	0.004	0.003
Zr	0.000	0.000	0.007	0.000	0.015	0.004
Nb	1.13	1.01	1.09	1.05	1.07	1.07
Sn	0.001	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001
Ce	0.003	0.001	0.003	0.002	0.000	0.002
Pr	0.001	0.002	0.004	0.000	0.000	0.001
Nd	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001
Tb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
Yb	0.000	0.000	0.001	0.000	0.001	0.001
Hf	0.002	0.000	0.002	0.000	0.002	0.002
Ta	0.096	0.203	0.063	0.198	0.134	0.139
Pb	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006
Th	0.000	0.000	0.009	0.010	0.001	0.004
U	0.000	0.000	0.007	0.017	0.001	0.005

Uraninite

Uraninite is a common accessory mineral in pegmatites and peraluminous granites, and is probably the most important source of dissolved U in groundwaters emanating from weathered granitic terrains (FRONDEL, 1958; FÖRSTER, 1999). The EPMA analysis (Fig. 6 I and Table 4) was used to characterize the chemical composition of uraninite. The EPMA results indicate that the major elements in uraninite are UO₂ (70.00 wt%), ThO₂ (10.13%), and PbO (6.18 %) within elemental composition of columbite (Nb₂O₅ = 5.98%), Ta₂O₅ (1.96%) and FeO (2.11%) Also, minor amounts of LREE and Y were reported as substitution in columbite. The chemical formula of the investigated uraninite is (U_{1.20}Pb_{0.058}Th_{0.185})_{Σ1.44}O₂.

Thorite

Thorite was found as numerous subhedral to anhedral inclusions in zircon, 5 to 10 μm in size (Fig. 6H). The EPMA analyses for these inclusions

Table 3. Selected EMPA analyses of uranophane and kasolite from Abu Rusheid pegmatites, South Eastern Desert, Egypt.

Sample	U7	U8	Ave. N=2	U9	U10	Ave. N=2
				Kasolite		
Mineral	Uranophane					
SiO ₂	15.13	16.82	15.98	10.23	10.61	10.42
Na ₂ O	0.105	0.042	0.074	0.070	0.072	0.071
K ₂ O	0.496	0.577	0.537	0.000	0.000	0.000
HfO ₂	0.000	0.062	0.031	0.259	0.268	0.264
P ₂ O ₅	0.101	0.077	0.089	0.069	0.072	0.071
CaO	4.87	4.48	4.68	0.000	0.000	0.000
FeO	0.000	0.006	0.003	0.013	0.013	0.013
TiO ₂	0.047	0.053	0.05	0.000	0.000	0.000
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Y ₂ O ₃	0.029	0.000	0.015	0.020	0.021	0.021
Ce ₂ O ₃	0.076	0.060	0.068	0.158	0.164	0.161
Pr ₂ O ₃	0.034	0.025	0.03	0.000	0.000	0.000
Nd ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.082	0.085	0.084
Gd ₂ O ₃	0.159	0.195	0.177	0.142	0.147	0.145
Nb ₂ O ₅	0.000	0.000	0.000	0.050	0.052	0.051
Ta ₂ O ₅	0.000	0.158	0.079	0.000	0.000	0.000
PbO	0.026	0.091	0.059	36.09	37.63	36.86
ThO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
UO ₂	74.34	75.87	75.11	49.24	51.07	50.16
Total	95.42	98.57	96.99	96.41	100.20	98.31
Chemical formula based on 4 oxygen						
Si	0.467	0.458	0.463	0.316	0.328	0.322
Na	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
K	0.015	0.018	0.017	0.000	0.000	0.000
Hf	0.000	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003
P	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002
Ca	0.135	0.124	0.130	0.000	0.000	0.000
Fe	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Ti	0.002	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000
Y	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001
Ce	0.016	0.001	0.009	0.003	0.003	0.003
Tb	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002
Dy	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Yb	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003
Pb	0.000	0.001	0.001	0.368	0.379	0.374
Nb	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001
Ta	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
Th	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
U	1.26	1.27	1.27	0.837	0.869	0.853

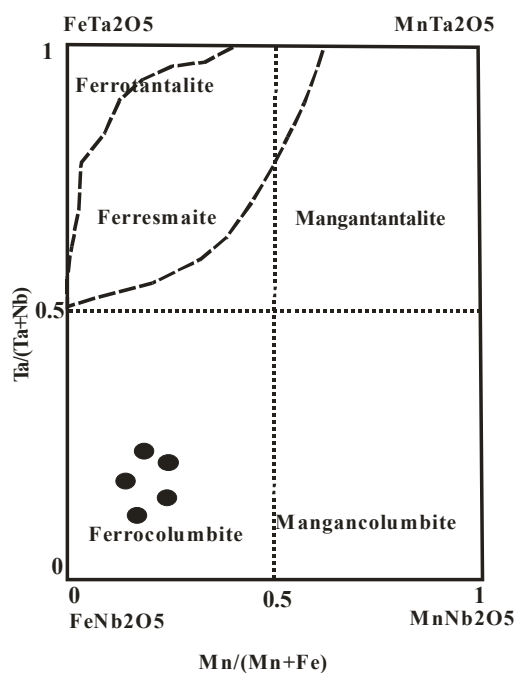


Fig. 9. Chemical composition of the columbite-tantalite from rare metal pegmatites in the Abu Rusheid area, plotted on the FeTa₂O₆-FeNb₂O₆-MnNb₂O₆-MnTa₂O₆ quadrilateral diagram (CERNY & ERCIT, 1985). Abu Rusheid ferrocolumbite in the pegmatites is represented by the closed circles.

Table 4. Selected EMPA analyses of uraninite, thorite, and ishikawaite from Abu Rusheid pegmatites, South Eastern Desert, Egypt.

Sample	U1	U2	Ave.	U3	U4	Ave.	U5	U6	Ave.
Mineral	Uraninite			Thorite			Ishikawaite		
	N=2			N=2			N=2		
SiO ₂	0.051	0.055	0.053	13.45	12.59	13.02	7.04	6.89	6.97
Na ₂ O	0.042	0.046	0.044	0.093	0.087	0.09	0.042	0.041	0.042
Al ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.633	0.620	0.625
K ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.024	0.022	0.023	0.000	0.000	0.000
ZrO ₂	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.048	0.049
P ₂ O ₅	0.003	0.003	0.003	1.565	1.464	1.515	0.294	0.288	0.291
CaO	0.0000	0.000	0.000	0.353	0.330	0.342	0.50	0.90	0.70
FeO	2.012	2.203	2.108	2.172	2.032	2.102	3.42	3.34	3.38
TiO ₂	0.105	0.115	0.11	0.000	0.000	0.000	1.828	1.789	1.809
MnO	0.471	0.515	0.493	0.029	0.027	0.028	0.097	0.095	0.096
Y ₂ O ₃	0.253	0.277	0.265	4.82	4.51	4.67	0.209	0.205	0.207
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.151	0.141	0.146	0.000	0.000	0.00
Ce ₂ O ₃	0.311	0.340	0.326	0.198	0.185	0.192	0.103	0.101	0.102
Gd ₂ O ₃	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.179	0.175	0.177
Nb ₂ O ₅	6.10	5.86	5.98	0.028	0.026	0.027	30.14	31.44	30.79
Ta ₂ O ₅	2.39	1.52	1.96	0.023	0.022	0.023	2.552	2.498	2.525
PbO	5.96	6.40	6.18	0.057	0.053	0.055	0.684	0.669	0.677
ThO ₂	10.01	10.25	10.13	75.51	71.57	73.54	4.64	5.52	5.08
UO ₂	69.10	70.89	70.0	0.923	0.489	0.706	46.22	43.24	44.73
Total	96.73	98.49	97.61	99.40	93.55	96.48	98.67	97.91	98.29
Chemical formula based on 4 oxygen									
Si	0.002	0.002	0.002	0.420	0.389	0.405	0.220	0.215	0.218
Na	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001
Al	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.013	0.014
K	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
Zr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002
P	0.001	0.001	0.001	0.039	0.037	0.038	0.007	0.007	0.007
Ca	0.000	0.000	0.000	0.011	0.009	0.01	0.013	0.023	0.018
Fe	0.063	0.069	0.066	0.068	0.064	0.066	0.107	0.104	0.106
Ti	0.003	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.057	0.056	0.057
Mn	0.015	0.016	0.016	0.001	0.001	0.001	0.003	0.003	0.003
Y	0.005	0.006	0.006	0.100	0.141	0.121	0.004	0.004	0.004
La	0.000	0.000	0.000	0.003	0.003	0.003	0.000	0.000	0.000
Ce	0.007	0.007	0.007	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002
Gd	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.004	0.004
Pb	0.061	0.055	0.058	0.001	0.001	0.001	0.007	0.007	0.007
Nb	0.092	0.089	0.091	0.001	0.001	0.001	0.518	0.507	0.513
Ta	0.036	0.023	0.03	0.001	0.001	0.001	0.035	0.034	0.035
Th	0.183	0.187	0.185	1.33	1.30	1.32	0.085	0.101	0.093
U	1.18	1.21	1.20	0.016	0.008	0.012	0.786	0.684	0.735

reflect the chemical composition of uranothorite (Table 4). These results indicate that the major elements in thorite are ThO₂ (73.54%), SiO₂ (13.02%), U (0.71%), Y₂O₃ (4.67%), and FeO (2.11). Also, minor amounts of LREE and K were reported as substituents in thorite. According to FRONDEL & CUTTITO (1955), huttonite and thorite form hydrothermally over a temperature range (300 °C to 700 °C); the formation of huttonite is favoured by alkaline conditions and thorite by acid conditions. Several authors reported the presence of thorite inclusions in rare metal mineralization and accessory heavy minerals separated from some Egyptian pegmatites (ALI et al., 2005; ABDEL WARITH et al., 2007; RASLAN et al., 2010a, b). Electron microprobe analysis confirmed the presence of thorite whose composition corresponds to the empirical formula: (Th_{1.32}U_{0.012}Y_{0.121})_{Σ1.45}(Si_{0.405}P_{0.038})_{Σ0.443}O₄. Uranium, rare earths, Y, Pb and Al substitute Th sites in the crystal lattice. PO₄ is known to substitute for SiO₄.

Ishikawaite (uranium-rich samarskite)

Samarskite is a group of the Nb-Ta mineral varieties occurring in pegmatite granites and hav-

ing the general formula A_mB_nO₂ (m+n) where A represents Fe²⁺, Ca, REE, Y, U and Th while B represents Nb, Ta and Ti. According to HANSON et al. (1999), the complete metamict state, alteration and the broad variation of cations in A-site of these mineral varieties render their crystal structure a problematic case. Therefore, these authors have proposed a nomenclature for the samarskite group of minerals based on their classification into three species. Thus, if the REE + Y are the dominant, the name samarskite-(REE + Y) should be used with the dominant of these cations as a suffix. If U + Th are the dominant, the mineral is properly named ishikawaite whereas if Ca is the dominant cation, the mineral should be named calciosamarskite. HANSON et al. (1999) have also reported that ishikawaite and calciosamarskite are depleted in the light rare-earth elements (LREE) and enriched in the heavy rare-earth elements (HREE) together with Y. Recently, samarskite-(Yb) has been identified as a new species of the samarskite group (WILLIAM et al., 2006) i.e. an Yb-dominant analog of samarskite-Y. On the other hand, samarskite-Y has also been described as a mineral with Y + REE dominant at A-site (NICKEL & MANDARINO, 1987). RASLAN et al. (2010a) iden-

tified samarskite-Y from the pegmatite bodies of Gebel Ras Baroud granite and from the surrounding wadi stream sediments (RASLAN, 2009b). Finally, it has to be mentioned that WARNER & EWING (1993) have proposed that samarskite should be formulated as an ABO₄. It is interesting to mention that ishikawaite with an average assay of about 50% Nb₂O₅ and 26% UO₂ has been identified for the first time in Egypt in the mineralized Abu Rushied gneissose granite (RASLAN, 2008). The author describes Ishikawaite as black translucent massive grains of anhedral to subhedral and granular form, which are generally characterized by a dark brown streak and by a resinous to vitreous luster (RASLAN, 2008).

In the present study, ishikawaite occurs as euhedral to subhedral minute crystals with sizes ranging from 5 to 10 μm. They are present as inclusions in columbite (Fig. 6G). They are distinguished by their bright colour in SEM-BSE images. The EPMA data for ishikawaite are represented in Table 4. These results indicate that the major elements in ishikawaite are UO₂ (44.73%), Nb₂O₅ (30.79%), Ta₂O₅ (2.53%), FeO (3.38%), ThO₂ (5.08%). Also, minor amounts of

LREE, and Y were reported as substitution in ishikawaite. Analytical results indicate a structural formula of ${}^A(\text{U}_{0.74}\text{Fe}_{0.11}\text{Y}_{0.004}\text{Ce}_{0.002}\text{Ca}_{0.02})_{\Sigma 0.88}{}^B(\text{Nb}_{0.513}\text{Ta}_{0.035}\text{Ti}_{0.06})_{\Sigma 0.61}\text{O}_4$ for ishikawaite with U ranging from 0.68 to 0.79 per formula unit. In the meantime, the two microprobe analyses were plotted on the ternary diagram of HANSON et al. (1999), which shows the A-site occupancy of samarskite-group minerals (Fig. 10). The latter shows that all the data points plot in the ishikawaite field.

From the analytical data it is quite clear that the studied mineral reflects the chemical composition of a U-rich samarskite variety in the Abu Rushied pegmatite, which is ishikawaite as indicated by the following evidence:

1. Both samarskite-Y and ishikawaite have a dominant Nb in the B-site and the distinction between either variety must be based on the content of B-site occupancy. The obtained EMPA data revealed that Nb_2O_5 is the dominant in the investigated mineral; in wt% it ranges from 30.14 to 31.44 with an average of 30.79%. Thus, the studied mineral falls actually within the compositional limits of both samarskite-Y and ishikawaite.
2. The samarskite group of minerals must comprise only those that have $\text{Nb} > \text{Ta}$ and Ti in the B-site (HANSON et al., 1999), and the studied mineral contains an average $\text{Ta} + \text{Ti} = 4.33\% < \text{Nb} = 30.79\%$.
3. Samarskite-Y has been described as a mineral with Y + REE dominant at the A-site (NICKEL & MANDARINO, 1987). According to FLEISCHER & MANDARINO (1995), the currently accepted formula of the ishikawaite species is $[(\text{U}, \text{Fe}, \text{Y}, \text{Ca})(\text{Nb}, \text{Ta})\text{O}_4]$ and that ishikawaite was first described as a uranium-rich, REE-poor mineral by KIMURA (1922). Also, CERNY & ERICIT (1989) have described ishikawaite as a probable uranium-rich variety of samarskite.

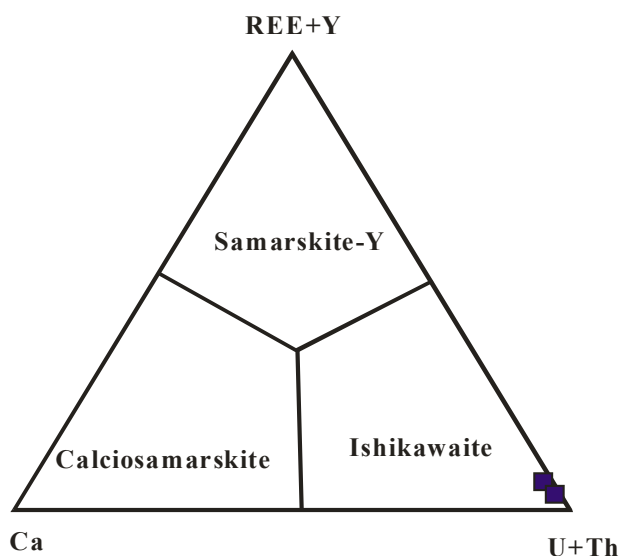


Fig. 10. Ternary diagram showing A-site occupancy of samarskite-group minerals after HANSON et al., (1999). Ishikawaite in the Abu Rusheid pegmatites is represented by the closed square.

4. The investigated mineral is actually rich in both uranium and thorium, where the former ranges from 43.24 to 46.22% with an average of 44.73%, whereas the latter varies from 4.64 to 5.52% with an average of 5.08%.
5. HANSON et al., (1999) have proposed a nomenclature for the samarskite group of minerals. They thus classified this group of minerals into three species. If REE + Y is dominant, the name samarskite-(REE + Y) should be used with the dominant of these cations as a suffix. If U + Th is dominant, the mineral is properly named ishikawaite, whereas if Ca is dominant, the mineral should be named calciosamarskite. They also reported that ishikawaite and calciosamarskite are depleted in light rare earth elements (LREE) and enriched in the heavy rare-earth element (HREE) Y. The studied Abu Rushied samarskite species contain a Y content ranging from 0.205 to 0.209% with an average of 0.207%, which reflects the enrichment of HREE.
6. The investigated samarskite variety separated from the Abu Rushied radioactive pegmatite is characterized by dominant U + Th, $\text{Nb} > \text{Ta} + \text{Ti}$ and relatively rich in Y.
7. In summary, the studied mineral most probably falls within the compositional limits of other ishikawaite cited in the previous literature.

Uranopyrochlore

Pyrochlore group minerals are characteristic constituents of carbonatites, phoscorites and related metasomatic rocks. These minerals show a wide compositional range with respect to A- and B-site cation substitutions. General formula can be written as $\text{A}_{2-m}\text{B}_2\text{O}_6\text{Y}_{1-n} \cdot p\text{H}_2\text{O}$, where A = Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe^{2+} , Sr, Sb, Cs, Ba, REEs, Pb, Bi, Th and U; B = Nb, Ta, Ti, Zr, Sn, W, Fe^{3+} and Al; and Y = F, OH, or O (LUMPKIN & MARIANO, 1996).

Three pyrochlore subgroups are defined, depending on the predominant cation in the B site. Niobium exceeds Ta in the pyrochlore subgroup, whereas Ta exceeds Nb in the microlite subgroup. Both pyrochlore and microlite subgroups have $(\text{Ta} + \text{Nb}) > 2\text{Ti}$, whereas the betafite subgroup is characterized by $2\text{Ti} > (\text{Ta} + \text{Nb})$. U substitutions at the A site, and metamict pyrochlore are common. Although virtually all these minerals contain some U, only two minerals of pyrochlore group contain U as an essential constituent uranomicrolite and uranopyrochlore (HOGARTH, 1977; LUMPKIN & EWING, 1995). ATENCIO et al. (2010) proposed a new scheme of nomenclature for the pyrochlore subgroup, based on the ions at the A, B and Y sites. They recommended five groups based on the atomic proportions of the B atoms Nb, Ta, Sb, Ti and W. The recommended groups are pyrochlore, microlite, romeite, betafite and elsmoreite respectively.

Uranopyrochlore occurs as minute subhedral to anhedral crystals in columbite, and range in size from 5 to 10 μm (Figs. 6 B, D, G). The EPMA analyses of the crystal reflect the major elements

in uranopyrochlore are Nb_2O_5 (35.28%), Ta_2O_5 (20.03%), UO_2 (14.84). Also, minor amounts of Th, Y, and LREE were reported as substitutions in pyrochlore (Table 5).

In the studied pyrochlore species, the average of Nb attains 35.28% which is much higher than the average of Ta (20.03%). The obtained EPMA data revealed that the average of Nb and Ta attains 55.31% which is much higher than the average of 2Ti (3.07%). The studied pyrochlore species has dominant uranium at the A-site where it ranges from 12.72 to 16.49% with an average of 14.84%. Therefore, the defined pyrochlore species in the present work belongs actually to the compositional limits of uranopyrochlore minerals species as specified in the literature. The chemical formula of the uranopyrochlore, as indicated from the EMPA data, is $^A(\text{U}_{0.243} \text{Th}_{0.01} \text{Ca}_{0.021} \text{Na}_{0.002} \text{Pb}_{0.01} \sum \text{REE}_{0.012} \text{Y}_{0.104} \text{Fe}_{0.07} \text{Sn}_{0.001} \text{Mn}_{0.001})_{\sum 0.474} \text{B}(\text{Nb}_{0.505} \text{Ta}_{0.292} \text{Si}_{0.128} \text{Zr}_{0.005} \text{Ti}_{0.121})_{\sum 1.05} \text{O}_6$. The obtained microprobe analyses were plotted on the ternary diagram of HOGARTH (1977) which shows the pyrochlore group minerals (Fig. 11). The latter shows that all the data points plot in the pyrochlore field.

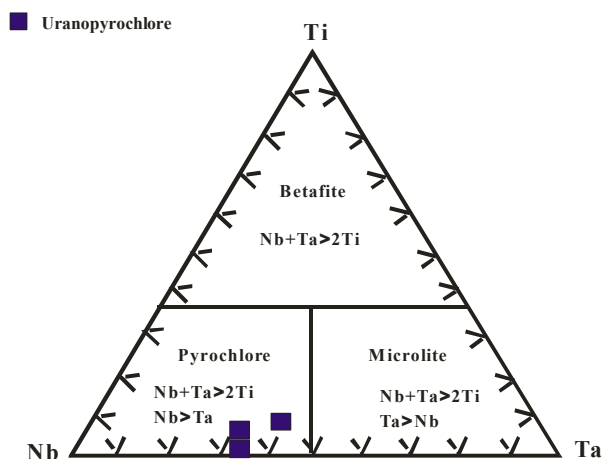


Fig. 11. Ternary diagram showing the pyrochlore group minerals after HOGARTH (1977). Uranopyrochlore in the Abu Rusheid pegmatites is represented by the closed square.

Fergusonite

The fergusonite group consists of REE-bearing Nb and Ta oxides, many of which are metamict and therefore commonly poorly characterized. The structure of fergusonite group is comparable to that of samarskite group but with large A-sites. Most of these minerals are monoclinic, although orthorhombic and tetragonal unit cells arise from cation ordering. Similar to other (Y, REE, U, Th)-(Nb, Ta, Ti) oxides, fergusonite (ideal formula: YNbO_4), occurs typically as an accessory component in granites (POITRASSON et al., 1998) and granitic pegmatites (ERCIT, 2005) Due to its actinide content of several weight percent, fergusonite is commonly found in a highly radiation-damaged state (ERVANNE, 2004) which is accompanied by major changes of physical properties and generally lowered chemical resistance. Correspondingly, fergusonite and other Nb-Ta-Ti

oxide minerals are often affected by post-growth chemical alteration (EWING, 1975; ERCIT, 2005).

The obtained EPMA chemical analyses and SEM-BSE images (Figs. 6 D & E and Table 5) indicate that this fergusonite phase is predominantly composed of Y, Nb, Ta, REE, U and Th. (Table 5). The calculated formula of the studied fergusonite is $^A(\text{Y}_{0.303} \sum \text{REE}_{0.014} \text{U}_{0.135} \text{Th}_{0.063} \text{Ca}_{0.013} \text{Pb}_{0.006} \text{Si}_{0.213} \text{Zr}_{0.035} \text{Hf}_{0.048} \text{Fe}_{0.105})_{\sum 0.935} \text{B}(\text{Nb}_{0.61} \text{Ta}_{0.084} \text{Ti}_{0.01})_{\sum 0.704} \text{O}_4$.

Cassiterite

Cassiterite occurs as large anhedral crystals (200 μm) with commonly associating ferrocolumbite. The obtained EPMA chemical analyses indicate that Sn is the most predominant element (96.79–101.9 wt%) together with minor amounts of Ta, Nb, Ce, La, Ca, Fe and Mn. (Fig. 6 J and Table 5).

Conclusions

- 1 An economically important rare-metal mineralization is recorded in the pegmatite bodies of Abu Rusheid gneissose granite, South Eastern Desert, Egypt.
- 2 Field surveys indicate that the Abu Rusheid rare-metal pegmatites occur as steeply dipping bodies of variable size, ranging from 1 to 5 m in width and 10 to 50 m in length and are also found as zoned bodies ranging from 5 to 10 m in width and extend 50 to 100 m in length, and trend in a NNW-SSE direction. They are mainly composed of intergrowth of milky quartz, K-feldspars and plagioclase (albite) together with large pockets of muscovite and biotite.
- 3 The zircon is of bipyramidal to typical octahedral form with complete absence of prism, thus the zircon crystals have a length/width ratio of 1:1-0.5-1. Because the zircon of the investigated Abu Rusheid pegmatite frequently contains hafnium in amounts ranging between 2.31 and 11.11 wt%, the studied zircon was designated as Hf-rich zircon. The bright areas in the crystal either in core or rim showed a remarkable enrichment in hafnium content (8.83–11.11%) with respect to the dark zones (3.19%). Ishikawaite, uranopyrochlore, columbite and thorite are common inclusions in zircon.
- 4 The investigated ferroclumbite commonly exhibits zoning; the dark zone is low in Ta and U but the light zone is enriched in Ta (13 Wt%) and U (1 wt%). Uraninite, uranopyrochlore, fergusonite and zircon are common inclusions ferrocolumbite.
- 5 The field evidence, textural relations, and compositions of the rare-metal pegmatites suggest that the main mineralizing event was magmatic with later hydrothermal alteration and local remobilization of high-field-strength elements. In the studied pegmatites, the recorded uraninite, characterized by high-Th and REE contents together with thorite, these latter

Sample	C6	C7	C8	Ave. N=3	C9	C10	C11	Ave. N=3	C12	C13	Ave. N=2
Mineral	Fergusonite				Uranopyrochlore				Cassiterite		
SiO ₂	4.28	11.83	3.17	6.43	12.49	0.000	0.000	3.13	0.120	0.114	0.117
Na ₂ O	0.000	0.000	0.046	0.015	0.279	0.133	0.180	0.193	0.005	0.005	0.005
CaO	0.507	0.449	0.549	0.502	0.000	0.979	0.087	0.284	0.245	2.132	1.189
TiO ₂	0.309	0.576	0.926	0.604	1.826	4.31	0.000	1.534	0.025	0.024	0.025
MnO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.031	0.032
FeO	7.91	1.730	1.36	3.67	0.585	2.571	1.324	1.451	0.155	0.147	0.151
Y ₂ O ₃	14.18	16.94	13.18	14.77	2.086	5.47	3.48	3.629	0.000	0.000	0.000
ZrO ₂	3.71	2.059	0.142	1.97	0.747	0.064	5.47	2.938	0.048	0.046	0.047
HfO ₂	0.630	0.840	0.257	0.576	0.005	0.000	0.017	0.01	0.630	0.146	0.388
SnO ₂	0.000	0.000	0.021	0.007	0.006	0.135	7.40	3.736	101.9	96.79	99.35
La ₂ O ₃	0.000	0.000	0.156	0.052	0.104	0.109	0.147	0.127	0.116	0.110	0.113
Ce ₂ O ₃	0.052	0.076	0.003	0.044	0.427	0.075	0.101	0.176	0.142	0.135	0.139
Pr ₂ O ₃	0.000	0.000	0.125	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nd ₂ O ₃	0.204	0.000	0.000	0.068	0.128	0.266	0.360	0.279	0.000	0.000	0.000
Dy ₂ O ₃	0.000	3.99	0.000	1.33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tb ₂ O ₃	0.000	0.135	0.000	0.045	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Yb ₂ O ₃	0.000	6.14	0.000	2.05	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nb ₂ O ₅	47.17	40.87	29.92	39.32	32.21	23.99	42.46	35.28	0.064	0.061	0.063
Ta ₂ O ₅	0.774	1.211	13.59	5.27	20.09	21.59	19.21	20.03	0.191	0.282	0.237
PbO	1.01	0.675	0.387	0.612	2.027	0.259	0.350	0.747	0.000	0.000	0.000
ThO ₂	7.08	2.915	0.389	3.46	0.901	0.303	0.411	0.507	0.000	0.000	0.000
UO ₂	10.09	6.580	6.79	7.82	12.72	13.64	16.49	14.84	0.000	0.000	0.000
Total	93.91	97.01	71.09	87.67	86.63	73.90	98.14	89.21	105.29	100.11	102.7
Chemical formula based on 4 oxygen											
Si	0.128	0.413	0.098	0.213	0.385	0.000	0.000	0.128	0.004	0.001	0.003
Na	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.003	0.006	0.002	0.000	0.000	0.000
Ca	0.010	0.018	0.015	0.013	0.000	0.027	0.037	0.021	0.001	0.001	0.033
Ti	0.007	0.000	0.002	0.009	0.057	0.135	0.171	0.121	0.001	0.001	0.001
Mn	0.000	0.059	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.005	0.005	0.001
Fe	0.214	0.352	0.043	0.105	0.018	0.080	0.109	0.069	0.000	0.000	0.005
Y	0.281	0.064	0.276	0.303	0.043	0.114	0.154	0.104	0.001	0.001	0.000
Zr	0.035	0.638	0.002	0.035	0.012	0.001	0.001	0.005	0.001	0.001	0.001
Nb	0.737	0.000	0.453	0.609	0.488	0.365	0.663	0.505	1.016	0.988	1.002
Sn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
La	0.006	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002
Ce	0.003	0.000	0.000	0.002	0.009	0.002	0.002	0.004	0.000	0.000	0.000
Pr	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nd	0.008	0.000	0.000	0.028	0.003	0.006	0.008	0.006	0.000	0.000	0.000
Dy	0.000	0.083	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tb	0.000	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Yb	0.000	0.128	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Hf	0.013	0.018	0.003	0.048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.002
Ta	0.000	0.025	0.186	0.084	0.275	0.300	0.300	0.292	0.003	0.004	0.004
Pb	0.006	0.007	0.004	0.006	0.021	0.003	0.004	0.009	0.000	0.000	0.000
Th	0.131	0.053	0.007	0.063	0.016	0.006	0.007	0.01	0.000	0.000	0.000
U	0.178	0.112	0.115	0.135	0.216	0.232	0.280	0.243	0.000	0.000	0.000

Table 5. Selected EMPA analyses of fergusonite, uranopyrochlore and cassiterite from Abu Rusheid pegmatites, South Eastern Desert, Egypt.

minerals indicate that the minerals are formed by magmatic processes and followed by hydrothermal processes; the latter hydrothermal precipitation rich in Nb-Ta which post-dated precipitation of uranopyrochlore, ferrocolumbite and ishikawaite. Magmatic uraninite commonly contains Th and REE, whereas these elements are largely absent from hydrothermal and low-temperature sedimentary uraninite (FRONDEL, 1958). Uranophane and kasolite of Abu Rusheid pegmatites are mainly originated from hydrothermal alterations of primary mineral (uraninite-High Th).

- 6 Abu Rusheid pegmatites are characterized by being of ZNF-type due to their marked enrichment in Zr, Nb, and F, with a typical geochemical signature: Zr, Nb >> Ta, LREE, Th, P, F.
- 7 The Abu Rusheid rare-metal pegmatites are actually considered a promising ore material for its rare-metal mineralizations that include mainly Nb, Ta, Y, U, Th, Sn, Zr, Hf, and REE (especially HREE).

Acknowledgements

The Field-Emission Scanning Electron Microscope analyses were carried out during the leave of the first author on a post doctoral fellowship in the Particle Engineering Research Center (PERC) University of Florida, USA. The electron microprobe analyses were carried out during the leave of the second author on a post doctoral fellowship in the University of New Brunswick (UNB), Canada. The authors sincerely thank Prof. Dr. Hassan El Shall, University of Florida, USA and Prof. Dr. David Lentz, University of New Brunswick (UNB), Canada for their assistance and providing SEM and EMPA analyses respectively.

References

- ABDALLA, H. M. & EL AFANDY, A. H. 2003: Contrasting mineralogical and geochemical characteristics of two A-type pegmatite fields, Eastern Desert, Egypt. *Egyptian Mineralogists*, 20: 287-328.
- ABDALLA, H. M. HELBA, H. A. & MOHAMED, F. H.

- 1998: Chemistry of columbite-tantalite minerals in rare metal granitoids, Eastern Desert, Egypt. *Mineralogical Magazine*, 626: 821-836.
- ABDALLA, H. M. HELBA, H. A. & MATSUEDA, H. 2009: Chemistry of zircon in rare metal granitoids and associated rocks, Eastern Desert, Egypt. *Resource Geology*, 591: 51-58.
- ABD EL-NABY, H. H. & FRISCH, W. 2006: Geochemical constraints from the Hafafit Metamorphic Complex (HMC): evidence of Neoproterozoic back-arc basin development in the central Eastern Desert of Egypt, *Journal of African Earth Sciences*, 45: 173-186.
- ABDEL MONEM, A. A. & HURLEY, P. M. 1979: U-Pb dating of zircons from psammitic gneisses, Wadi Abu Rusheid- Wadi Sikeit area, Egypt. *Inst. Appl. Geol., Jeddah*, 3: 165-170.
- ABDEL WAHED, A. A., ABD EL MOTTALIB, A. A. & SADEK, A. A. 2006: Mineralogical and radio-metrical characteristics of rare- metal pegmatite at southern Humr Waggat Pluton, Central Eastern Desert, Egypt, *Journal of Middle East Reserch Center. Ain Shams University, Cairo*, 19: 105-116.
- ABD EL WAHED, A. A., RASLAN, M. F. & EL HUSSEINY, M. O. 2005: Radioactive pegmatites of Um Lassifa granitic pluton, Central Eastern Desert, Egypt: Mineralogical investigation, The 9th International Mining, Petroleum and Metallurgical Engineering Conference, 12p.
- ABDEL WARITH, A., RASLAN, M. F. & ALI, M. A. 2007: Mineralogy and radioactivity of pegmatite bodies from the granitic pluton of Gabal Um Tager El-Tahtani area, Central Eastern Desert, Egypt The 10th International Mining, Petroleum, and Metallurgical Engineering Conference March 6-8 2007, Mining, Code No. M3, Faculty of Engineering - Cairo University.
- ALI, M. A., RASLAN, M. F. & EL-FEKY, M. G. 2005: Radioactivity and mineralogy of some pegmatite bodies from Gabal Al-Farayid granites, South Eastern Desert, Egypt. The 9th International Mining, Petroleum, and Metallurgical Engineering Conference February 21-24, 2005, Faculty of Engineering- Cairo University.
- ALI, M. A., LENTZ, D. R. & HALL, D. C. 2011: Mineralogy and Geochemistry of Nb-, Ta-, Sn-, U-, Th-, and Zr-Bearing Granitic Rocks from Abu Rusheid Shear Zones, South Eastern Desert, Egypt, *Chin.J.Geochem*, 30: 226-247, doi:10.1007/s11631-011-0505-7.
- AMMAR, F. A. 2001: Mineralogical and radiometric studies on the uraniferous pegmatites of Abu-Dob area. *Journal of Environmental Research*, 4: 52-84.
- ATTAWIYA, M. Y., ZALATA, A. A., IBRAHIM, M. E., MOSTAFA, M. E. & DAWOOD, N. A. 2000: Geology, geochemistry and mineralogy of uraniferous pegmatites at Gabal Abu Dob, central Eastern Desert, Egypt, - Fifth Arab conference on the peaceful uses of Atomic Energy, Beirut, 26-45.
- ATENCIO, D., ANDRADE, M. B., CHRISTY, A. G., GIÈRE, R. & KARTASHOV, P. 2010: The pyrochlore subgroup of minerals: Nomenclature, *The Canadian Mineralogist*, 48: 673-698, doi: 10.3749/canmin.48.3.673
- BEUS, A. A. 1982: Metallogeny of Precambrian rare-metal granitoids. *Brazilian Reviews of Geosciences*, 12: 410-413.
- CERNY, P. 1990: Distribution, affiliation and derivation of rare-element granite pegmatites in Canadian Shield. *Geologische Rundschau*, 79, 183-226.
- CERNY, P. & ERCIT, T. S. 1985: Some recent advances in the mineralogy and geochemistry of Nb and Ta in rare-element granitic pegmatites. *Bulletin de Mineralogie*, 108, 499-532.
- CERNY, P. & ERCIT, T. S. 1989: Mineralogy of niobium and tantalum: Crystal chemical relationships, paragenetic aspects, and their economic implications: In: MOLLER, P., CERNY, P. & SAUPE, F.(eds.): *Lanthanides, tantalum, and niobium*: Berlin, Germany, Springer- Verlag, 27-79.
- CORREIA NEVES, J. M., NUNES, J. E. & SAHAMA, T. G. 1974: High hafnium members of the zircon-hafnon series from the granite pegmatites of Zambezia, Mozambique. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 67: 73-80.
- DAWOOD, Y. H. 2010: Mineral chemistry and genesis of uranyl minerals associated with psammitic gneisses, Abu Rusheid area, South Eastern Desert of Egypt. *JKAU: Earth Sci.*, 21/1: 137-169, doi:10.4197/Ear.21-1.6
- EID, A. S. 1986: Mineralogy and geochemistry of some mineralized rocks in Wadi El-Gemal, Eastern Desert, Egypt, Ph.D. Thesis, Ain Shams Univ. 165 p.
- EL GEMMIZI, M. A. 1984: On the occurrence and genesis of mud zircon in the radioactive psammitic gneiss f Wadi Nugrus, Eastern Desert, Egypt. *J. Univ. Kuwait. Sci.*, 11: 285-294.
- EL-RAMLY, M. F., GREILING, R., KRONER, A. & RASHWAN, A. A. 1984: On the tectonic evolution of the Wadi Hafafit area and environs, Eastern Desert of Egypt. *Fac. Earth. Sci., King Abdulaziz Univ., Jeddah*, 6: 113-126.
- EL-RAMLY, M. F., GREILING, R., RASHWAN, A. A. & RASMY, A. H. 1993: Explanatory note to accompany the geological and structural maps of Wadi Hafafit area, Eastern Desert of Egypt, Geological Survey of Egypt, 68.
- ERCIT, T. S. 1994: The geochemistry and crystal chemistry of columbite group granitic pegmatites, southwest Grenville Province, Canadian Shield. *Canadian Mineralogist*, 32: 421-438.
- ERCIT, T. S. 2005: Identification and alteration trends of granitic-pegmatite-hosted (Y, REE, U, Th)-(Nb, Ta, Ti) oxide minerals: a statistical approach. *Can. Mineral.*, 43/ 4: 1291-1303.
- ERCIT, T. S., WISE, M. A. & CERNY, P. 1995: Compositional and structural systematics of the columbite group. *American Mineralogist*, 80: 613-619.
- ERVANNE, H. 2004: Uranium oxidation states in allanite, fergusonite and monazite of pegmatites from Finland. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte*, 7: 289-301.

- EWING, R. C. 1975: The crystal chemistry of complex niobium and tantalum oxides. IV. The metamict state: discussion. *Am. Mineral.*, 60: 728-730.
- FLEISCHER, M. & MANDARINO, J. A. 1995: Glossary of mineral Species. *The Mineralogical Record*, Tucson Arizona: 280 p.
- FÖRSTER, H. J. 1999: The chemical composition of uraninite in variscan granites of the Erzgebirge, Germany. *Mineralogical Magazine*, 63: 239-252.
- FRONDEL, C. 1958: Systematic mineralogy of uranium and thorium. *Geol. Surv. Am.*, 1064: 400 p.
- FRONDEL, J. W. & CUTTITO, A. 1955: Glossary of uranium and thorium-bearing minerals. *Geol. Surv. Am.*, 5: 1009 p.
- HASSAN, M. A. 1964: Geology and petrographical studies of the radioactive minerals and rocks in Wadi Sikait- Wadi El Gemal area. Eastern Desert, U. A. R. M. Sc. Thesis, Cairo Univ., 165 p.
- HASSAN, M. A. 1973: Geology and geochemistry of radioactive columbite-bearing psammitic gneiss of Wadi Abu Rusheid. South Eastern Desert, Egypt. *Annal Geological Survey, Egypt*, 3: 207 p.
- HARRAZ, H. Z. & EL-SHARKAWY, M. F. 2001: Origin of tourmaline in the metamorphosed Sikait pelitic belt, south Eastern Desert, Egypt, *Journal of African Earth Sciences*: 33/2: 391-416.
- HANSON, S. L., SIMONS, W. B., FALSTER, A. U., FOORD, E. E. & LICHTER, F. E. 1999: Proposed nomenclature for samarskite-group minerals: new data on ishikawaite and calcosamarskite". *Mineralogical Magazine*, 63: 27-63.
- HILMY, M. E., EL-BAYOUMI, R. M. & EID, A. S. 1990: Geology, geochemistry and mineralization of the psammitic gneiss of the Wadi Abu Rusheid, Eastern Desert, Egypt. *J. Afr. Earth Sci.*, 11: 197-205.
- HOGGARTH, D. D. 1977: Classification and nomenclature of the pyrochlore group. *Am. Mineral.*, 63: 403-410.
- IBRAHIM, M. E. 1999: Occurrence of U and REE-bearing samarskite in the Abu Dob pegmatites, Central Eastern Desert, Egypt., *Proceeding of Egyptian Academic Science*, 49: 77-89.
- IBRAHIM, M. E., SHALABY, M. H. & AMMAR, S. E. 1996: Preliminary studies on some uranium and thorium bearing pegmatites at G. Abu Dob, Central Eastern Desert, *Proceeding of Egyptian Academic Science*, 47: 173-188.
- IBRAHIM, M. E., ASSAF, S. H. & SALEH, G. M. 2000: Geochemical Alteration and Spectrometric Analyses in Abu Rusheid Altered Uraniferous Gneissose Granites, south Eastern Desert, Egypt, *Chem. Erde.*, 60: 173-188.
- IBRAHIM, I., SALEH, G. M., AMER, T., MAHMOUD, F., ABU EL HASSAN, A., ALI, M. A., AZAB, M. S., RASHED, M., KHALEAL, F. & MAHMOUD, M. 2004: Uranium and associated rare metals potentialities of Abu Rusheid brecciated shear zone II, South Eastern Desert, Egypt". *Nuclear Materials Authority, Cairo, Int. Rep.*: 182 p.
- IBRAHIM, I., SALEH, G. M., HASSAN, M. A., EL-TOKHI, M. M. & RASHED, M. A. 2007a: Geochemistry of lamprophyres-bearing uranium mineralization, Abu Rusheid area, South Eastern Desert, Egypt. *The 10th Int. Min. Petr. & Metal. Eng. Conf. Mining*, 41-55.
- IBRAHIM, I., SALEH, G. M. & RASHED, M. A. 2007b: Base metal mineralization in lamprophyre dyke at Abu Rusheid area, South Eastern Desert, Egypt. *The 10th Int. Min. Petrol. & Metal. Eng. Conf. Mining*, 31-40.
- KEMPE, U., GRUNER, T., RENNO, A. D. & WOLF, D. 1997: Hf-rich zircons in rare-metal bearing granites: Magmatic or metasomatism, *Mineral Deposits, Proceedings of the fourth Biennial SGA Meeting Turku/Finland/11-13 August*, Balkema, Rotterdam, 643-646.
- KIMURA, K. 1922: Ishikawaite: A new mineral from Ishikawa, Iwaki: *Journal of the Geological Society of Tokyo*, 29: 316-320.
- KNORRING, O. V. & HORNUNG, G. 1961: Hafnian zircons. *Nature*, 190: 1098-1099.
- LUMPKIN, G. R. & EWING, R. C. 1995: Geochemical alteration of pyrochlore group minerals: Pyrochlore subgroup. *Am. Mineral.*, 80: 732-743.
- LUMPKIN, G. R. & MARIANO, A. N. 1996: Natural occurrence and stability of pyrochlore in carbonatites, related hydrothermal systems, and weathering environments. *Materials Research Society Symposium Proceedings*, 412: 831-838.
- NICKEL, E. H. & MANDARINO, J. A. 1987: Procedures involving the IMA Commission on New Minerals and Mineral names, and guidelines on mineral nomenclature. *Canadian Mineralogist*, 25: 353-377.
- OMAR, S. A. 1995: Geology and geochemical features of the radioactive occurrences of Um-Anab granitic masses, Eastern Desert, Egypt, M.Sc. Thesis, Cairo University, 195 p.
- OSMOND, J. K., DABOUS, A. A. & DAWOOD, Y. H. 1999: U series age and origin of two secondary uranium deposits, central Eastern Desert, Egypt, *Economic Geology*, 94: 273-280.
- POITRASSON, F., PAQUETTE, J. L., MONTEL, J. M., PIN, C. & DUTHOU, J. L. 1998: Importance of late-magmatic and hydrothermal fluids on the Sm-Nd isotope mineral systematics of hyper-solvus granites. *Chem. Geol.*, 146: 187-203.
- RASLAN, M. F. 1996: Mineralogical and beneficiation studies for some radioactive granites along Wadi Balih, North Eastern Desert, Egypt (MSc Thesis). Faculty of Science, Cairo University, Cairo, Egypt
- RASLAN, M. F. 2004: On the distinction between uranophane and beta-uranophane from some uranium-bearing granitoids in the Eastern Desert of Egypt. In *Seventh International Conference on the Geology of the Arab World*; Feb 2004, Cairo University, 45-52.
- RASLAN, M. F. 2005: Mineralogy and physical upgrading of Abu Rusheid radioactive gneiss, South Eastern Desert, Egypt. *The 9th International Mining, Petroleum, and Metallurgical Engineering Conference February*, Faculty of Engineering-Cairo University, Min.27.

- RASLAN, M. F. 2008: Occurrence of Ishikawaite (Uranium-Rich Samarskite) in the Mineralized Abu Rushied Gneiss, Southeastern Desert of Egypt. *International Geology Review Journal*, 50 12: 1132-1140.
- RASLAN, M. F. 2009a: Occurrence of Uraniferous Iron Grains at Gabal Gattar, El Missikat and El Erediya Granites in Eastern Desert of Egypt. *Resource Geology*, 59 1: 99-105, doi:10.1111/j.1751-3928.2008.00082.x
- RASLAN, M. F. 2009b: Mineralogical and Mineralogical characteristics of samarskite-Y, columbite and zircon from stream sediments of the Ras Baroud area, Central Eastern Desert, Egypt. *The Scientific Papers of the institute of Mining of The Wroclaw University of Technology, Wroclaw, Poland, No.126, Mining and Geology, XII: 179-195*, doi:10.2465/jmps.090201.
- RASLAN, M. F., EL-SHALL, H. E., OMAR, S. A. & DAHER, A. M. 2010a: "Mineralogy of polymetallic mineralized pegmatite of Ras Baroud granite, Central Eastern Desert, Egypt". *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, 105: 123-134.
- RASLAN, M. F., ALI, M. A. & EL FEKY, M. G. 2010b: Mineralogy and radioactivity of pegmatites from South Wadi Khuda area, Eastern Desert, Egypt. *Chinese J. of Geochemistry*, 29: 343-354, doi:10.1007/s11631-010-0466-2.
- SABET, T.H. & TSOGOEV, V.B. 1973: Problems of geological and economic evaluation of tantalum deposits in apogranites during stages of prospection and exploration. *Annals of the Geological Survey of Egypt*, 3: 87-107.
- SALEH, G. M. 1997: The potentiality of uranium occurrences in Wadi- Nugrus area, South Eastern Desert, Ph.D. unpublished Thesis, Faculty of Science Mansoura University: 171 p.
- SAYYAH, T. A., ASSAF, H. S., ABDEL KADER, Z. M., MAHDY, M. A. & OMAR, S. A. 1993: New Nb-Ta occurrence in Gebel Ras Baroud, Central Eastern Desert, *Egyptian Mineralogist*, 5: 41-55.
- STOHL, F. V. 1974: The crystal Chemistry of the Uranyl Silicate Minerals. Ph.D. Thesis, The Pennsylvania State University, University Park.
- STOHL, F. V. & SMITH, D. K. 1974: The crystal chemistry of the uranyl silicate minerals. (abstr.) *American Crystallographic Association Meeting, Program and Abstracts*, 2: 271.
- STOHL, F. V. & SMITH, D. K. 1981: The crystal chemistry of the uranyl silicate minerals. Department of Geosciences, the Pennsylvania State University, University Park. Pennsylvania.
- TISCHENDORF, G. 1977: Geochemical and petrographic characteristics of silicic magmatic rocks associated with rare-element mineralization. In: STEMPROK, M., BURNOL, L. & TISCHENDORF, G., (eds.): *Metallization associated with acid magmatism: Prague, Czech. Geol. Surv.*, 41-98.
- WARNER, J. K. & EWING, E. R. 1993: Crystal chemistry of samarskite. *Am. Mineral*, 78: 419-424.
- WEDEPOHL, K.H. 1978: *Handbook of geochemistry*. Springer Verlag, Berlin: 478 p.
- WILLIAM, S. B., HANSON, S. L. & FALSTER, A. U. 2006: Samarskite-Yb: a new species of the samarskite group from the Little Patsy pegmatites, Jefferson County, Colorado. *Canadian Mineralogist*, 44/5: 1119-1125.
- WILLIAMS, F. A., MEEHAN, J. A., PAULO, K. L., JOHN, T. U. & RUSHTON, H. G. 1956: Economic geology of the decomposed columbite-bearing granite, Jos Plateau, Nigeria. *Economic Geology*, 51: 303-32.

Ilirskobistriški fosilni plaz – mesto na plazu

The Ilirska Bistrica fossil landslide – The town on the landslide

Ladislav PLACER & Petra JAMŠEK

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul.14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-mail: ladislav.placer@geo-zs.si; petra.jamsek@geo-zs.si

Prejeto / Received 14. 11. 2011; Sprejeto / Accepted 7. 12. 2011

Ključne besede: fosilni plaz, geomorfologija, tektonika
Key words: fossil landslide, geomorphology, tectonics

Izvleček

Na območju Ilirske Bistrice se je verjetno konec pliocena ali v začetku kvartarja sprožil doslej največji znani plaz v Sloveniji, širok 5 km in dolg 5,5 do 6 km. Njegov nastanek je bil posledica tektonske zgradbe in dinamike premikov na tem območju. Plaz je zdrsel z morfološko dvignjenega narivnega čela Zunanjedinarskega narivnega pasu v hitro ugrezajoči Ilirskobistriški bazen, ki ima značilnosti pull apart-a ob Raškem prelomu. Zaradi tega se je spodmaknila opora pobočja. Povod za sprožitev plazu bi lahko bil močan potres v ilirskobistriški potresni coni, ki je hipotetično vezana na Raški prelom. Mesto Ilirska Bistrica leži v celoti na peti fosilnega plazu.

Abstract

In the Ilirska Bistrica area the largest hitherto known landslide in Slovenia, 5 km wide and 5.5 to 6 km long, was initiated at the end of Pliocene or in the lower Quaternary. Its formation was a consequence of tectonic structure and dynamics of the movements in that area. The landslide slumped from the morphologically uplifted front of the External Dinaridic Thrust Belt into the rapidly subsiding Ilirska Bistrica basin that has pull apart characteristics along the Raša fault. This structure and dynamics resulted into a failure of the supporting slope. Additional reason for triggering the slide could have been a strong earthquake in the Ilirska Bistrica seismic zone which is hypothetically connected to the Raša fault. The entire town area of Ilirska Bistrica is situated on the toe of the fossil landslide.

Uvod

Ilirska Bistrica (sl. 1) stoji na fosilnem plazu velikih dimenzij, ki ga povezujemo s tektonsko zgradbo tega ozemlja in pliocensko do kvartar-

no tektoniko. Mesto se nahaja na zunanjem robu vplivnega območja trdnega jedra Jadranske mikroplošče, ki je v Sloveniji identično s Čelno cono Zunanjedinarskega narivnega pasu. Cona je segmentirana in nad Ilirsko Bistrico jo predstavlja



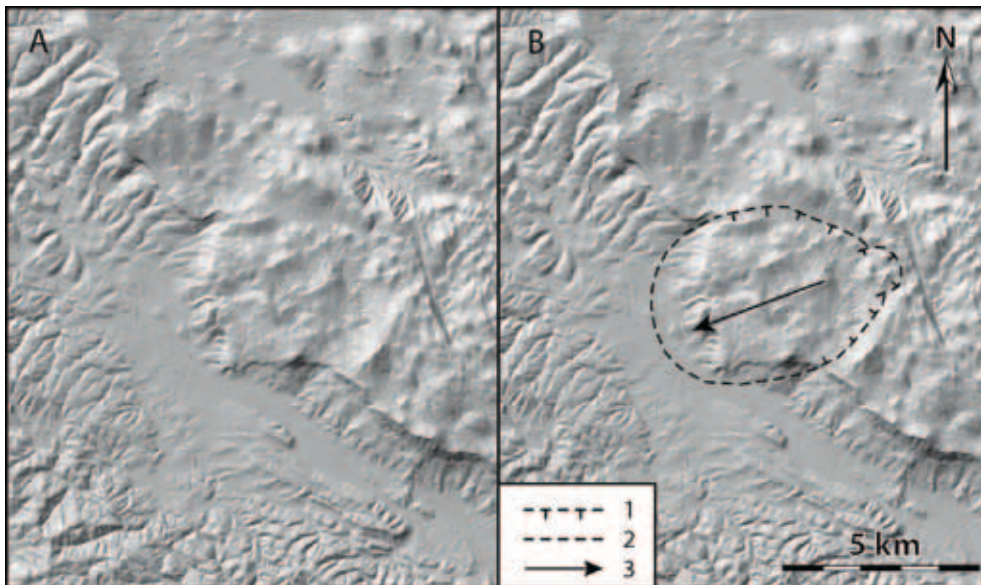
Sl. 1.
Orientacijska skica
A. Lega obravnavanega območja;
B. Območje Ilirske Bistrice
Fig. 1.
Orientation sketch
A. Position of Ilirska Bistrica area;
B. The Ilirska Bistrica area

Snežniški nariv, ki ga sledimo iznad Reke proti Ilirski Bistrici in naprej proti Nanosu. Mimo Ilirske Bistrice poteka tudi dinarsko usmerjeni Raški prelom. Nastanek ilirskobistriškega fosilnega plazju je povezan s Snežniškim narivom in Raškim prelomom.

Opis plazju

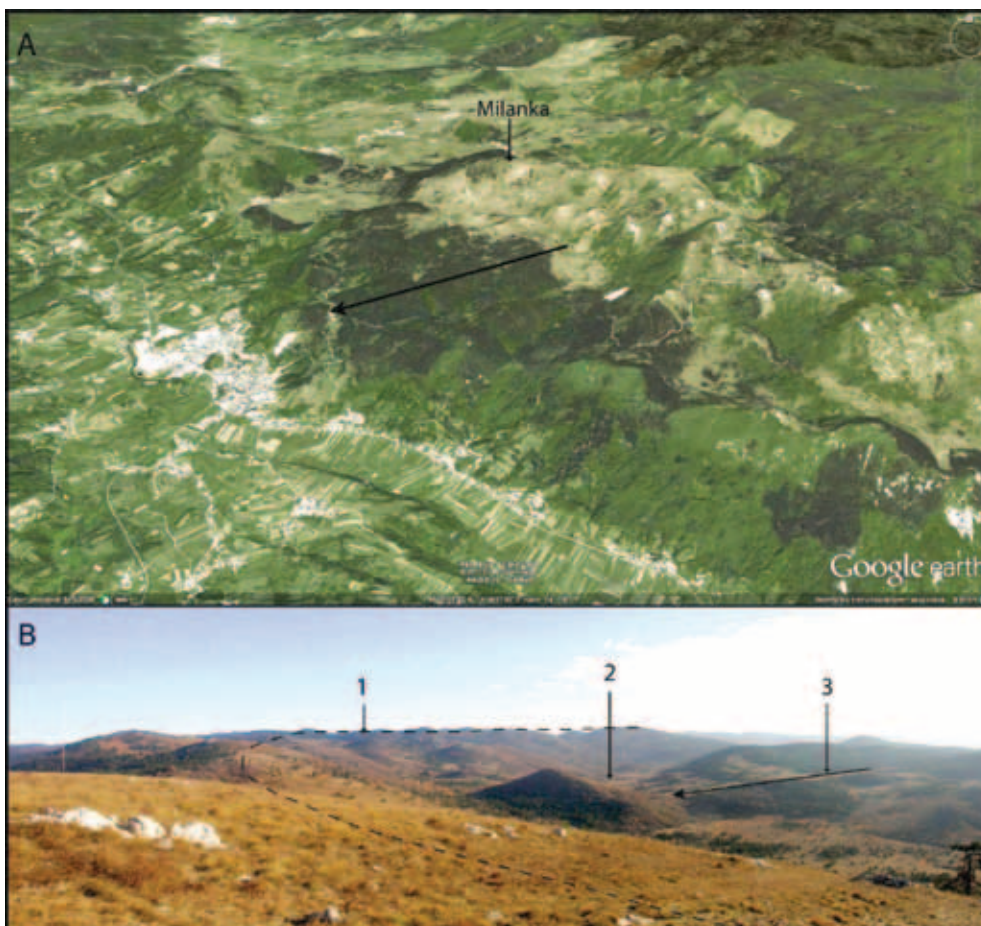
Na ožjem območju Ilirske Bistrice in nad mestom je na digitalnem modelu reliefa mogoče opaziti star fosilni plaz, ki se kljub starosti ja-

sno odraža v reliefu (sl. 2). Lepo je viden na perspektivnih posnetkih iz zraka po Google Earth-u (sl. 3A) in iz Milanke na Volovji rebri, ki je del odlomnega roba plazju (sl. 3B). Odlomna brežina plazju tvori veličastni amfiteater s premerom 5 km, ki v prečni smeri sega od grape potoka Trnovščka (sl. 4) do severovzhodnega pobočja Gabrovca (kota 993), v vzdolžni smeri pa od skrajnega odseka odlomnega roba, ki poteka po jugozahodnih pobočjih Volovje rebri, Lunjevce (kota 1018) in Devina (kota 1088) do pete plazju na kateri stoji Ilirska Bistrica v celoti. V tej smeri je danes vidni



Sl. 2.
Ilirskobistriški fosilni plaz
A. Digitalni model reliefa širšega območja plazju;
B. Digitalni model reliefa z označenim primarnim in sekundarnim plazjom.
1. Odlomni rob plazju;
2. Meja pete plazju;
3. Smer zdrsa

Fig. 2.
The Ilirska Bistrica fossil landslide
A. Digital terrain model of the wider landslide area;
B. Digital terrain model with the primary and secondary landslide denoted.
1. The main scarp of the landslide;
2. The boundary of the landslide toe;
3. Slide direction



Sl. 3.
Perspektivni pogled na fosilni plaz
A. Pogled z juga, dolžina proti višini 1 : 2;
B. Pogled z Milanke na odlomni rob (1), robno kadunjo (2) in reverzno pobočje z označeno smerjo nagiba (3)

Fig. 3.
Perspective view of the fossil landslide
A. View from the south, length/altitude 1 : 2;
B. View from Mt. Milanka on the main scarp (1), scarp depression (2) and reversed slope with the dip direction indicated (3)



Sl. 4.
Topografska karta
1. Meja plazu
Fig. 4.
Topographic map.
1. Boundary of the landslide

del plazu dolg okoli 5,5 do 6 km. V dnu odlomne brežine je manjši drugotni plaz, ki je nastal po velikem plazu. Pri današnjem stanju reliefa znaša spust ob odlomni brežini od 200 do 250 m. Glede na enako kamninsko sestavo sklepamo na enako stopnjo korozije, kar pomeni, da je današnji spust približno enak prvotnemu. Horizontalni premik pete plazu je danes nemogoče natančneje določiti, lahko le ugotovimo, da je čelo Snežniškega nariva premaknjeno proti jugozahodu (sl. 5). Ta ugotovitev zadostuje za dokazovanje plazu, ne pa za rekonstrukcijo horizontalnega premika.

Zaradi izjemne velikosti je ilirskobistriški fosilni plaz na Tektonski karti SFRJ v merilu 1 : 500.000 (Koščec, 1986) zabeležen kot obročasta struktura.

Premik zaradi plazu je lepo viden na geološki karti (sl. 5). Meja Snežniške narivne grude, ki poteka jugovzhodno od Ilirske Bistrice sorazmerno v ravni črti, je na območju Il. Bistrice med Ahacem (kota 799) in Stražico (kota 712) potisnjena proti zahodu-jugozahodu v smeri gravitacijskega zdrsa in ugreznjena. Premik čela znaša okoli 1000 m, česar pa ne moremo smatrati za dolžino horizontalnega premika. Ta je nekoliko večja.

Plaz nakazuje tudi značilna geomorfološka posebnost pobočja nad Ilirsko Bistrico. Tu ni strme neporušene stene kot jugozahodno od Ahaca in severozahodno od Stražice, temveč je pobočje zložno. Ni tudi pobočnega grušča, ki je značilni spremljevalec strmih pobočij.

Plaz najverjetneje ni bil katastrofičen pojav. To sklepamo po morfologiji, po kratki poti transporta glede na velikost plazu in po nespremenjeni notranji zgradbi plazu nasproti zgradbi

okolice. Drsel je počasi in daljši čas. Možno pa je, da je bil sprožen ob katastrofičnem dogodku, npr. močnem potresu v ilirskobistriški potresni coni in hkratnem premiku ob Raškem prelomu. Površina splazele mase znaša okoli 20 km², prostornina pa okoli 5 km³.

Pogoji nastanka plazu

Ilirskobistriški fosilni plaz zasluži posebno pozornost zaradi svoje obsežnosti in zaradi povezanosti njegovega nastanka s tektonsko zgradbo in dinamiko na tem delu Zunanjih Dinaridov.

Narivna tektonika

Ilirskobistriški plaz zajema del morfološko dvignjenega čela Snežniške narivne grude, ki je zgrajena iz kamnin Jadransko-Dinarske karbonatne platforme. Te so narinjene na eocenske flišne sedimente, ki platformo prekrivajo (sl. 5). Narivanje se je dogajalo na meji med eocenom in oligocenom. Fazi narivanja je sledila od srede miocena naprej faza podiranja trdnega jedra Jadranske mikroplošče pod Dinaride, kar je še povečalo morfološko izpostavljenost čela Snežniške narivne grude (PLACER et al., 2010).

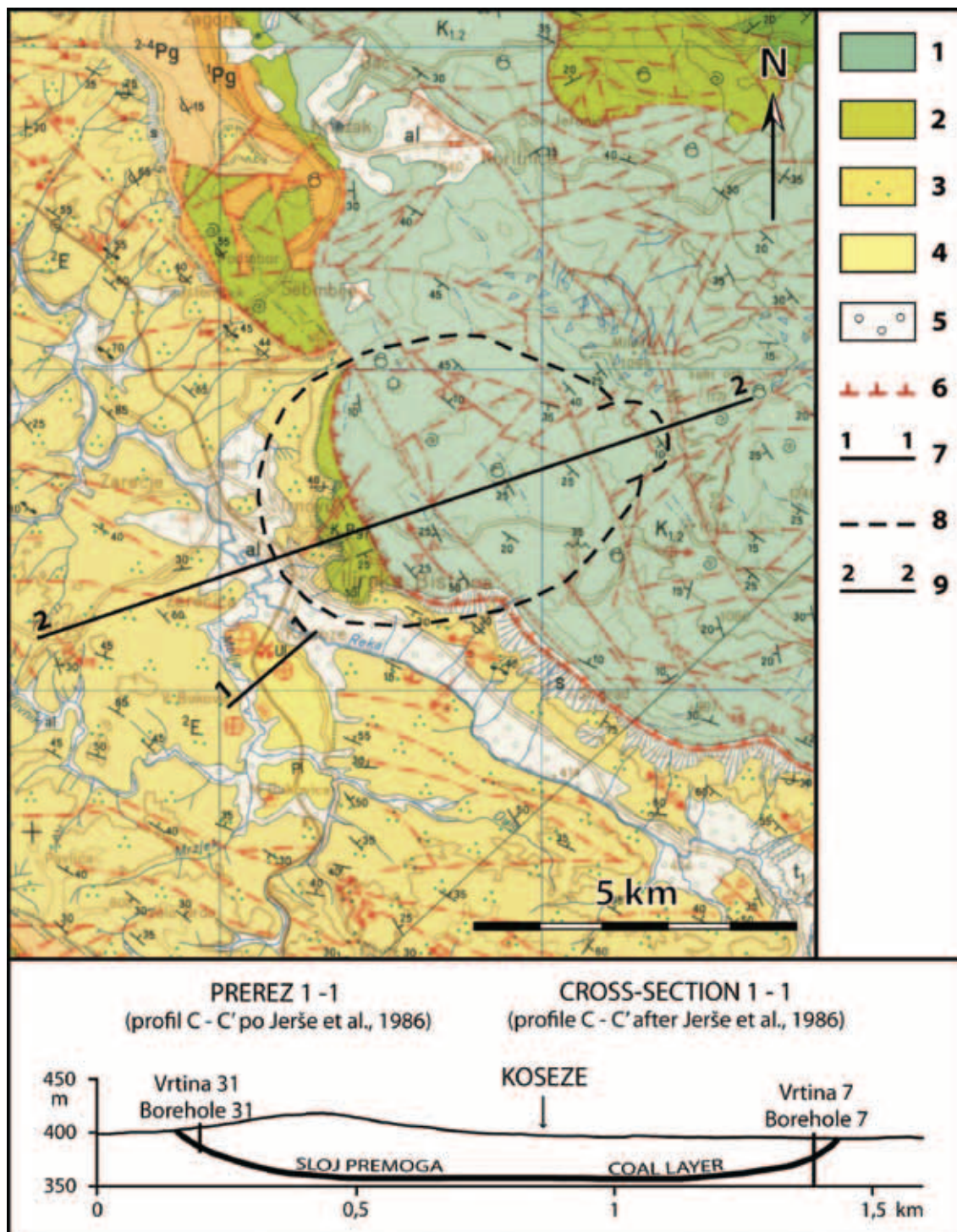
Ilirskobistriški bazen

Skrajšan pregled dosedanjih ugotovitev je povzet po internem poročilu iz arhiva Geološkega zavoda Slovenije, katerega avtorji so JERŠE, Z.,

GRAD, K., ŠTERN, J. & MIŠIČ, M. 1986: Raziskave glin na območju Ilirske Bistrice (Exploration of clays in the area of Ilirska Bistrica). – 21 p., 9 text encl., 5 graph. encl. (Elaboration; Archive of the Geol. S. Slovenia; D-II-30d/h-2/80-a).

V dolini Notranjske Reke se na območju Ilirske Bistrice nahaja s sedimenti izpolnjena kotlina, imenovana Ilirskobistriški bazen, v katerega

podlagi so eocenske flišne plasti (sl. 5). Zapolnjen je z okoli 70 m gline pliocenske starosti pod katero se nahaja organska glina in povprečno okoli 2,3 m debela plast lignita slabše kvalitete. Debelina sloja doseže največ 5 m. Oba litološka člena tvorita Ilirskobistriško formacijo. Ob Notranjski Reki prekrivajo glino kvartarne naplavine. Geološka zgradba bazena je bila pregledno ob-



Sl. 5. Geološka karta (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1972). 1. Mezozojski karbonati; 2. Paleocenski apnenec; 3. Eocenski fliš; 4. Pliocenska glina s premogom; 5. Kvartar; 6. Meja Snežniške narivne grude; 7. Črta prečnega prereza Ilirskobistriškega bazena 1 – 1 (po internem poročilu GeoZS: JERŠE et al. 1986, Profil C – C’); 8. Meja plazuz; 9. Črta vzdolžnega prereza plazuz 2 – 2

Fig. 5. Geological map (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1972). 1. Mesozoic carbonates; 2. Palaeocene limestone; 3. Eocene flysch; 4. Pliocene clays with coal; 5. Quaternary; 6. Boundary of Snežnik thrust sheet; 7. Cross-section of the Ilirska Bistrica basin 1 – 1 (after internal report of Geological Survey of Slovenia: JERŠE et al. 1986, Cross-section C – C’); 8. Boundary of the landslide; 9. Longitudinal section along the landslide 2 – 2

delana pri kartiranju za Osnovno geološko karto (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1972, 1975) in natančneje pri raziskavi glin na območju Ilirske Bistrice, kot izhaja iz poročila Geološkega zavoda. Premog so odkopavali med letoma 1938 in 1950.

Pliocenske plasti v Ilirski Bistrici ležijo na eocenskem flišu diskordantno (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1972, 1975). Po Jeršetu in ostalih so plasti v srednjem delu bazena vodoravne, na zahodnem in vzhodnem obrobju pa vpadajo 16° do 18° proti sredini. Vpad plasti na severnem in južnem delu bazena ni bil določen. Prečni profil Ilirskobistriškega bazena je shematsko prikazan na geološkem profilu na sl. 5.

Raški prelom

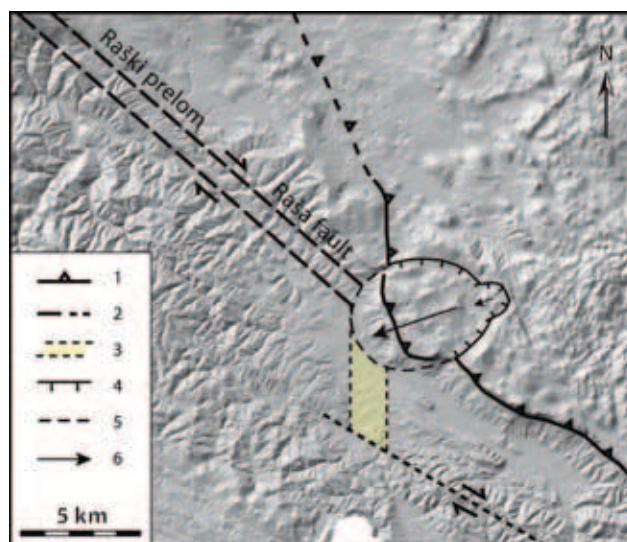
Mimo Ilirske Bistrice poteka Raški prelom, ki je eden pomembnejših dinarsko usmerjenih prelomov tega dela Zunanjih Dinaridov, ki pa je skozi geološka obdobja doživel več različnih kinematskih faz. Njegova trasa je bila določena pri kartiranju za Osnovno geološko karto (v nadaljevanju OGK) od Dornberka v Vipavski dolini, po dolini Branice in reke Raše do Vremščice, kjer se razcepi na dva kraka. Oba je mogoče slediti naprej po metodah daljinske detekcije do Ilirske Bistrice (sl. 6). Severni krak gre mimo Košane proti Kilovčam, Merečam in Podstenju, južni proti Ribnici in Bitnjam ter severno od Topolca. Oba kraka je mogoče spremljati do potoka Trnovška oziroma do roba ilirskobistriškega fosilnega plazuh.

Kje poteka Raški prelom proti jugovzhodu ni jasno, na OGK o tem ni podatkov, nejasni so tudi podatki daljinskih posnetkov. Obstojata več možnosti: 1. oba kraka sta prekrita s plazom in se nadaljujeta na drugi strani, vendar za to nimamo dokazov, 2. kraka se izklinjata pod plazom in 3. Ilirskobistriški bazen ima značilnosti pull apart-a. Izmed treh možnosti ima zadnja največ posrednih oprijemljivih točk, zato je razložena obširneje.

Ilirskobistriški bazen poteka v smeri sever-jug, izpolnjuje ga okoli 70 m pliocenske gline. Premogov sloj v spodnjem delu bazena je na robovih usločen, kar kaže na ugrezek ob prelomih (sl. 5, prerez 1 – 1). Smer in obseg usedanja

pliocenskih plasti kažeta na značilnosti bazena pull apart-skega tipa v coni Raškega preloma. Severno mejo bazena bi v tem primeru tvoril južni krak Raškega preloma, ki poteka od Vremščice proti Ribnici in Bitnjam, južno mejo pa prelom, ki ga na digitalnem modelu reliefa in obstoječi OGK ni mogoče izločiti, ker poteka po močno komprimiranih in nagubanih flišnih plasteh apikalnega dela Južnoistrskega strukturnega klina (PLACER et al., 2010). Tu bi bilo potrebno izvesti detajlno geološko kartiranje. Potek tega kraka Raškega preloma je zato hipotetičen. Vzhodna in zahodna meja pull apart-skega bazena sta konstruirani po obsegu bazena na geološki karti na sl. 5.

Tektonski in geomorfološki problem predstavlja tudi dolina Reke med Ilirsko Bistrico in Zabičami. Domnevamo, da tudi ta leži znotraj prelomnih struktur Raškega preloma, vendar bi zadovoljiv odgovor o tem vprašanju dalo le detajlno strukturno kartiranje.

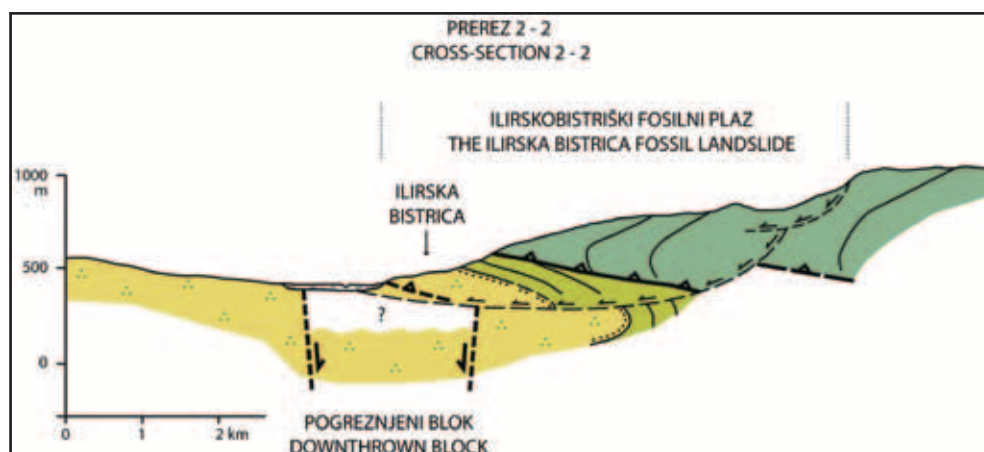


Sl. 6. Tektonska skica

1. Meja Snežniške narivne grude
2. Raški prelom
3. Bazen pull apart
4. Odlomni rob plazuh
5. Meja pete plazuh
6. Smer zdrsa

Fig. 6. Tectonic sketch

1. Boundary of the Snežnik thrust sheet
2. The Raška fault
3. Pull apart basin
4. The main scarp of the landslide
5. The boundary of the landslide toe
6. Slide direction



Sl. 7.
Prerez plazuh 2 – 2.
Lega in legenda na sl. 5

Fig. 7.
Landslide cross-section 2 – 2.
The position and legend on Fig. 5

Vzrok nastanka plazu

Glede na geološko zgradbo je ilirskobistriški plaz verjetno nastal zaradi dinamike desnozmičnega premikanja blokov ob Raškem prelomu in zaradi zgradbe čela Snežniškega nariva. Zato si oglejmo vzdolžni prerez plazu (sl. 7). Prerez je izdelan po podatkih OGK (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1972). Splazela masa je iz kamnin s čela Snežniškega nariva in sicer iz kredno-paleogenskih plasti talninskega krila in spodnjekrednih plasti krovninskega krila. Vmes je narivna ploskev. Plasti talninskega krila so nagubane v prevrnjeno sinklinalo, ki vergira v smeri narivanja, v jedru katere domnevamo narivno ploskev vzporedno glavni narivni ploskvi. Na to sklepamo po analogiji iz profila Prem – Knežak (PLENIČAR, 1959). Drсна ploskev plazu je v zgornjem delu določena z robno kadunjo, v spodnjem delu pa domnevamo, da poteka po vzporedni narivni ploskvi v jedru polegla sinklinale ali po sorodni ploskvi pod njo.

Po tektonski skici na sl. 6 je severni del pull apart-skega bazena prekrit s peto plazu. Zato je upravičena domneva o povezavi med ugrezanjem bazena in gravitacijskim zdrsom. Bazen ni povsod izpolnjen s pliocenskimi usedlinami, temveč le njegov južni del, severni del je prekrit s splazelim flišem, ki prekriva ali kvartarne ali pliocenske sedimente, morda celo flišne plasti podlage. Povsem naravno je, da je bila peta plazu iz flišnih kamnin ob nastanku plazu večja. Te je erozija Reke sproti in pozneje odnašala. Razmere ob nastanku plazu in njegovo starost bi bilo mogoče določiti z globinskim vrtnjem, ko bi ugotavljali razmerje med splazelo maso ter pliocenskimi in kvartarnimi usedlinami.

Pomen

Ilirskobistriški fosilni plaz je odraz tektonskih premikov v ilirskobistriški potresni coni in zgradbe tega območja. V celoti predstavlja naravni fenomen; njegov odlomni rob (Volovja reber, Lunjevica, Devin, Gabrovec), odlomna brežina, robna kadunja (dolina pod odlomnim robom) in reverzno pobočje (pobočje, ki vpada proti robni kadunji) so po izjemni velikosti in pričevalni moči enkratna geološka in geomorfološka naravna dediščina, ki jo je potrebno ohraniti v naravnem stanju. Sedanja izraba v pašne namene je zelo primerna. Kamnolom pod Gabrovcem bi bilo primerno počasi opustiti. Strokovnim službam s področja ohranjanja narave bomo predložili zgornji del plazu v oceno ali ustreza kriterijem naravne vrednote.

Reference

- KOŠČEC, B. 1986: Tektonska karta SFR Jugoslavije 1 : 500.000 na podlagi posnetkov lindsat. Mednar. proj. geol. korelacije št 143, Daljinska istraživanja i mineralne surovine. Koordinator B. Koščec, avtorja za Slovenijo U. Premru & M. Poljak. Izdal Jugoslovanski komite za MPGK.
- PLACER, L., VRABEC, M. & CELARC, B. 2010: The bases for understanding of the NW Dinarides and Istria Peninsula tectonics. *Geologija*, 53/1: 55-86, doi:10.5474/geologija.2010.005.
- PLENIČAR, M. 1959: Tektonski okni pri Knežaku. *Geologija*, 5: 5-10.
- ŠIKIĆ, D., PLENIČAR, M. & ŠPARICA, M. 1972: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, list Ilirska Bistrica. Zvezni geološki zavod Beograd.
- ŠIKIĆ, D. & PLENIČAR, M. 1975: Tumač za list Ilirska Bistrica. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd: 51 p.

Nove knjige

Ivan MLAKAR in Jože ČAR, 2009: **Geološka karta idrijsko-cerkljanskega hribovja med Stopnikom in Rovtami 1 : 25.000**

(Geological map of the Idrija - Cerkljansko hills between Stopnik and Rovte 1 : 25.000)
in

Jože ČAR, 2010: **Geološka zgradba idrijsko-cerkljanskega hribovja. Tolmač h Geološki karti idrijsko-cerkljanskega hribovja med Stopnikom in Rovtami v merilu 1 : 25.000.**

Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 127 str.

(Geological Structure of the Idrija - Cerkljansko hills. Explanatory book to the Geological map of the Idrija - Cerkljansko hills between Stopnik and Rovte 1 : 25.000.

Geological Survey of Slovenia, Ljubljana: 127 p.)

Pri Geološkem zavodu Slovenije sta izšla Geološka karta idrijsko-cerkljanskega hribovja 1 : 25.000, avtorjev J. Čarja in I. Mlakarja ter Tolmač k tej karti, avtorja J. Čarja. Novo temeljno delo v slovenski geologiji sta finančno in organizacijsko podprla Geološki zavod Slovenije in Urad za Seizmologijo Agencije RS za okolje.

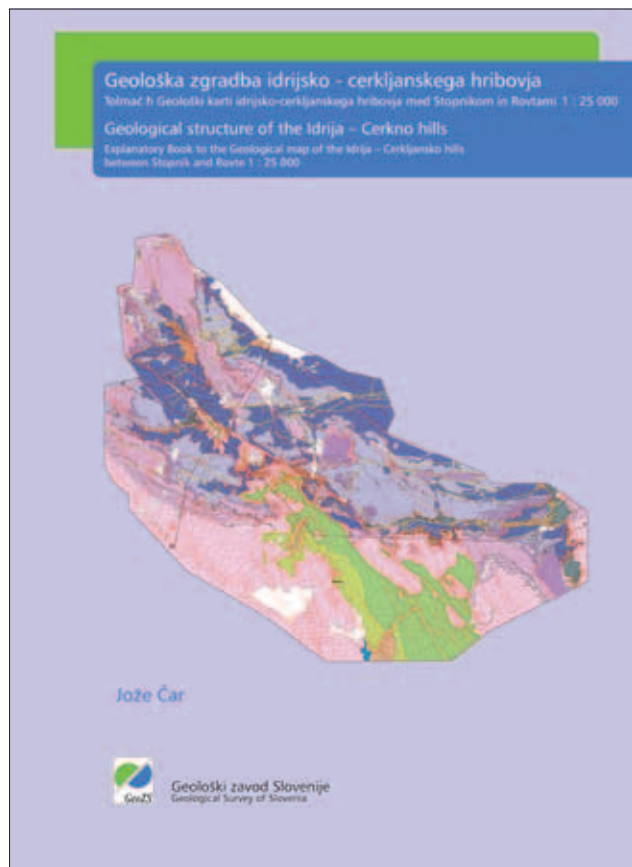
Idrijsko-cerkljansko ozemlje je zagotovo eno od geološko najbolj kompleksnih po drugi strani pa na srečo tudi bolj raziskanih delov Slovenije. Dobra raziskanost je brez dvoma povezana predvsem z delovanjem idrijskega rudnika živega srebra, ki je bil v svoji petstoletni zgodovini učilnica več generacijam naravoslovcev in inženirjev. Po-

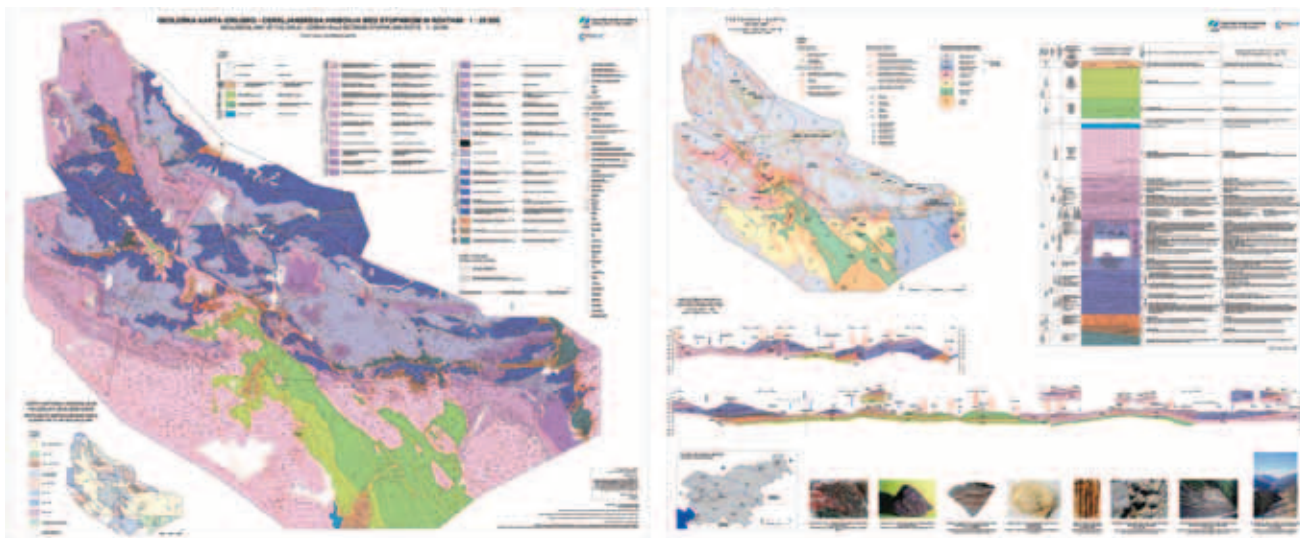
leg starejše zgodovine raziskav, ki sega vse do najzgodnejših časov geološke kartografije v osemnajstem stoletju, je bilo za nastanek pričujočega dela najpomembnejše delo Ivana Mlakarja, utemeljitelja t.i. »idrijske geološke šole« (od 1957 naprej). Mlakar je svoja dognanja, zbrana po letu 1960, leta 1969 objavil v reviji Geologija. To temeljno delo o narivni zgradbi zahodne Slovenije in o geološki zgradbi idrijsko-cerkljanskega in rovtarskega hribovja z naslovom »Krovna zgradba idrijsko žirovskega ozemlja« je bilo osnova za nastanek karte, zato se je urednik in soavtor karte Jože Čar odločil za poklon I. Mlakarju tudi s posthumnim priznanjem soavtorstva. Mlakarjeva zasnova je bila v okviru priprave te sodobne karte usklajena tudi z rezultati starejših terenskih raziskav, ki so jih prispevali predvsem Lipold (1857, 1874), Kossmat (1905, 1910) in Krópáč (1912) in pomembno dopolnjena z mlajšimi izsledki predvsem sodelavcev idrijske geološke šole. Poleg tega so bila v letih 2006 in 2007 namensko za novo karto v merilu 1 : 5.000 dodatno detajlno kartirana nekatera območja, ki v preteklosti niso bila podrobno geološko pregledana, ali pa razmere niso bile zadovoljivo pojasnjene.

Namen karte je tudi, ali predvsem, razumevanje strukturne interpretacije. Zaradi berljivosti je velikost nekaterih litostratigrafskih enot na karti povečana, premajhne in strukturno nepomembne pa so izpuščene. Nekatere poenostavitve so bile potrebne predvsem znotraj tektonsko močno deformirane cone Idrijskega preloma. Poenostavljena območja so na karti izrisana s posebnim znakom. Novost karte v našem prostoru je tudi uporaba vpadov za izris prostorske lege plasti (t.i. »strukturna šrafura«), ki jo je uporabljal Mlakar. Karta je opremljena z dvema geološkima profiloma, litostratigrafskim stolpcem, tektonsko karto in avtorsko karto terenskih del.

Karta je izdelana v merilu 1 : 25.000. V svojih osnovah je strukturno-litološka. Nekoliko manj je podprta s paleontološkimi raziskavami, kar je delo, ki ostaja za prihodnost.

Spremljajoča monografska publikacija J. Čarja z naslovom Tolmač h Geološki karti idrijsko-





-cerkljanskega hribovja med Stopnikom in Rovtami po obsegu in zasnovi presega tolmače, kot smo jih vajeni v naših krajih. Ob popolnem in sodobnem opisu geologije tolmač prav tako kot karta povzema vse dosedanje ugotovitve generacij geologov, ki so raziskovali ta prostor. Avtor je pripravil obsežen pregled številnih dosedanjih geoloških in z geologijo povezanih raziskav, od najdbe idrijskega živosrebrovega rudnika leta 1490 do danes. Posebna pozornost je posvečena zgodnjima raziskovalcema tega prostora Giovanniju Antoniu Scopoliju in Jožefu Mraku, ki ju avtor imenuje »naša prva geologa« ter seveda utemeljitelju današnjega razumevanja geologije idrijskega ozemlja in rudišča, Ivanu Mlakarju. Avtor zaključí pregled raziskav s kronološkim pregledom ugotovitev Mlakarja in drugih članov idrijske geološke šole.

Poseben pomen je v publikaciji namenjen idrijskemu rudišču. Predstavljen je kronološki pregled geoloških raziskav, povezanih z rudiščem, jasno in koncizno pa so pojasnjeni tudi zgradba in nastanek rudišča ter orudjenje in značilni minerali. Ob tem je potrebno omeniti tudi posebno poglavje o kraških pojavih in rekonstrukcijo tektonskega dogajanja v triasu.

Geološka karta in tolmač nista le kompilaciji obstoječih podatkov, kot bi površni bralec lahko razumel iz zgoraj zapisanega. Avtor in urednik J. Čar je ob dodatnem raziskovanju in urejanju prišel do nekaterih, doslej še neobjavljenih dognanj, ki jih navaja ob koncu tolmača:

- Ugotovljeni in opisani so štirje osnovni razvoji in strukturne lege anizijskih plasti, dopolnjen je opis njihovega litološkega razvoja. Ugotovljene razmere so posledica idrijskega srednjetrijskega tektonskega obdobja.

- V soglasju s srednjetrijsko tektoniko je razčlenjena strukturna lega ladinijsko-fassansko-langobardskih in langobardskih plasti in opisani litološki razvoji na različnih strukturnih blokih.
- Podana sta obseg in značaj triasne natezne tektonike. Opisani so štirje prelomni snopi (brazdasti jarki – avlakogeni) in sicer rudiščni, zavraški, ledinski in masorski.
- Razčlenjeni in poimenovani so dogodki v času idrijskega srednjetrijskega tektonskega obdobja, določen je čas trajanja srednjetrijskih dogajanj na Idrijskem, ugotovljene so stratigrafske vrzeli na različnih srednjetrijskih strukturnih blokih.
- Dopolnjeno je dosedanje vedenje o narivni zgradbi obravnavanega ozemlja in na novo določena lega nekaterih strukturnih enot v narivni zgradbi. Podana so nova spoznanja o Čekovniški vmesni (krovni) luski. Poimenovani so vsi pomembnejši narivni strukturni pojavi.
- Pomembno je dopolnjena izhodna struktura idrijske narivne zgradbe in prvotna prostorska lega narivnih enot v polegli gubi.
- Ugotovljen je normalni značaj Krniškega preloma in normalno-zmični značaj Idrijskega in Zalinega preloma. Normalna faza premikov naj bi domnevno potekala v srednjem miocenu.

Pričujoča karta in tolmač sta za slovenske razmere nadstandardna izdelka, ki ju bo tako zaradi objektivnih (izjemno veliko razpoložljivih kvalitetnih podatkov) kot subjektivnih (proncljivost in vztrajnost avtorjev) razlogov v kratkem v Sloveniji najverjetneje kar težko preseči.

Miloš Bavec

Bojan OGORELEC, 2011: **Mikrofacies mezozojskih karbonatnih kamnin Slovenije** =
 Microfacies of Mesozoic Carbonate Rocks of Slovenia.
 Geologija, 54/2-suppl.: 1-136, doi:10.5474/geologija.2011.011

Številnim knjigam, geološkim kartam in tolmačem se je letos na policah s slovensko geološko tematiko pridružila monografija *Mikrofacies mezozojskih karbonatnih kamnin Slovenije*.

V njej nam priznani slovenski sedimentolog prof. dr. Bojan Ogorelec predstavi, kako vidimo apnence in dolomite pod mikroskopom, njihovo sestavo, fosilno združbo in vse tiste značilnosti, po katerih lahko ugotavljamo, v kakšnem okolju so le-ti nastajali v geološki preteklosti. Monografsko delo, ki je tiskano kot dodatek reviji *Geologija*, je rezultat njegovih več kot tridesetletnih terenskih in laboratorijskih raziskav karbonatnih kamnin celotnega slovenskega prostora.

Težišče monografije predstavljajo barvne slike mikroskopskih preparatov (zbruskov), med katerimi prevladujejo apneneci nad dolomiti. Med 250 izbranimi vzorci jih je največ triasne starosti, tem pa sledijo jurski in kredni karbonati. Čeprav zgornji perm ni sestavni del mezozojskega obdobja, so v monografiji predstavljeni tudi apneneci in dolomiti te starosti, saj se v slovenskem prostoru prav z njimi pričena dolgo obdobje karbonatne

sedimentacije, rezultat katerega je preko 5000 metrov debela skladovnica apnencev in dolomitov, ki grade več kot 40 % slovenskega ozemlja. Med predstavljenimi vzorci je nekaj takih, ki so redkost tudi v mednarodnem prostoru. Slikovnemu gradivu so v uvodnem delu zaradi boljše preglednosti in uvrstitve izbranih vzorcev v čas in prostor, v zgoščeni obliki predstavljeni osnovni litološki razvoji karbonatnih formacij v posameznih paleogeografskih in geotektonskih enotah Slovenije. Formacije, členi in njihove najbolj značilne kamnine so predstavljene po geoloških obdobjih. Delo je v celoti prevedeno v angleščino in je bogato ilustrirano s preglednimi skicami in stratigrafskimi stolpci, dodana pa je tudi obsežna literatura, ki je pomembna za podrobnejše razumevanje in spoznavanje predstavljenih karbonatnih kamnin.

Monografija, ena prvih s tovrstno tematiko karbonatnih kamnin v Sloveniji, je namenjena v prvi vrsti študentom geologije, ki se pri študiju prvič srečajo s pojmom *mikrofacies* ter tujim raziskovalcem zaradi lažjega spoznavanja naših karbonatnih kamnin in njihove primerjave z razvoji drugod po svetu. Po njej bodo s pridom posegli geologi različnih profilov, saj mikrofacies močno povezuje sedimentologe s paleontologi, regionalnimi geologi, tektoniki in drugimi. Razen za geološko stroko pa bo delo zanimivo tudi za vse ljubitelje narave, ker nazorno pripoveduje, da »kamen ni enak kamnu«, ampak da lahko marsikdaj šele pod mikroskopom spoznamo vso njegovo raznolikost in bogato vsebino. V kamnu so ohranjeni dragoceni zapisi o različnih sedimentacijskih okoljih, v kakršnih nastajajo karbonatne kamnine tudi danes – od plitvih morij, priobalnih ravnin, lagun, koralnih grebenov, do pregibov in globokih oceanskih bazenov. Vso to pestrost premorejo tudi apneneci in dolomiti slovenskega prostora.

Delo *Mikrofacies mezozojskih karbonatnih kamnin Slovenije* je nastajalo več let vzporedno z avtorjevim raziskovalnim delom na Geološkem zavodu Slovenije, zato je izšlo s precejšnjim časovnim zamikom, vendar morda prav zato dobro opremljeno z najboljšim izborom kamninskih preparatov izpod njegovega mikroskopa.

Monografija je, kot dodatek 54. številke znanstvene revije *Geologija*, izšla prav ob 50. obletnici klasifikacije karbonatnih kamnin, kakršna se danes splošno uporablja v svetu. Z njo se avtor in Geološki zavod Slovenije pridružujeta praznovanju tega jubileja.

Bogdan Jurkovšek



Poročila

5. Hidrogeološki kolokvij Ljubljana, 1. 12. 2011

Mihael BRENČIČ^{1,2}

¹Oddelek za geologijo, NTF, UL, Aškerčeva cesta 12, SI-1000 Ljubljana; email: mihael.brencic@ntf.uni-lj.si

²Oddelek za hidrogeologijo, Dimičeva ul. 14, Geološki zavod Slovenije, SI-1000 Ljubljana

Tako kot že nekaj let zapored, je bil tudi v letu 2011 organiziran Hidrogeološki kolokvij. Oddelek za geologijo na Naravoslovnotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani je tudi tokrat skupaj s Slovenskim komitejem mednarodnega združenja hidrogeologov – SKIAH povabil štiri predavatelje, ki se pri svojem znanstveno raziskovalnem delu doma in v tujini ukvarjajo s problematiko hidrogeologije. Dogodka se je udeležilo okoli štirideset poslušalcev, med katerimi so bili z udeležbo lepo zastopani študentje različnih letnikov študija geologije.

V prvem predavanju z naslovom »Hidrogeološka analiza vplivov poplavljanja Rudnika svinca in cinka Mežica na vodne vire« je **Miro Mavc** z Geološkega zavoda Slovenije predstavil rezultate svojega diplomskega dela. V svojem delu je zbral vse razpoložljive podatke o podzemni vodi na obravnavanem območju. Ker so bili v nekaterih predelih podatki pomanjkljivi, se je lotil dodatnih meritev pretokov in hidrogeoloških kartiranj. Za območje nekdanjega Rudnika svinca in cinka Mežica sta značilni dve podzemni hidroelektrarni, ki delujeta še danes. Elektrarni pomembno vplivata na vodno bilančne razmere območja, žal so na razpolago le podatki o električni proizvodnji, ne pa tudi podatki o pretočnih količinah. Mavc je postavil model, s pomočjo katerega je uspel rekonstruirati odnos med proizvodnjo električne energije in dotokom vode v rudniške prostore in tako opredeliti vodno bilanco rudnika v času delovanja elektrarn. Čeprav gre za metodologijo, ki na grob način rekonstruira pretekle hidrološke pogoje, imajo ti izračuni širši pomen. Na ta način bi lahko v Sloveniji ocenili hidrološke pogoje na območju številnih malih hidroelektrarn in tako pridobili realne podatke o njihovem vplivu na vodno okolje. Mavcovo delo je pomembno tudi zaradi prispevka k poznavanju vodne bilance karbonatnih vodonosnikov v Karavankah.

Drugo predavanje z naslovom »Vpliv površinskih vod reke Save na podzemne vode na območju Zagreba – primer uporabe izotopskih analiz« je predstavila **Nada Horvatinčić** z Inštituta Ruđer Bošković iz Zagreba, Hrvaška. V predavanju je prikazala uporabo naravnih stabilnih in radioaktivnih izotopov pri študiju dinamike podzemne vode na območju vodonosnika Petruševac južno od Zagreba, ki predstavlja najpomembnejši vir pitne vode za mesto Zagreb. Vodonosnik, ki leži na levem bregu Save, je pod neposrednim vplivom reke. Iz reke se poplavni val širi v vodonosnik. Reakcija opazovalnih vrtin na ta dogodek je odvisna od debeline omočenega sloja vodonosnika. Poleg tega, da se poplavni val širi v vodoravni

smeri, se širi tudi v globino preko 70 m debelega vodonosnika. To dinamiko so hrvaški raziskovalci opazovali na podlagi nekoliko nenavadnega pojava. Med remontom Jedrske elektrarne Krško poleti 2010 je prišlo do izpusta tricijeve vode. Ta se je razširila navzdol po reki Savi in se kot jasen signal pokazala tudi v vodonosniku. Čeprav gre za neobičajen izpust, ki odpira nekatera širša vprašanja, so ti dogodki omogočili podroben vpogled v dinamiko vodonosnika na območju Petruševca.

Tretje predavanje z naslovom »Avstrijsko nemško sodelovanje pri upravljanju prekomejnega telesa podzemne vode« je predstavil **Michael Samek**, ki deluje na Avstrijskem zveznem ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo, okolje in upravljanje z vodami. V predavanju je predstavil gospodarjenje s prekomejnim termalnim vodonosnikom na območju med Regensburgom v Nemčiji in Linzem v Avstriji. Na tem območju se v zgornje jurskih plasteh v 300 m debelih apnencih do globine 2000 m razteza »Malmski vodonosnik«, za katerega sta značilni tako razpoklinska, kot tudi kanalska poroznost. Skupen bilančni pretok podzemne vode presega 600 l/s, temperature vode pa segajo do 110 °C. Za vodonosnik je bilo v preteklosti značilno veliko preizkoriščanje, saj iz njega zajemajo vodo številna termalna zdravilišča, vodo pa se uporabljala tudi za ogrevanje. Ker so nivoji podzemne vode neprestano upadali, sta Avstrija in Nemčija leta 1987 sprejeli Regensburški sporazum o upravljanju skupnega termalnega prekomejnega telesa podzemne vode, v katerem sta sprejeli dogovor o osnovnih načelih upravljanja in o delovanju skupnih upravljaljskih organov. Na podlagi tega sporazuma so bile izdelane smernice za upravljanje, smernice za izkoriščanje in skupen numerični model toka podzemne vode, ki ga upravljata obe državi. Ti dokumenti in modeli so v praksi osnova za izdajanje vodnih dovoljenj, ki jih vsaka država izdaja samostojno. Rezultat teh aktivnosti je, poleg dobre prakse, tudi izboljšano vodno bilančno stanje vodonosnika.

Četrto predavanje je bilo organizirano v sodelovanju s Slovenskim geološkim društvom in Geomorfološkim društvom Slovenije. Predavanje z naslovom »Permafrost in kamniti ledeniki v Alpah: porazdelitev, dinamika in problemi« je predstavil **Karel Krainer** z Univerze v Innsbrucku v Avstriji. V njem je orisal problematiko stalno zmrznjenih tal in kamnitih ledenikov na območju visokogorja avstrijske in italijanske Tirolske. Med predavanjem je natančno ilustriral morfologijo pojavov, predstavil pa je tudi številne podrobne raziskave vključno z raziskovalnimi vrtanji. Po-

memben del teh raziskav predstavlja tudi študije dinamike toka vode, ki na terminalnih izviri izteka iz kamnitih ledenikov.

Tudi tokrat so bila na hidrogeološkem kolokviju predstavljena zanimiva predavanja. Prav tako kot v preteklih letih je vsakemu od preda-

vanj sledila intenzivna razprava, ki je še dodatno osvetlila podane informacije, hkrati s tem pa so se odprla še druga vprašanja, ki odpirajo nove poti raziskav. Čeprav udeležba na teh dogodkih ni slaba, pa na predavanjih pogrešamo hidrogeologe, ki delujejo v praksi.

15. Geotabor

Bela krajina, 11.–16. julij 2011

Klemen ČERNIČ

Ledina 58, SI-8290 Sevnica, e-mail: klemen.cernic@gmail.com

Projekta Geotabor verjetno ni potrebno posebno predstavljati, saj je skozi številna leta postal dobro poznan med študenti kot tudi med geološkimi strokovnjaki. Na kratko ga lahko opišem kot enotedensko druženje študentov v prijetnem vzdušju, ki se vsak dan udeležijo strokovne ekskurzije vodene s strani strokovnjaka, ki območje dobro pozna. Njegov namen je torej sproščeno spoznavanje geoloških značilnosti Slovenije, katere v okviru študijskega programa načeloma praktično niso ali ne morejo biti prikazane.

Tokratni Geotabor, že 15. po vrsti, se je dogajal v Beli Krajini, nastanjeni pa smo bili v tradicionalni belokranjski domačiji – Šokčevem dvoru v Žuničih, za kar se iskreno zahvaljujem Krajinskemu parku Kolpa, ki nam ga je v ta namen odstopil.

Zadnja leta je Geotabor doživljal krizo, saj se ga je udeleževalo čedalje manj študentov, težke gospodarske razmere v Sloveniji pa so poskrbele, da donacije niso bile več tako številne in obilne kot nekoč. To leto je bilo tako prelomno tudi v organizaciji, saj bi v primeru nizke udeležbe na taboru projekt opustili. Na veliko veselje vseh sodelujočih pa je letos Geotabor definitivno uspel v vseh pogledih; udeležilo se ga je kar 25 študentov, od tega dva geografa in en gradbenik, od donatorjev smo dobili toliko sredstev, da smo lahko skupaj z vplačili udeležencev pripravili kvalitetno izvedbo programa, nenazadnje pa sta nam odlično služila tudi vreme in čudovita okolica.

Strokovni del je obsegal štiri ekskurzije s predavanji. Najprej smo se ustavili v nekdanjem premogovniku Kanižarica, kjer nam je **mag. zgodovine Janez Weiss** predstavil zgodbo, ki jo je napisal premogovnik skozi čas. Ljudje, ki so premogovnik odprli in upravljali, tehnike odkopa in odjemalci so namreč informacije, ki dopolnijo geološko znanje o ležišču premoga in njegovih značilnostih. Te nam je zaupal **dr. Miloš Markič** z Geološkega zavoda Slovenije.

Naslednji dan je bil »kraški«, saj smo si s prof. **dr. Francetom Šušteršičem** ogledali najbolj prepoznavne belokranjske kraške pojave – vrtače v Bojancih, suho dolino v Tribučah, Ribniško-Kočevo kraško polje ter kraške izvire in jame. Posebnost je tudi kanjon reke Kolpe in Rajhenauški tektonski jarek. Kot zanimivost lahko omenim, da so bile vrtače pri Bojancih na začetku prejšnjega stoletja opisane kot najbolj tipična lokacija tega kraškega pojava v enem izmed del

o krasu Srbskega strokovnjaka in krasoslovca Jovana Cvijića.

Sledil je stratigrafski dan z **mag. Marijanom Poljakom**, ki je sodeloval pri kartiranju OGK lista Črnomelj. Zapeljali smo se do izdankov vseh kamnin, ki so prisotne v Beli krajini in se podučili o okolju kje so ta nastajale, njihovem razvoju ter položaju ki ga zavzemajo v regionalnem prostoru.

Zadnji terenski dan je vodil **doc. dr. Boštjan Rožič**, ki je domačin in dobro pozna vse geološke posebnosti. Ogledali smo si topli izvir Topličica pri Dragatušu, nahajališče boksita v Hrastu pri Vinici, izvir Krupe, ravnik pri Vrčicah, mitrej in najkrajšo reko v Sloveniji v Otovcu.

Poleg tega smo organizirali tudi spust po Kolpi, pokušino vin v znani vinski kleti Prus, okušali belokranjske dobrote, spoznavali naravne in kulturne posebnosti Krajinskega parka Kolpa, športne igre, kopanje in zaključni piknik. Ves čas Geotabora je bil organiziran avtobusni prevoz na terene z lokalnim avtobusnim prevoznikom, poskrbljeno pa je bilo tudi za obroke hrane. Vsak udeleženec je dobil tudi majico z motivom 15. Geotabora.

Dejavnosti, povezane z Geotaborom pa se s tem niso zaključile. S Krajinskim parkom Kolpa smo sklenili dogovor, da v zameno za njihovo gostoljubje pripravimo informacijske table o krasu in kraških pojavih v KP Kolpa, stratigrafiji Bele Krajine z geološkim stolpcem in geološke delavnice za osnovnošolce. Informacijske table bodo nameščene v novem objektu v Grdunih pri Balkovcih, ki bo v prihodnosti gostil podobne skupine, kot smo bili mi. Dela smo se lotili resno in zavzeto, tako da smo do konca avgusta pripravili ves material, ki bo kmalu širil geološko znanje med obiskovalci krajinskega parka. Pripravili bomo tudi zbornik v obliki knjižice, ki bo služila kot vodič na terenu.

Tako lahko zaključim, da je Geotabor pomemben študentski projekt, ki ni sam sebi namen, ampak poleg pridobljenega znanja da tudi konkretne izdelke (kot so geološki stolpec, informacijske table, delavnice za otroke ...). V preteklosti so udeleženci postavljali geološke stolpce, tokrat pa smo izbrali nov pristop, ki je upošteval želje lokalne skupnosti. To naj bo tudi vodilo za organizatorje in udeležence bodočih geoloških taborov. Pri organizaciji se je smiselno povezati s krajinskimi parki, muzeji, izobraževalnimi ustanovami ali lokalnimi skupnostmi. Upam, da se

bo Geotabor tako spet postavil tja kamor spada, na seznam dogodkov, ki se ga naj bi udeležil vsak študent geologije in bi bila udeležba tako visoka kot včasih!

Zahvalil bi se rad vsem mentorjem, ki se s svojim prostovoljstvom, angažiranostjo in prijaznostjo odzovejo našemu povabilu in nas vodijo po terenu. Prav tako bi se zahvalil vsem, ki so pomagali pri organizaciji 15. Geotabora, predvsem

Roku Brajkoviću, ki je skrbel za stike z lokalno skupnostjo.

Posebno bi se zahvalil tudi vsem donatorjem, ki so omogočili visok nivo izvedbe Geotabora. To so Geološki zavod Slovenije, IRGO, Klub belokranjskih študentov, ŠOU v Ljubljani, Študentski svet Univerze v Ljubljani, Študentski svet NTF, podjetje Vitli Krpan, KMS - Malerič in Občina Semič.

2. Svetovni forum o plazovih – prenos znanosti v prakso

Rim, 3.–7. oktober 2011

Mateja JEMEC AUFLIČ & Magda ČARMAN

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana

Drugi svetovni forum o plazovih v Rimu (IIWLF), ki je potekal prvi teden v mesecu oktobru, je bil nadaljevanje prvega, ki se je odvijal leta 2008 v Tokiu. Poudarek prvega foruma je bil na spodbujanju raziskav in izmenjavi izkušenj preko različnih forumov, simpozijev in delavnic, medtem ko se je drugi forum ukvarjal s tematiko »kako znanost prenesti v prakso«. Posebno pozornost so udeleženci foruma namenili dejanskim izvajanjem raziskav, s pomočjo različnih tehnologij in aplikacij ter postopkov, pri katerih se neposredno vključuje raziskovalce, zasebna podjetja, interesne skupine kot tudi politike in nosilce odločanja.

Organizatorji foruma so bili japonski strokovnjaki na čelu s Kyoji Sassom, ki so bili tudi glavni pobudniki o nastanku tega foruma o plazovih. Bili so tudi pobudniki za nastanek združenja IPL (International Programme on Landslides) in ICL (International Consortium on Landslides). Forumu se je udeležilo več sto raziskovalcev iz različnih držav in če sodimo po številu prijav povzetkov se približamo številki 700. Tudi iz Slovenije je bilo 7 udeležencev predstavnikov različnih institucij, ki se ukvarjajo s preventivo, zaščito in sanacijo naravnih nesreč.

Vsebinsko je bil forum razdeljen na 29 sekcij, skupna točka vseh pa so bili plazovi. Po številu predavateljev in prispevkov je bil največji poudarek tokratnega foruma na terenskem delu, kartiranju in zajemanju plazov z različnimi metodami. V ospredju so metode zajemanja ali identifikacije plazov z različnimi tehnikami daljinskega zaznavanja, ki omogočajo relativno hitro določanje plazovitih območij na širših območjih. Dobro določena baza plazov predstavlja osnovo za izdelavo modelov verjetnosti njihovega pojavljanja in tveganj za prebivalce. Iz vidika zgodnjega opozarjanja na nevarnost pred plazovi so bile prikazane nove in izpopolnjene tehnike, ki temeljijo na zveznem monitoringu spremljanja že tudi manjših premikov. Tu so bili v ospredju francoski, švicarski, angleški ter japonski strokovnjaki s svojimi novimi instrumenti (Lidar, geofizikalni monitoring, GPS, seizmični dilato-

metri, mikrotremorji, prenosni radarji). Na področju geomehanike so bile predstavljene raziskave s simulacijami različnih porušitev, do katerih pride ob povečanih padavinah, medzrnskem trenju, pornem tlaku... V dobro opremljenih laboratorijih na ta način poskušajo simulirati naravne pogoje.

V sklopu vsakodnevnih predstavitev so posamezni govorniki, po navadi ugledni znanstveniki, v polurnih predstavitev nagovorili občinstvo in vodili diskusije.

Forum je bil v celoti, dobro pripravljen, saj so kljub velikemu številu udeležencev vsa predavanja potekala po točnem urniku in so le redka odpadla. Morda zmotijo le dejstvo, da so nekatera predavanja z obetajočim naslovom in povzetkom pustila poslušalca ravnodušnega, hkrati pa malce jeznega, ker je v drugi sekciji morda zamudil neko drugo, boljše predavanje. V času foruma je izšel tudi zbornik povzetkov, ki je poleg ostalih informacij z drugega svetovnega foruma dostopen na spletnem naslovu: <http://www.wlf2.org/>. Naslednji forum bo čez štiri leta v Pekingu.

V času foruma so potekala številna vzporedna dogajanja. Eno od njih je bilo tudi srečanje predstavnikov članov, včlanjenih v ICL – International Consortium of Landslides. ICL je mednarodna, nevladna, neprofitna znanstvena organizacija, ki je bila ustanovljena v Kyotu leta 2002 in deluje kot partner v številnih mednarodnih in nacionalnih projektih. Podpirajo jo številne svetovne organizacije kot so UNESCO, FAO, WMO – Svetovna meteorološka organizacija, UN/ISDR – Mednarodna strategija združenih narodov za zmanjšanje nesreč ter druge. Ustanovljena je bila z namenom promoviranja raziskovanja plazov v korist skupnosti in okolja, vključevanjem in združevanjem geoznanosti ter tehnologij za zmanjševanje nevarnosti pred plazovi ter za koordiniranje mednarodnih raziskav na področju ogroženosti pred plazovi ali za potrebe sanacij. **Geološki zavod Slovenije** je postal pridružen član ICL v začetku leta 2011 in na srečanju v Rimu smo poleg ostalih desetih na novo včlanjenih držav prejeli plaketo o članstvu.

Navodila avtorjem

GEOLOGIJA objavlja znanstvene in strokovne članke s področja geologije in sorodnih ved. Revija od leta 2000 izhaja dvakrat letno. Članke recenzirajo domači in tuji strokovnjaki z obravnavanega področja. Ob oddaji člankov avtorji predlagajo **tri recenzente**, vendar pa si uredništvo pridržuje pravico do izbire recenzentov po lastni presoji. Avtorji morajo članek popraviti v skladu z recenzentskimi pripombami ali utemeljiti zakaj se z njimi ne strinjajo.

Avtorstvo: Za izvirnost podatkov, predvsem pa mnenj, idej, sklepov in citirano literaturo so odgovorni avtorji. Z objavo v GEOLOGIJI se tudi obvežejo, da ne bodo drugje objavili prispevka z isto vsebino.

Jezik: Članki naj bodo napisani v angleškem, izjemo ma v slovenskem jeziku, vsi pa morajo imeti slovenski in angleški izvleček. Za prevod poskrbijo avtorji prispevkov sami.

Vrste prispevkov:

Izvirni znanstveni članek

Izvirni znanstveni članek je prva objava originalnih raziskovalnih rezultatov v takšni obliki, da se raziskava lahko ponovi, ugotovitve pa preverijo. Praviloma je organiziran po shemi IMRAD (Introduction, Methods, Results, And Discussion).

Pregledni znanstveni članek

Pregledni znanstveni članek je pregled najnovejših del o določenem predmetnem področju, del posameznega raziskovalca ali skupine raziskovalcev z namenom povzeti, analizirati, evalvirati ali sintetizirati informacije, ki so že bile publicirane. Prinaša nove sinteze, ki vključujejo tudi rezultate lastnega raziskovanja avtorja.

Strokovni članek

Strokovni članek je predstavitev že znanega, s poudarkom na uporabnosti rezultatov izvirnih raziskav in širjenju znanja.

Diskusija in polemika

Prispevek, v katerem avtor ocenjuje ali dokazuje pravilnost nekega dela, objavljenega v GEOLOGIJI ali z avtorjem strokovno polemizira.

Recenzija, prikaz knjige

Prispevek, v katerem avtor predstavlja vsebino nove knjige.

Oblika prispevka: Besedilo pripravite v urejevalniku Microsoft Word. Prispevki naj praviloma ne bodo daljši od 20 strani formata A4, v kar so vštete tudi slike, tabele in table. Le v izjemnih primerih je možno, ob predhodnem dogovoru z uredništvom, tiskati tudi daljše prispevke.

Članek oddajte uredništvu vključno z vsemi slikami, tabelami in tablamami v elektronski obliki po naslednjem sistemu:

- Naslov članka (do 12 besed)
- Avtorji (ime in priimek, naslov, e-mail naslov)
- Ključne besede (do 7 besed)
- Izvleček (do 300 besed)
- Besedilo
- Literatura
- Podnaslovi k slikam in tabelam
- Tabele, Slike, Table

Citiranje: V literaturi naj avtorji prispevkov praviloma upoštevajo le tiskane vire. Poročila in rokopise naj navajajo le v izjemnih primerih, z navedbo kje so shranjeni. V seznamu literature naj bodo navedena samo v članku omenjena dela. Citirana dela, ki imajo DOI identifikator, morajo imeti ta identifikator izpisan na koncu citata. Za citiranje revije uporabljamo standardno okrajšavo naslova revije. Med besedilom prispevka citirajte samo avtorjev priimek, v oklepaju pa navajajte letnico izida navedenega dela in po potrebi tudi stran. Če navajate delo dveh avtorjev, izpišite med tekstom prispevka oba priimka (npr. PLENIČAR & BUSER, 1967), pri treh ali več avtorjih pa napišite samo prvo ime in dodajte et al. z letnico (npr. MLAKAR et al., 1992). Citiranje virov z medmrežja v primeru, kjer avtor ni poznan zapišemo (INTERNET 1). V seznamu literaturo navajajte po abecednem redu avtorjev.

Imena fosilov (rod in vrsta) naj bodo napisana poševno, imena višjih taksonomskih enot (družina, razred, itn.) pa normalno. Imena avtorjev taksonov naj bodo prav tako napisana normalno, npr. *Clypeaster pyramidalis* Michelin, *Galeanella tollmanni* (Kristan), Echinoidea.

Primeri citiranja članka:

- MALI, N., URBANC, J. & LEIS, A. 2007: Tracing of water movement through the unsaturated zone of a coarse gravel aquifer by means of dye and deuterated water. *Environ. geol.*, 51/8: 1401–1412, doi:10.1007/s00254-006-0437-4.
- PLENIČAR, M. 1993: *Apricardia pachiniana* Sirna from lower part of Liburnian beds at Divača (Triest-Komen Plateau). *Geologija*, 35: 65–68.

Primer citirane knjige:

- FLÜGEL, E. 2004: *Mikrofacies of Carbonate Rocks*. Springer Verlag, Berlin: 976 p.
- JURKOVŠEK, B., TOMAN, M., OGORELEC, B., ŠRIBAR, L., DROBNE, K., POLJAK, M. & ŠRIBAR, L. 1996: Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote – Kredne in paleogenske kamnine 1 : 50.000 = Geological map of the southern part of the Trieste-Komen plateau – Cretaceous and Paleogene carbonate rocks. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana: 143 p., incl. Pls. 23, 1 geol. map.

Primer citiranja poglavja iz knjige:

- TURNŠEK, D. & DROBNE, K. 1998: Paleocene corals from the northern Adriatic platform. In: HOTTINGER, L. & DROBNE, K. (eds.): *Paleogene Shallow Benthos of the Tethys*. Dela SAZU, IV. Razreda, 34/2: 129–154, incl. 10 Pls.

Primer citiranja virov z medmrežja:

Če sta znana avtor in naslov citirane enote zapišemo: ČARMAN, M. 2009: Priporočila lastnikom objektov, zgrajenih na nestabilnih območjih. Internet: http://www.geo-zs.si/UserFiles/1/File/Nasveti_lastnikom_objektov_na_nestabilnih_tleh.pdf (17. 1. 2010)

Če avtor ni poznan zapišemo tako:
Internet: <http://www.geo-zs.si/> (22.10.2009)

Če se navaja več enot z medmrežja, jim dodamo še številko
Internet 1: <http://www.geo-zs.si/> (15.11.2000)
Internet 2: <http://www.geo-zs.si/> (10.12.2009)

Slike, tabele in table: Slike (ilustracije in fotografije), tabele in table morajo biti zaporedno oštevilčene in označene kot sl. 1, sl. 2 itn., oddane v formatu TIFF, JPG ali EPS z ločljivostjo 300 dpi. Le izjemno je možno objaviti tudi barvne slike, vendar samo po predhodnem dogovoru z uredništvom. Obvezno je treba upoštevati zrcalo revije **172 x 235 mm**. Večjih formatov od omenjenega zrcala GEOLOGIJE ne tiskamo na zgib, je pa možno, da večje oziroma daljše slike natisnemo na dveh straneh (skupaj na levi in desni strani) v vmesnim »rezom«. V besedilu prispevka morate omeniti vsako sliko po številčnem vrstnem redu. Dovoljenja za objavo slikovnega gradiva iz drugih revij publikacij in knjig, si pridobijo avtorji sami. Table pripravite v formatu zrcala naše revije.

Če je članek napisan v slovenskem jeziku mora imeti celotno besedilo, ki je na slikah in tabelah tudi v angleškem jeziku. Podnaslovi naj bodo čim krajši.

Korekture: Te opravijo avtorji člankov, ki pa lahko popravijo samo tiskarske napake. Krajši dodatki ali spremembe pri korekturah so možne samo na avtorjeve stroške.

Avtorji prejmejo 25 separatov brezplačno, sicer pa so prispevki dostopni tudi na internetnih straneh <http://www.geo-zs.si/slo-text/geologija.htm>.

Oddajanje prispevkov:

Avtorje prosimo, da prispevke pošljejo na naslov uredništva: GEOLOGIJA
Geološki zavod Slovenije
Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana
bernarda.bole@geo-zs.si ali urednik@geologija-revija.si

Uredništvo Geologije

Instructions for authors

Scope of the journal: **GEOLOGIJA** publishes scientific papers which contribute to understanding of the geology of Slovenia or to general understanding of all fields of geology. Some shorter contributions on technical or conceptual issues are also welcome. Occasionally, a collection of symposia papers is also published.

All submitted manuscripts are sent for review by at least two specialists. When submitting their paper, authors should recommend at least **three reviewers**. Note that the editorial office retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used. Authors should correct their papers according to the instructions given by the reviewers. Should you disagree with any part of the reviews, please explain why. Revised manuscript will be reconsidered for publication.

Author's declaration: Submission of a paper for publication in *Geologija* implies that the work described has not been published previously, that it is not under consideration for publication elsewhere and that, if accepted, it will not be published elsewhere.

Language: Papers should be written in English or Slovene, and should have both English and Slovene abstracts.

Types of papers:

Original scientific paper

In an original scientific paper, original research results are published for the first time and in such a form that the research can be repeated and the results checked. It should be organised according to the IMRAD scheme (**I**ntroduction, **M**ethods, **R**esults, **A**nd **D**iscussion).

Review scientific paper

In an overview scientific paper the newest published works on specific research field or works of a single researcher or a group of researchers are presented in order to summarise, analyse, evaluate or synthesise previously published information. However, it should contain new information and/or new interpretations.

Professional paper

Technical papers give information on research results that have already been published and emphasise their applicability.

Discussion paper

A discussion gives an evaluation of another paper, or parts of it, published in *GEOLOGIJA* or discusses its ideas.

Book review

This is a contribution that presents a content of a new book in the field of geology.

Style guide:

Submitted manuscripts should not exceed 20 pages of A4 format (12 pt typeface, 1 line-spacing, left justification) including figures, tables and plates. Only exceptionally and in agreement with the editorial board longer contributions can also be accepted.

Manuscripts submitted to the editorial office should include figures, tables and plates in electronic format ordered according to the following scheme:

- Title (*maximum 12 words*)
- Authors (*full name and family name, postal address and e-mail address*)
- Key words (*maximum 7 words*)
- Abstract (*maximum 300 words*)
- Text
- References
- Figure and Table Captions
- Tables, Figures, Plates

References: References should be cited in the text as follows: (FLÜGEL, 2004) for a single author, (PLENIČAR & BUSER, 1967) for two authors and (MLAKAR et al., 1992) for multiple authors. Pages and figures should be cited as follows: (PLENIČAR, 1993, p. 67) and (PLENIČAR, 1993, fig. 1). Anonymous internet resources should be cited as (INTERNET 1). Only published references should be cited. Manuscripts should be cited only in some special cases in which it also has to be stated where they are kept. Cited reference list should include only publications that are mentioned in the paper. Authors should be

listed alphabetically. Journal titles should be given in standard abbreviated form. A doi identifier, if there is any, should be placed at the end as shown in the first case.

Taxonomic names should be in italics, while names of the authors of taxonomic names should be in normal, such as *Clypeaster pyramidalis* Michelin, *Galeanella tollmanni* (Kristan), Echinoidea.

Articles should be listed as follows:

MALI, N., URBANC, J. & LEIS, A. 2007: Tracing of water movement through the unsaturated zone of a coarse gravel aquifer by means of dye and deuterated water. *Environ. geol.*, 51/8: 1401–1412, doi:10.1007/s00254-006-0437-4.

PLENIČAR, M. 1993: *Apricardia pachiniana* Sirna from lower part of Liburnian beds at Divača (Triest-Komen Plateau). *Geologija*, 35: 65–68.

Books should be listed as follows:

FLÜGEL, E. 2004: *Mikrofacies of Carbonate Rocks*. Springer Verlag, Berlin: 976 p.

JURKOVŠEK, B., TOMAN, M., OGORELEC, B., ŠRIBAR, L., DROBNE, K., POLJAK, M. & ŠRIBAR, Lj. 1996: Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote – Kredne in paleogenske kamnine 1 : 50.000 = Geological map of the southern part of the Trieste-Komen plateau – Cretaceous and Paleogene carbonate rocks. *Geološki zavod Slovenije, Ljubljana*: 143 p., incl. Pls. 23, 1 geol. map.

Book chapters should be listed as follows:

TURNŠEK, D. & DROBNE, K. 1998: Paleocene corals from the northern Adriatic platform. In: HOTTINGER, L. & DROBNE, K. (eds.): *Paleogene Shallow Benthos of the Tethys*. *Dela SAZU, IV. Razreda*, 34/2: 129–154, incl. 10 Pls.

Internet resources should be listed as follows:

Known author and title:

ČARMAN, M. 2009: Priporočila lastnikom objektov, zgrajenih na nestabilnih območjih. Internet: http://www.geo-zs.si/UserFiles/1/File/Nasveti_lastnikom_objektov_na_nestabilnih_tleh.pdf (17. 1. 2010)

Unknown authors and title:

Internet: <http://www.geo-zs.si/> (22.10.2009)

When more than one unit from the internet are cited they should be numbered:

Internet 1: <http://www.geo-zs.si/> (15.11.2000)

Internet 2: <http://www.geo-zs.si/> (10.12.2009)

Figures, tables and plates: Figures (illustrations and photographs), tables and plates should be numbered consequently and marked as Fig. 1, Fig. 2 etc., and saved as TIFF, JPG or EPS files and submitted at 300 dpi. Colour pictures will be published only on the basis of previous agreement with the editorial office. The maximum size of full-page illustrations and tables is **172 x 235 mm**. Larger formats can only be printed as a double-sided illustration (left and right) with a cut in the middle. All figures should be referred to in the text and should normally be numbered in the sequence in which they are cited. The approval for using illustrations previously published in other journals or books should be obtained by each author.

When a paper is written in Slovene it has to have the entire text which accompanies illustrations and tables written both in Slovene and English. Figure and table captions should be kept as short as possible.

Proofs: One set of page proofs (as pdf files) will be sent by e-mail to the corresponding author. Corrections are made by the authors. They should correct only typographical errors. Short additions and changes are possible but should be paid by the authors.

Offprints: Authors receive 25 offprints free of charge. As *Geologija* is an open access journal, all pdfs can be downloaded from its website: <http://www.geo-zs.si/slo-text/geologija.htm>.

Submission: Authors should submit their papers to the address of the editorial office:

GEOLOGIJA

Geological Survey of Slovenia

Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenia

bernarda.bole@geo-zs.si or urednik@geologija-revija.si

The Editorial Office

- 161 Miler, M., Gosar, M. & Markič, M.
Opredelitev domnevnega meteorita iz Trbovelj
- 169 Vrhovnik, P., Rogan Šmuc, N., Dolenc, T., Serafimovski, T., Tasev, G. & Dolenc, M.
Geochemical investigation of Sasa tailings dam material and its influence on the Lake Kalimanci surficial sediments (Republic of Macedonia) – preliminary study
- 177 Brenčič, M.
Izvor in pomen besede geologija
- 193 Kolar-Jurkovšek, T., Jurkovšek, B., Aljinović, D. & Nestell, G. P.
Stratigraphy of Upper Permian and Lower Triassic Strata of the Žiri Area (Slovenia)
- 205 Raslan, M. A. & Ali, M. A.
Mineralogy and mineral chemistry of rare-metal pegmatites at Abu Rusheid granitic gneisses, South Eastern Desert, Egypt
- 223 Placer, L. & Jamšek, P.
Ilirskobistriški fosilni plaz – mesto na plazu