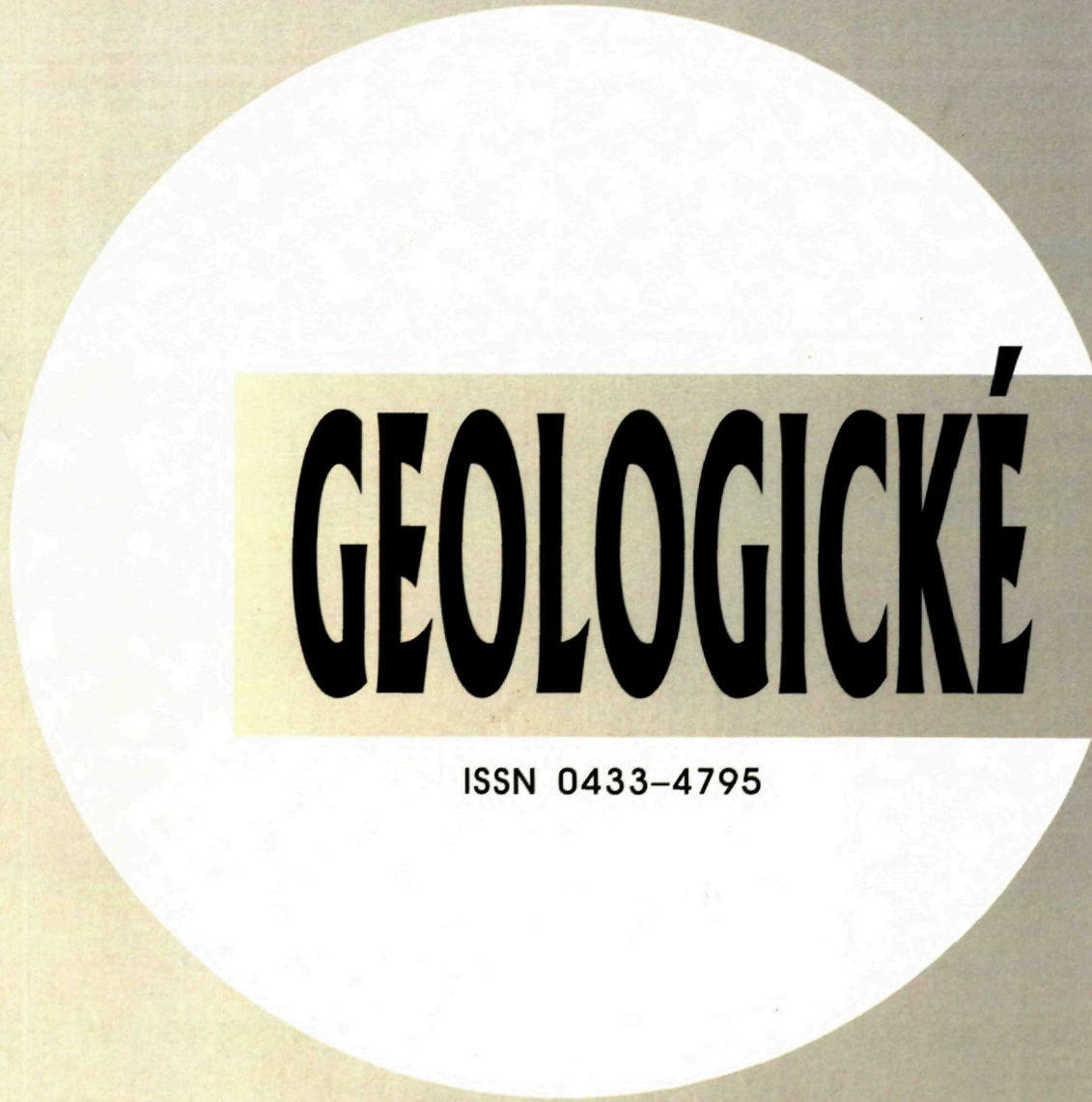


1319f

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 2008



GEOLOGICKÉ PRÁCE

ISSN 0433-4795

SPRÁVY

115

Ústredná geologická knižnica SR
ŠGÚDŠ



3902001016633

**GEOLOGICKÉ
PRÁCE
SPRÁVY 115**



Vedecký redaktor

RNDr. Ladislav Šimon, PhD.

Členovia redakčnej rady

RNDr. F. Bakoš, PhD., RNDr. K. Fordinál, PhD., RNDr. A. Klukanová, CSc., RNDr. M. Kohút, CSc., RNDr. J. Maglay, RNDr. P. Malík, CSc., RNDr. M. Ondrášik, PhD., RNDr. A. Nagy, CSc., RNDr. P. Siman, PhD.

ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 2008



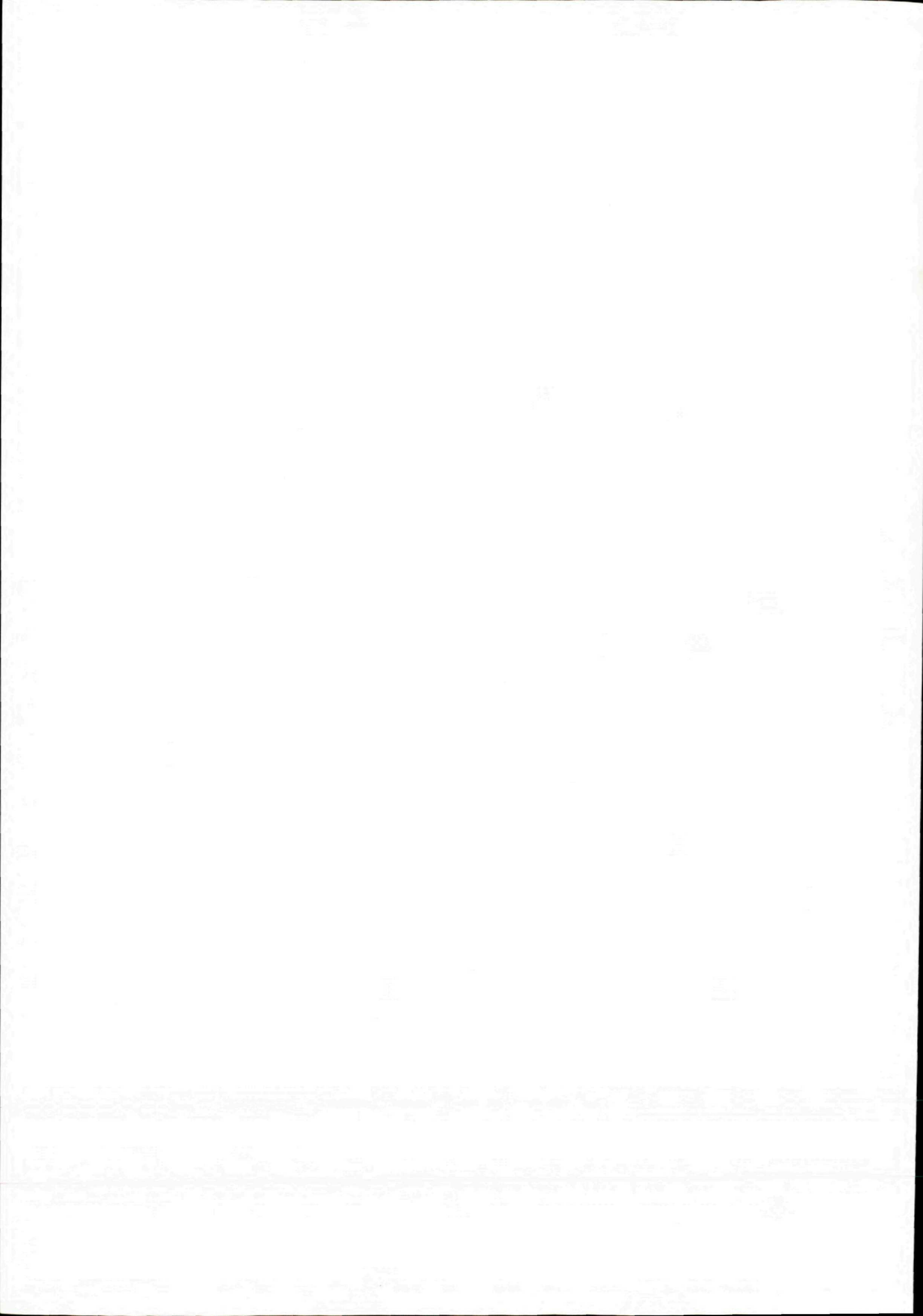
GEOLOGICKÉ PRÁCE

SPRÁVY

115

Obsah

<i>Maglay, J.:</i> Posledné zbohom Dr. Zoltánovi Schmidtovi, CSc. _____	7
<i>Elečko, M. a Maglay, J.:</i> Na sedemdesiatiny RNDr. Jána Pristaša, CSc. _____	9
<i>Franko, O., Biely, A., Vandrová, G. a Frličková, M.:</i> Hydrogeologická štruktúra minerálnych vôd v Korytnici _____	11
<i>Šefčík, P.:</i> Distribúcia ťažkých kovov v pôdach Slovenska _____	27
<i>Ďurovič, R.:</i> Vyhľadávanie telies litotamniových vápencov vo Viedenskej panve pomocou seizmických atribútov _____	33
<i>Zlinská, A.:</i> Revízia zbudzského súvrstvia a nové výsledky z pohľadu štúdia foraminiferových asociácií _____	47



Posledné zbohom Dr. Zoltánovi Schmidtovi, CSc.



Dňa 14. júla 2008 sme sa navždy rozlúčili s významným slovenským paleontológom, muzeológom, pedagógom a zároveň saleziánskym kňazom, priateľom a kolegom RNDr. Zoltánom Matejom Schmidtom, CSc., ktorý nás po svojom plodnom vedeckom i duchovnom živote opustil vo veku 80 rokov.

Dr. Schmidt sa narodil v Hronci (okres Brezno) 21. februára 1928 v rodine strojvodcu na horehronskej lesnej železnici. V Hronci prežil rané detstvo a v roku 1933 tam aj nastúpil do prvej triedy ľudovej školy. V priebehu roka sa však rodina presťahovala do Bratislavy, kde v roku 1938 skončil školskú dochádzku. V školskom roku 1938/1939 začal študovať na bratislavskom jezuitskom gymnáziu, ktoré navštevoval po kvintu.

V školskom roku 1945/1946 vstúpil do noviciátu Spoločnosti svätého Františka Salezského v Hronskom Svätom Beňadiku a 16. augusta 1946 tam zložil prvé rehoľné sľuby. Počas troch rokov ponoviciátu pokračoval v štúdiách v rámci saleziánskeho spoločenstva v Trnave a neskôr dva roky na Saleziánskom pedagogickom inštitúte v Hodoch pri Galante (dnes súčasť Galanty). Tam v roku 1949 skončil maturitou svoje stredoškolské vzdelanie.

Po maturite nastúpil na pedagogickú prax – asistenciu – do Saleziánskeho oratória v Nitre. Pastoračný rok však nedokončil, pretože počas smutne známej noci z 13. na 14. apríla 1950 bol v rámci celoštátnej akcie likvidácie kláštorov transportovaný najprv do Šaštína, neskôr do Podolínce a nakoniec do Kostolnej pri Trenčíne. Tam spolu s ďalšími mladšími rehoľníkmi podstúpil nútené preškoľovanie a ako robotník zemných prác sa v Nosičiach zúčastnil na výstavbe Priehrady mládeže.

Po návrate z „preškoľovacích“ štúdií k rodičom do Bratislavy sa zapísal na Prírodovedeckú fakultu Slovenskej univerzity v Bratislave, no vzápätí dostal povolávací rozkaz na nástup do vojenskej prezenčnej služby. Najprv ho prideliť do pracovného útvaru (PTP) vo vojenskom výcvikovom priestore Libava a neskôr do obdobného útvaru v Plzni. Pre vážnu chorobu (infekčná hepatitída) a pre rozhodnutie o prijatí na vysokú školu ho po šiestich mesiacoch z vojenskej služby dočasne uvoľnili. Krátko po tom obnovil prerušené štúdium na Prírodovedeckej fakulte Slovenskej univerzity v Bratislave. Neskôr, po jej rozdelení, si na Geologicko-geografickej fakulte zvolil na štúdium kombináciu geografia – biológia – geológia. Vysokoškolské štúdium úspešne ukončil v roku 1954 ako promovány pedagóg.

Na základe „umiestnenky“ jeden školský rok vyučoval ako stredoškolský profesor na Gymnáziu v Prešove a tam externe pôsobil aj na Vyššom pedagogickom inštitúte na Katedre zoológie.

Rok 1955 bol pre Zoltána Schmidta z hľadiska jeho vedeckej kariéry prelomový. Nastúpil ako kustód anorganických zbierok na prírodovednom oddelení Slovenského múzea (dnes Slovenského národného múzea) v Bratislave. Od začiatku sa sústredil na budovanie prvej geologickej expozície na Slovensku. Pracoval aj na získavaní zbierkového fondu mineralógie, petrografie, geológie a paleontológie. Geologickú expozíciu, pre ktorú múzeu vtedy nemalo dostatočné zbierkové fondy, sa mu podarilo vytvoriť len vďaka úzkej spolupráci s pracovníkmi Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského a Geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave, najmä s akademikom Andrusovom, prof. Lukáčom, prof. Luknišom a doc. Gorekom. Za vytvorenie geologickej expozície, ktorá bola slávnostne otvorená 15. júna 1958, mu minister kultúry ČSSR udelil Čestné uznanie za rozvoj slovenského múzejníctva. V určitých časových intervaloch zastával Zoltán Schmidt v múzeu aj funkciu vedúceho prírodovedného oddelenia.

Napriek odborným, organizačným a tvorivým úspechom rozviazal po politických previerkach v roku 1960 pracovný pomer so Slovenským národným múzeom a zamestnal sa v Geologickom ústave Dionýza Štúra (dnes Štátny geologický ústav Dionýza Štúra). V rokoch 1962 až 1964 pracoval v Geofonde na oddelení vrtnej dokumentácie Slovenska a v decembri 1964 sa vrátil do geologického ústavu. Ako vedecký pracovník – paleobiogeograf so špecializáciou na kvartérne mäkkýše a stavovce pleistocénu – pracoval na oddelení kvartérnej geológie. Popri odbornej práci pokračoval v postgraduálnom štúdiu. V roku 1967 získal titul RNDr. a v roku 1968 titul kandidáta geografických vied (CSc.) v odbore fyzický zemepis.

Zoltán Schmidt svojou vedeckou činnosťou významne rozšíril poznatky o faune cicavcov kvartéru na Slovensku. Zaujímali ho najmä otázky fauny chobotnatcov, nosorožcovitých a medveďovitých. Okrem toho vykonával aj paleomalakozoologický výskum spráši Slovenska. Súbornejšie paleontologicky a paleoekologicky spracoval mnohé lokality najmä na južnom Slovensku a v nížinách (Senec, Vlčkovce, Komjatice, Čermáň, Farná, Kolta, Nová Vieska, Strekov a i.). Tým prispel k biostratigrafickej interpretácii sprašových cyklov pleistocénu a hranice pliocénu/pleistocénu. Zvláštnu pozornosť si zaslúžia aj jeho práce týkajúce sa datovania fauny cicavcov metódou ^{14}C . Svoje poznatky sprostredkúval na mnohých výstavách, ktoré často aj sám organizoval, a svoje vedecké výsledky predložil v 39 pôvodných publikovaných vedeckých prácach, 63 iných publikovaných prácach a štúdiách, 23 výskumných správach a v ďalších 30 kauzálnych prácach a realizovaných projektoch. Stal sa propagátorom prírodných vied, najmä geológie a geografie. Dokazujú to jeho príspevky v rôznych médiách, napríklad v mládežníckom časopise ABC a časopisoch Krásy Slovenska a Svet vedy. Známe sú aj jeho populárno-vedecké scenáre pre televíziu. Počas pôsobenia v geologickom ústave sa v rokoch 1961 – 1976 podieľal na organizovaní piatich medzinárodných vedeckých podujatí z oblasti geológie.

Súčasne s vedeckou činnosťou pokračoval Dr. Schmidt od roku 1967 aj v teologickom štúdiu na Bohosloveckom

učilišti saleziánov. V roku 1981 bol v Košiciach tajne vysvätený za kňaza. V roku 1983 skončil pracovný pomer v Geologickom ústave Dionýza Štúra a vstúpil do pastoraácie nitrianskej diecézy. Stal sa správcom Farského úradu v Podhoranoch pri Nitre, spravujúceho tri obce. Bol obľúbený a jeho prácu vysoko hodnotili.

Po založení Gymnázia Jána Bosca v Šaštíne prešiel do tamojšej komunity saleziánov. Svoje znalosti z prírodných vied uplatnil ako profesor na novom gymnáziu, kde počas rokov 1993 – 1995 vyučoval. Dôchodok v stálom pracovnom zaujatí trávil v Saleziánskom kláštore Dona Bosca v Šaštíne-Strážach. Napriek podlomenému zdraviu bol výpomocným duchovným farského úradu v Šaštíne. Opätovne sa vrátil k svojmu pôvodnému odboru – múzejníctvu – a neúnavne pracoval na budovaní expozície a na edičnej a prezentačnej činnosti v Bazilike Sedembolestnej Panny Márie a saleziánskom kláštore. Jeho významnou aktivitou v tejto oblasti bolo založenie Mariologického múzea slovenskej národnej svätyne v Šaštíne-Strážach, ktorú slávnostne 15. septembra 1997 otvoril kardinál Jozef Tomko. Dr. Schmidt sa stal jeho kustódom.

Odchodom Dr. Schmidta do večnosti stratila slovenská geológia významného vedca, kvartérneho geológa – paleontológa, organizátora a propagátora geológie, ako aj duchovného pastiera a priateľa.

Juraj Maglay

Na sedemdesiatiny RNDr. Jána Pristaša, CSc.



V júni 2008 sa významný slovenský geológ RNDr. Ján Pristaš, CSc., dožil životného jubilea – 70 rokov. Aj keď je už na zaslúženom odpočinku, nestratil kontakt s ŠGÚDŠ, „materskou“ organizáciou, v ktorej službách prežil plných 45 rokov svojho profesionálneho života.

Dr. Ján Pristaš sa narodil 13. júna 1938 v obci Ubľa, okres Snina, v roľníckej rodine. Otec Ján a matka Mária pracovali v poľnohospodárstve, neskoršie aj v obchode a stavebníctve, brat v lesnom hospodárstve a sestra zomrela v detskom veku počas II. svetovej vojny.

Všeobecné vzdelanie absolvoval v rodnej obci, kde v roku 1953 skončil Deväťročnú školu. V tom istom roku bol prijatý na Jedenásťročnú strednú školu v Snine, ktorú úspešne skončil v roku 1956. Ako štípendista vlády Československej republiky začal v roku 1956 študovať na Katedre geomorfológie Geografickej fakulty Kyjevskej štátnej univerzity T. G. Ševčenko na Ukrajine. Štúdium na nej úspešne skončil v roku 1961.

Po jej absolvovaní od roku 1961 začal pracovať v Geologickom ústave D. Štúra v Bratislave na oddelení kvartéru. V tomto období pri optimálnom zastúpení mapujúcich geológov (T. Sabol, J. Harčár, V. Baňacký, R. Halouzka, V. Dorotiak, F. Gomolčák, neskoršie J. Horniš), špecialistov (E. Krippel, D. Minaříková, E. Vaškovská, Z. Schmidt, Z. Kalaš) a technikov (I. Sopiak, L. Papcún, P. Vrabec, M. Štuk, B. Orth, M. Kolačkovská, L. Chalupecká, R. Harčárová) sa pod vedením vedúceho oddelenia I. Vaškovského na plné obrátky rozbiehal regionálny geologický výskum kvartéru Slovenska. Vďaka intenzívnym prácam bola už v roku 1973 pod redakciou I. Vaškovského aj s príspevím ostatných spolupracovníkov vydaná prvá *Geologická mapa kvartérnych sedimentov Slovenska 1 : 500 000*.

Treba povedať, že už počas vysokoškolského štúdia na univerzite, najmä v posledných ročníkoch, sa jubilant začal zaoberať problematikou štvrtohorných sedimentov. V týchto rokoch na Katedre geomorfológie Kyjevskej

univerzity pôsobili poprední ukrajinskí kvartérni geológovia (prof. P. K. Zamorij, O. M. Marinič, I. M. Roslyj, J. L. Hrubín, E. T. Palienko, M. V. Ščerbaková). V tejto súvislosti aj smerovanie výuky na katedre bolo zamerané na problematiku geomorfológie, ale najmä na metodiku výskumu a mapovania kvartérnych sedimentov. Z tohto hľadiska aj diplomová práca J. Pristaša bola zameraná na reliéf a štvrtohorné sedimenty.

V priebehu svojho pôsobenia v geologickom ústave si jubilant zvyšoval kvalifikáciu najprv získaním titulu doktora prírodných vied (RNDr.) a neskôr (1982) obhájením kandidátskej práce s názvom *Reliéf a kvartérne sedimenty Ipeľskej kotliny a priľahlej časti Krupinskej planiny* získal vedeckú hodnosť kandidáta geologických vied (CSc.). Jubilant sa zúčastnil na viacerých zahraničných stážach (Fínsko, Grécko, Gruzínsko) s tematikou kvartérnej stratigrafie, ale najmä so zameraním na neotektoniku a recentné pohyby zemskej kôry, pričom získal diplom a certifikát Aténskej a Bruselskej univerzity.

V priebehu svojho pôsobenia v ústave pracoval ako popredný vedecký pracovník, resp. špičkový odborník, pričom niekoľko rokov bol aj vedúcim oddelenia kvartéru. Nezanedbateľnou súčasťou jeho aktivity bola aj jeho odborná prekladateľská činnosť.

Vedeckovýskumná činnosť Dr. J. Pristaša bola od samého začiatku sústredená najmä na regionálny výskum a mapovanie kvartérnych sedimentov a ich využitie v hospodárskej činnosti. Výsledkom jeho vedeckovýskumnej činnosti je viac ako 120 publikovaných prác a oveľa väčší počet nepublikovaných prác uložených v archíve ŠGÚDŠ, Geofonde. Ide predovšetkým o samostatné práce, resp. príspevky v spoluautorstve, regionálne geologické mapy a vysvetlivky ku geologickým mapám. Osobitne treba vyzdvihnúť spoluautorstvo na sumarizácii výsledkov geologického výskumu. Boli zhrnuté v knižnom, monografickom spracovaní výsledkov získaných pri zostavovaní regionálnych máp a vysvetliviek k nim z kotlin južného Slovenska – Ipeľskej, Rimavskej a Lučenskej, resp. z Cerovej vrchoviny [Pristaš in Vass, Konečný a Šefara (eds.), 1979; Vass a Elečko (eds.), 1989; Vass, Elečko a Konečný (eds.), 2007].

V uvedených prácach boli okrem iného vyčlenené základné genetické typy kvartérnych sedimentov, postavenie a geologická stavba a korelácia terasového systému Ipeľskej, Rimavskej, Slanej a ich prítokov. Na základe odlišnej typológie fosílnych pôd, pokryvov a terás, nálezov fauny a rádiometrických údajov sa vyriešili otázky stratigrafie terasových systémov uvedených riek. Vyčlenili sa trebeľovské a husinské vrstvy, ktorých vek (spodný pleistocén) spresnilo aj rádiometrické datovanie.

Jubilant sa aktívne podieľal na spracovaní a zostavovaní regionálnych geologických máp a vysvetliviek aj v ďalších územiach, obzvlášť v regiónoch Slovenského

krasu, Slovenského rudohoria, Veľkej Fatry, Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny, Tribeča, Bystrického podolia a v príslušných kotlinách a dolinách riek. Okrem toho sa aktívne podieľal na výskume a kvartérnogeologickom hodnotení lokalít na výstavbu jadrových elektrární a pri riešení problematiky minerálnych prameňov kúpeľov, pri ochrane podzemných vôd Žitného ostrova, resp. miestnej výstavbe (v Košiciach sídlisko Furča).

V súvislosti s výstavbou vodných diel na Dunaji, najmä po negatívnej, neodbornej a spolitizovanej reakcii, bola z iniciatívy akad. M. Maheľa vypracovaná neotektonická schéma a štúdia miesta a širšieho okolia výstavby vodných diel (R. Halouzka, J. Horniš a J. Pristaš). Bola v nej objasnená genéza a neotektonické pohybové tendencie najmä v priebehu pleistocénu, resp. až do súčasnosti (tieto materiály boli čiastočne publikované v dennej tlači). Kvartérni odborníci charakterizovali tendenciu celkového misovitého prehybu územia centrálnej časti gabčíkovej depresie a poukázali na to, že obavy z väčších neotektonických pohybov vyjadrené vo vtedajších, najmä zahraničných diskusných príspevkoch sú neopodstatnené.

Poznatky a metodické postupy štúdie tvorili základ pri zostavení *Neotektonickej mapy územia Podunajsko – Danreg* (R. Halouzka a J. Pristaš) a neskoršie pri zostavení *Neotektonickej mapy Slovenska* (J. Maglay et al.).

V rokoch 1991 – 2000 bol Dr. J. Pristaš zodpovedným riešiteľom úlohy *Povrchová geologická mapa Podunajska v mierke 1 : 50 000*. Ako spoluautor sa podieľal na aplikovanej *Mape genetických typov a hrúbok kvartérnych sedimentov*, resp. *Neotektonickej mape Podunajska*. Tieto mapy sa využili v rámci zostavovania širokospektrálnych máp trojstrannej medzinárodnej spolupráce Slovensko – Maďarsko – Rakúsko, do ktorej sa rozšíril národný projekt Podunajsko (projekt DANREG). Podieľali sa na ňom organizácie ŠGÚDŠ Bratislava, MAFI Budapešť a Geologische Bundesanstalt Vienna. Práce na Danreg-u sa skončili vydaním máp tlačou a spoločnou publikáciou (Budapešť, 2000).

V záverečnej etape svojho pôsobenia v geologickom ústave sa Dr. J. Pristaš stal zodpovedným riešiteľom geologického výskumu a kartografického spracovania geologickej stavby a tektonických pohybov regiónu Podunajská nížina – Nitrianska pahorkatina v mierke 1 : 50 000 (J. Pristaš et al.). Práce sa úspešne zakončili v roku 2000 vytlačením geologickej mapy a textových vysvetliviek. Využili sa pri nich nové metodické postupy vyjadrujúce geologickú stavbu územia regiónu, doplnené schematickou neotektonickou mapou a mapou hrúbky kvartérnych sedimentov.

Do roku 2006 (do svojho odchodu do dôchodku) jubilant spolupracoval na viacerých vedeckovýskumných projektoch. Osobitne treba poďakovať výskum a mapovanie pohraničných území s Maďarskom (Ipreg) a spolu s maďarskými kolegami zostavenie *Geologickej mapy územia Gemer – Bükk 1 : 100 000*.

Náplňou jeho práce v tomto období bolo aj mapovanie kvartérnych sedimentov regiónu Podunajská nížina – Trnavská pahorkatina 1 : 50 000 (2006), regiónu Považský Inovec a jz. časť Trenčianskej kotliny (2007), resp. regiónu Nízkych Beskyd (2006). Výsledky výskumu územia Trnavskej pahorkatiny (Maglay et al.,

2006) do značnej miery zmenili názor na geologickú stavbu regiónu ako jednotnej sprašovej tabule. Výsledky výskumu poukázali na oveľa zložitejšiu stavbu kvartérnych sedimentov, v ktorých sa uplatňuje zložitý systém sedimentov náplavových kužeľov, prítokov Váhu a rozsiahle tabuľovité plochy pleistocénnych terás Váhu zakryté hrubým komplexom spraší a fosilných pôd.

Nové údaje o kvartérnych sedimentoch sa zistili aj v Trenčianskej kotline (Ivanička et al., 2007) a v Nízkych Beskydách – juhovýchodnej časti, zvlášť v severnom predpolí Vihorlatu (Žec et al., 2006).

Rozsiahle celoživotné výskumné dielo Dr. J. Pristaša sa stalo podkladom pri zostavení *Mapy kvartérneho pokryvu Slovenska (1 : 1 000 000)* a *Neotektonickej mapy Slovenska (1 : 500 000)*, ktoré sa stali súčasťou nového vydania *Atlasu krajiny Slovenskej republiky*.

Výsledky geologického mapovania kvartérnych sedimentov jednotlivých regiónov Slovenska, ktoré urobil a vyhodnotil jubilant, sa využili aj pri zostavení novej edície generálnych geologických máp Slovenska v mierke 1 : 200 000, predovšetkým listov Lučenec a Rimavská Seč, Trnava, Banská Bystrica, Košice, Michalovce a Svidník.

Okrem vedeckovýskumnej činnosti v regiónoch sa Dr. J. Pristaš aktívne zapájal do práce v medzinárodných komisiách, zvlášť v komisii pre štúdium kvartérnych sedimentov, resp. neotektoniky a súčasných pohybov (INQUA, KBGA). Bol aktívnym členom Slovenskej geologickej spoločnosti (SGS) a Geomorfologickej asociácie. Okrem vedeckej činnosti sa aktívne venoval práci v redakčných radách ústavu, bol členom aprobačnej komisie pre geologické mapy Slovenska a komisie pre zvyšovanie kvalifikácie a obhajobu kandidátskych a diplomových prác. Bol jedným z iniciátorov vedeckovýskumnej spolupráce medzi ŠGÚDŠ a Geologicko-výskumnou expedíciou (ZGRE) v Beregove (Zakarpatská oblasť Ukrajiny). Spolupracoval s vedeckými pracovníkmi Geologického ústavu (NANU) v Kyjeve.

Spoločne s ostatnými kvartérnymi spolupracovníkmi Štátneho geologického ústavu D. Štúra pozdvihol geológiu kvartérnych sedimentov na Slovensku na medzinárodnú úroveň. Za dosiahnuté vedeckovýskumné výsledky a celoživotnú odbornú a vedeckú prácu získal viacero uznání a vyznamenání ŠGÚDŠ, Geologického úradu a Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky (Čestná medaila ŠGÚDŠ, ocenenie Vzorný pracovník, Pamätná medaila ŠGÚDŠ pri 60. výročí založenia ústavu, ocenenie pri príležitosti Dňa baníkov a geológov a i.).

Dr. Ján Pristaš, CSc., sa celoživotnou odbornou prácou pričínal o rozvoj kvartérnej geológie Slovenska. Získané vedomosti postupne odovzdával mladšej generácii kvartérnych geológov.

Na jubilantovi si ceníme jeho priateľskú povahu a ochotu pomôcť. Bol a zostal dobroprajným človekom, v ktorého prítomnosti sme sa po celé tie roky vzájomnej spolupráce cítili veľmi dobre. Teraz pri oslave jeho životného jubilea mu my, jeho spolupracovníci, ale aj priatelia a známi prajeme dobré zdravie, pohodu v rodine, radosť z vnukov a dobrú úrodu v záhrade, ktorej sa usilovne a s láskou venuje.

Michal Elečko a Juraj Maglay

Hydrogeologická štruktúra minerálnych vôd v Korytnici

ONDREJ FRANKO¹, ANTON BIELY², GABRIELA VANDROVÁ³, MILENA FRLIČKOVÁ⁴ a IVAN ZVARA⁵

¹Šalviová 48, 821 01 Bratislava

²Grasalkovičova 1, 900 28 Ivanka pri Dunaji

³Geospektrum, s. r. o., Mliekarenská 10, 837 52 Bratislava

⁴INGEO, a. s., Bytčická 16, 010 01 Žilina

⁵Esprit, s. r. o., Pletiariska 2, 969 00 Banská Štiavnica

Venované nedožitej sedemdesiatke K. Malatinského

Abstract. In the paper the results achieved by reevaluating of existing protection zones of curative mineral waters in Korytnica are assessed. Among the main results a new view of the hydrogeological structure of these waters and stages of their chemical composition formation belongs. According to this knowledge new protection zones are delimited.

Key words: history, hydrogeological structure, resources of mineral waters (MW), origin and genesis of MW, protective zones of MW

Úvod

Na máloktovej lokalite geológovia a hydrogeológovia urobili toľko technických prác ako v Korytnici. Bez pozorovacích vrtov sa v r. 1941 – 2001 realizovalo 29 hydrogeologických vrtov (obr. 1). Z týchto vrtov 9 urobil D. Andrusov v roku 1941 – 1942, 1 J. Litva v r. 1989, 9 G. Vandrová v r. 1992 – 1998 a 1 v r. 2001. Z 20 vrtov realizovaných v r. 1969 – 2001 len 2 vrty sú natoľko pozitívne, že slúžia ako exploatačné. Svedčí to o zložitom prostredí kolektorov týchto vôd vo výverovej oblasti.

Preskúmanosť

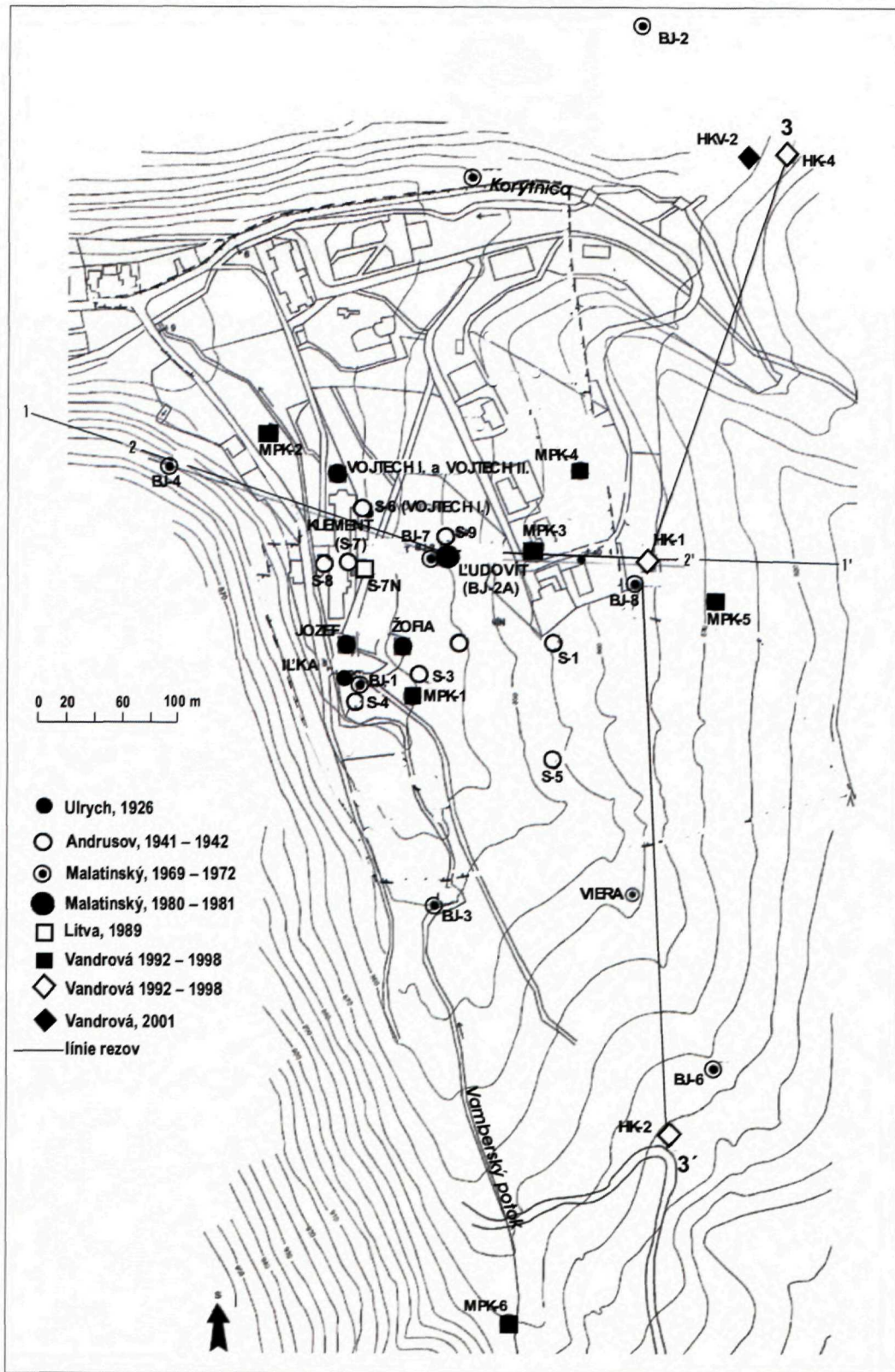
Ak si odmyslíme zmienky o histórii kúpeľov, tak o chemickom zložení vôd sa prvý zdieľuje Wachtel (1859) a druhý je Ulrych (1926). Wachtel opisuje chemické zloženie 4 zdrojov (František, Jozef, Žofia a Vojtech) a Ulrych chemické zloženie zdrojov Vojtech, Žofia, Jozef a Il'ka (obr. 1). Podľa Ulrycha patria do skupiny železato-zemitých kyseliek. Po porovnaní rozborov s rozborami uvedenými v *Balneografii Slovenska* (Hensel, 1951) je možné povedať, že rozborov vôd zdrojov Jozef a Il'ka pochádzajú od Hauera (1860) a zdrojov Vojtech a Žofia od Veselého (1932).

Základným dielom poznania geologických pomerov v Korytnici a jej okolí sú práce Matějku (1927 a 1931) spolu s geologickou mapou 1 : 50 000. Na mape sú vyčlenené litostratigrafické jednotky, ktoré sú súčasťou tatrika, fatrika (spodný subtatranský príkrov) a hronika (stredný a vrchný subtatranský príkrov). Kontúry mapovaných jednotiek zreteľne ukazujú úložné pomery tektonických jednotiek, ale aj ich vnútornú štruktúru. Napríklad špeciálnou linkou neoznačený, ale zreteľne identifikovateľný je popríkrovový s.-j. zlom uprostred mezozoika krížňan-

ského príkrovu (fatrika). Medzi hrebeňmi Fedorka a Baba má priamočiary priebeh. Vzhľadom na morfológiu terénu to indikuje jeho subvertikálny priebeh. Prinajmenej priestorová spojitosť tejto poruchy s vývermi minerálnych vôd bola a je evidentná (obr. 2). Minerálne vody získavajú svoju mineralizáciu rozpúšťaním karbonátových hornín fatrika a jeho tektonického podložia, tvoreného nízkotatranskou zónou. V práci sú uvedené chemické analýzy 4 prameňov (Vojtech, Žofia, Jozef a Il'ka), ktoré urobil Hankó a prepočítal M. V. Veselý. Celková mineralizácia vôd (CMV) sa pohybuje v rozmedzí 2,94 – 3,67 g · l⁻¹ a obsah CO₂ v rozmedzí 1,30 – 1,38 g · l⁻¹. Vody sú studené (10 – 12 °C), Ca–Mg–SO₄–HCO₃ typu.

V rokoch 1941 – 1942 na objednávku Robotníckej a sociálnej spoločnosti v Bratislave firma Rumpel, úč. spoloč., realizovala v kúpeľoch 9 sond (S-1 až S-9). Práce riadili a vyhodnocovali najmä Andrusov (1942) a Fabián (1942). V najkomplexnejšej správe Andrusov (1942) posudzuje vrty 3, 5, 6 a 7 a zovšeobecňuje získané poznatky aj zo sond 1, 2 a 4 (sondy 8 a 9 ešte neboli skončené). Andrusov vrty pôvodne projektoval do hĺbky 10,0 až 20,0 m. Po prvých výsledkoch však boli vrtané až do 40,0 m (tab. 1).

Okrem sond S-1 a S-5 všetky ostatné sondy boli situované v blízkosti prírodných prameňov (obr. 1). Andrusov získané poznatky v hlavných črtách zovšeobecnil: „*Bol taktó predpoklad, že plytké vrty ovplyvnia existujúce zdroje, čo by poukazovalo na existenciu široko otvorených puklín v podloží pokryvných útvarov. Tento predpoklad sa nepotvrdil. Ukázalo sa, že horniny, v ktorých voda pri povrchu cirkuluje sú hlavne dolomity. Tieto sú pravda rozpučkané, prípadne pri horotvorných pochodoch aj celkom rozdrvené, ale tieto pukliny nie sú v žiadnom prípade široko otvorené. Sondy realizované pri najvýdatnejšom prameni Žofka, nemajú naň žiaden vplyv. Ukázalo sa tiež, že v povrchovom pásme v skalnom podklade je vody málo a že vodonosnosť pokryvných útvarov je celkom nepatrná. Sondy ukazujú, že minerálna voda cirkuluje hlavne v dolomitoch, kde sú miestami zreteľné stopy skremenenia a žilky sadrovca. Tieto žilky sú však aj v bridliciach v podloží dolomitov. Preto treba pripustiť, že voda cirkuluje aj v puklinách vo verfenských bridliciach. Sadrovec pochádza z vložiek sadrovca vo verfenských bridliciach, pričom je pravdepodobné, že sadrovcové šošovky sa niekde nachádzajú vo väčších hĺbkach pod povrchom. Aj keď vrty boli*

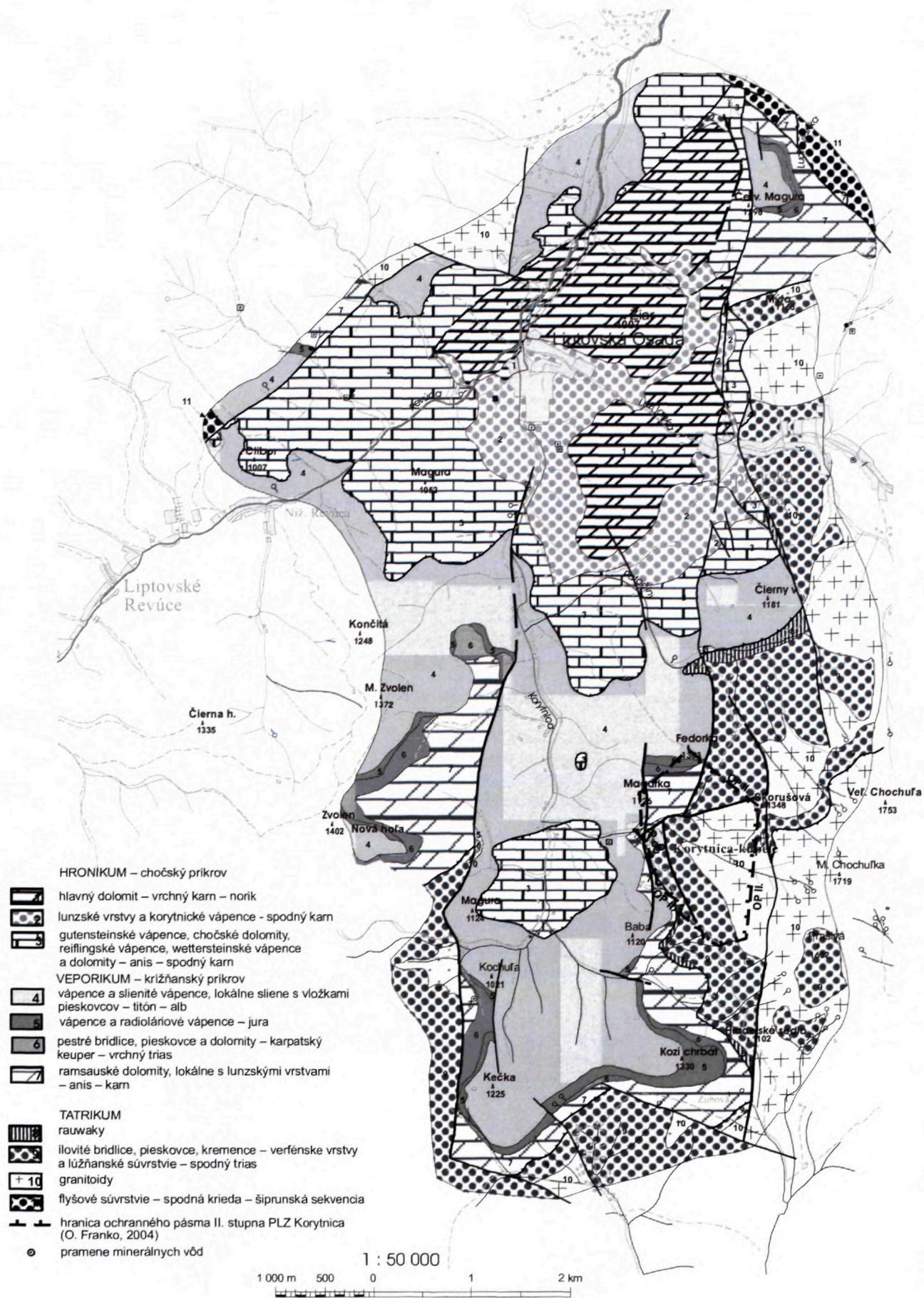


Obr. 1 Zdroje minerálnych vôd a vrtov v Korytnici (Franko, 2004)

realizované do väčších hĺbok nepodarilo sa zistiť, v ktorom útvare voda cirkuluje vo väčšom množstve a v ktorom by mala byť zachytená. V doteraz dosiahnutých hĺbkach je málo vody a ani z dolomitov nenastal väčší prítok.“

V rokoch 1954 – 1955 boli niektoré pramene a vrtov odborné zachytené a povrchovo upravené (firma Rum-

pel). Pôvodný prameň Vojtech bol zachytený vrtom hlbokým 17,86 m a označený ako Vojtech I. Vojtech II. je vlastne zaniknutý prameň Garibaldi, ktorý bol oživený vrtom S-6 hlbokým 35,0 m. Vrt Vojtech II. bol vystrojený a voda z neho je odvedená potrubím v dĺžke 35,0 m do medzikružia vrtu Vojtech I. Prameň Jozef bol zachytený vrtom hlbokým 25,0 m. Nakoniec boli vystrojené



Obr. 2 Tektonická schéma Korytnickej priekopy (A. Biely, 2004)

Tab. 1 Údaje z vrtov realizovaných v r. 1941 – 1942 v Korytnici (Franko, 2004)¹

Číslo sondy	Hĺbka (m)	Kolektor (m)	Prítok vody (m)	Hladina vody – pod terén. + nad terén.	Čerpací pokus (počet dní)	Výdatnosť (l/min.)	Počet chem. rozborov vôd
S-1	40,15	4,0 – 30,7 verfén – ílovité bridlice 30,7 – 40,15 pevný dolomit	24,5 34,7	-13,1 -15,48	?	?	-
S-2	29,90 ²	6,8 – 29,9 rozdrvený dolomit	15,1	-3,40	22	15	6
S-3	40,15	1,7 – 27,0 pevný a porušený dolomit 27,0 – 40,15 ílovité bridlice	12,25 35,1	-2,16	-	cca 6 (preliv)	-
S-4	25,0	3,1 – 15,4 rozložený a pevný dolomit 15,4 – 16,1 bridlice, kremence s vložkami pevného dolomitu 16,5 – 25,0 rozdrvený a pevný dolomit	9,50	-2,20	13	0,066	2
S-5	41,30	10,0 – 39,8 ílovité bridlice 39,8 – 41,3 pevný dolomit	12,5	-1,67	-	-	-
S-6	35,00	3,2 – 29,6 porušený dolomit 29,6 – 35,0 ílovité bridlice	6,9 23,3	-0,48	21	4	8
S-7	26,40	5,0 – 12,5 porušený, nižšie pevný dolomit 12,5 – 26,4 ílovité bridlice	17,6	-0,30	40	30	4
S-8	34,50	5,3 – 21,1 dolomit 21,1 – 34,5 ílovité bridlice	11,8	-	-	-	-
S-9	40,60	8,1 – 19,8 ílovité bridlice 19,8 – 40,6 dolomit	8,4 22,8	-	-	-	-
prameň Vojtech	17,86	8,7 – 10,0 ílovité bridlice 10,0 – 16,3 dolomit, rozdrvený dolomit 16,3 – 17,0 ílovité bridlice 17,0 – 17,86 dolomit s vložkami bridlic	17,86	+0,07	krátkodobá ?	?	14

¹ Údaje sú z posudkov Andrusova a Fabiána z roku 1941 – 1942. ² Pôvodná hĺbka 41,15 m.

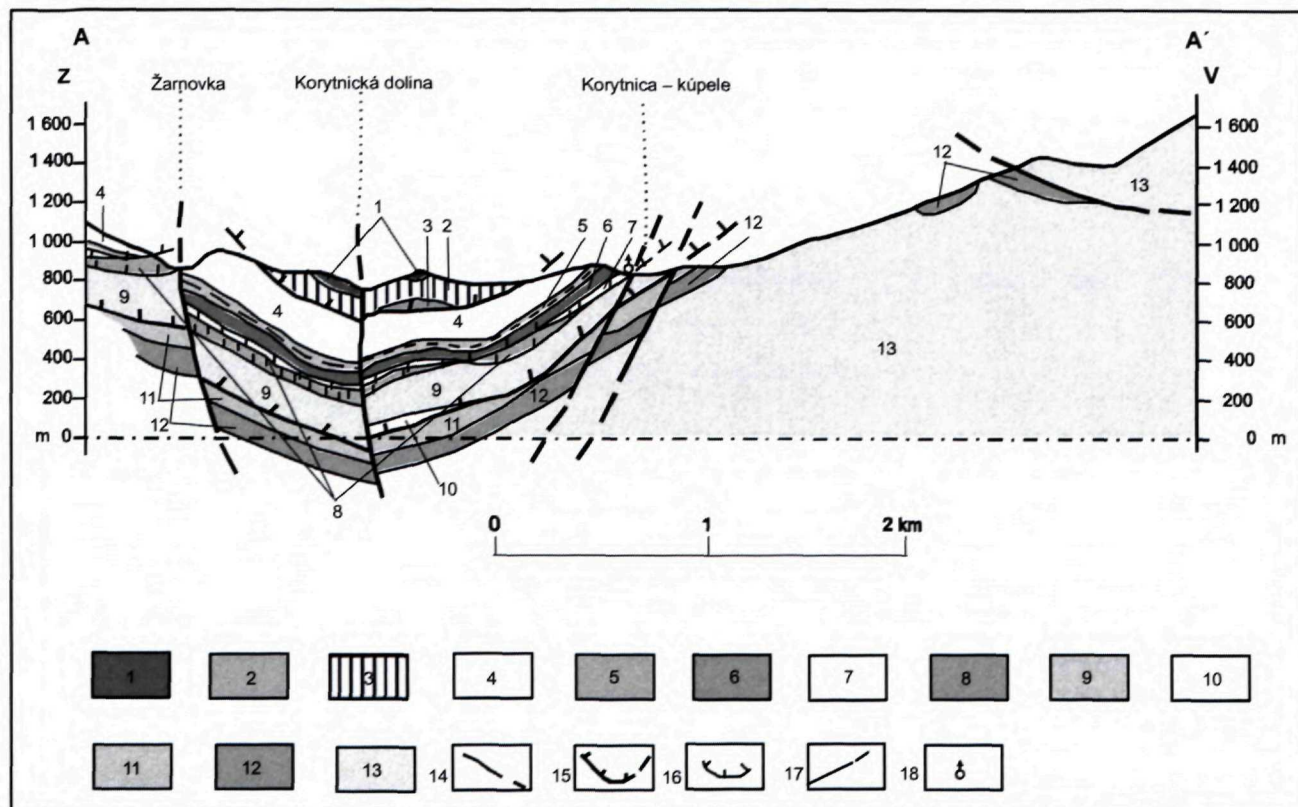
sondy S-2 (Antonín, hĺbka 41,15 m) a S-7 (Klement, hĺbka 26,4 m). V roku 1981 podľa výsledkov prieskumného vrtu BJ-2 (Malatinský, 1973) sa zrealizoval exploatačný vrt BJ-2A (Malatinský, 1981). Prieskumné vrty HK-1, HK-2 a HK-4 sa realizovali v r. 1992 – 1998 (Vandrová et al., 1999). Podľa výsledkov vrtu HK-4 bol v r. 2001 vybudovaný exploatačný vrt HKV-2 (Vandrová a Frličková, 2001).

Hydrogeologická štruktúra

Hydrogeologickú štruktúru minerálnej vody v Korytnici spolu s ochrannými pásmami na základe výsledkov Malatinského (1973), Vandrovej et al. (1999) a Vandrovej a Frličkovej (2001) prehodnotili Franko et al. (2004). Korytnica a jej širšie okolie (obr. 2) je znázornená na tektonickej schéme 1 : 50 000 (Biely et al., 1992, 1997; Biely in Franko et al., 2004). Revúcku popaleogénnu synklinálnu zónu (Matějka, 1931) na Z od popaleogénnej antiklinály Veľkej Fatry oddeľuje revúcky zlom a na V od popaleogénnej antiklinály Nizkých Tatier systém kulisovite usporiadaných zlomov. Revúcky zlom je zhruba paralelný s riečkou Revúca od Ružomberka až po Vyšnú Revúcu, kde sa stráca v masíve Šturca. Východný zlom prebieha cez Hiadeľské sedlo smerom na Skorušinu a Liptovskú Lužnú. V tejto synklinálnej zóne je úzke depresné pásmo Korytničky, ktoré je na V ohraničené zlomom Hiadeľské sedlo – Skorušová a na Z zlomom Magurka – Baba (obr. 2, 3). Hydrogeologická štruktúra má všetky 3 oblasti (Franko et al., 1975).

Výverová oblasť

Ako už uviedol Matějka, vývery minerálnych vôd sa viažu na s.-j. zlom Vamberského potoka (Magurka – Baba), na ktorom sú prirodzené pramene Vojtech I., Vojtech II. (Garibaldi), Jozef, Il'ka a Žofia. Tak ako inde, aj tu sa vývery viažu na krížovanie tohto priečneho zlomu s pozdĺžnym zlomom z.-v. smeru potoka Korytnica. Pramene minerálnych vôd sú rozšírené pozdĺž Vamberského potoka (s.-j. zlomu), resp. pozdĺž najnižšej erozívnej bázy. V mieste krížovania zlomov je najvýraznejšia geotermická anomália (Vandrová et al., 1999). Súbežne s uvedeným priečnym zlomom s.-j. smeru prebieha v depresnom pásme Korytničky menej výrazný zlom (obr. 2). Overili ho vrty HK-1 a HK-2 (obr. 4, 5). Pri ďalšom hodnotení rozsahu výverovej oblasti sa opierame o chemické zloženie minerálnych vôd. Ako vidieť zo situácie zdrojov (obr. 1) a hydrogeologického rezu (obr. 4), zhruba na úrovni prameňa Žofia je exploatačný vrt BJ-2A (Ludovít). Vrt má ten istý typ vody ako prirodzené pramene a sonda S-7 (Klement). Sú to vody Ca–Mg–SO₄ typu [S₂(SO₄) = 55 až 80 %] s CMV 1,40 – 3,60 g · l⁻¹. Vo vrte HK-1 (obr. 4, 6) je voda Ca–Mg–HCO₃ typu (A₂ = 81 %) s CMV 0,8 g · l⁻¹ (Vandrová et al., 1999). Podobne v sonde S-2 (Antonín) je voda na rozhraní uvedených typov [S₂(SO₄) = 51,64 % a A₂ = 48,23 %]. Z toho a z obr. 4 vidieť, že výverová oblasť [vody typu S₂(SO₄) > 50 %] sa viaže na **korytnic-kú formáciu ílovitých bridlic a evaporitov** (sadrovce, anhydrit a dolomit). Táto evaporitová formácia predstavuje najvyššiu časť verfénkových vrstiev tatrika, pričom



Obr. 3 Geologický rez korytnickou priekopou (Bujnovský, 1986)

MEZOZOIKUM: Chočský príkrov (bielovážska sekvencia) trias: 1 – vT2a-1 – reiflinské vápence, 2 – dT2a2 – ramsauské dolomity, 3 – T2a1 – gutensteinské vápence a dolomity. **Krížňanský príkrov** (zliechovská sekvencia) jura – krieda: 4 – vsK1b2-h – slienité vápence a sliene, 5 – vJ3o-t1 – aptychové a sakokómové vápence, 6 – vrJ2a-k – kremité rádioláriové vápence a rádiolarity, 7 – J11-t – pestré kalové vápence, 8 – pbdT3 – karpatský keuper, 9 – T2-3l-k – ramsauské dolomity, 10 – vT2a – gutensteinské vápence a dolomity. **Krížňanský príkrov (donovalská sekvencia) trias:** 11 – bpT1 – verfénske vrstvy, 12 – qzbT1 – lúžňanské súvrstvie – kremence

KRYŠTALINIKUM: 13 – $\gamma\delta\rho$ – granodiority a granity, prašivský typ, 14 – hranice hornín, 15 – presunové línie, 16 – presunové línie druhého rádu, 17 – zlomy, 18 – pramene s prírodnou minerálnou vodou

látkovým zložením je blízka niektorým častiam karpatského keuperu v okolí Banskej Bystrice (Biely in Franko et al., 2004). Karpatský keuper vystupuje na povrch aj západne blízko prameňov minerálnych vôd. Vody typu Ca–Mg–HCO₃ (prieskumný vrt HK-1) sa viažu na podložné **verfénske vrstvy** tvorené ílovitými bridlicami s vložkami pieskocov a dolomitov. V exploatačnom vrte HKV-2 (realizovaný podľa výsledkov prieskumného vrtu HK-4) situovanom na SV od prirodzených výverov (obr. 1) je v úseku 32,7 – 105,0 m taktiež minerálna voda s S₂(SO₄) asi 85 % a CMV 2,47 g · l⁻¹. V prieskumnom vrte HK-4 v najhlbšom úseku (152,0 – 263,0 m) je tiež voda s A₂ asi 65 % a CMV asi 0,8 g · l⁻¹. V oboch litologicko-stratigrafických súvrstviach sú ílovité bridlice mylonitizované a dolomity sú tektonicky rozrušené na dolomitický piesok, múčku až ílovitú hmotu.

Výverovú oblasť na povrchu budujú kvartérne hliny a sutiny, hrubé prevažne 3,0 – 8,0 m. Pod nimi je korytnická evaporitová formácia verfénu tatrika, hrubá 20,0 až 120,0 m. V jej podloží sú verfénske vrstvy, hrubé 80 až 100 m. Na báze verfénu sú **lúžňanské vrstvy** tvorené kremitými pieskocami a kremencami, hrubými asi 40 m. Lúžňanské vrstvy ležia na **kryštaliniku** – granitoch Prašivej. Koeficienty prietochnosti kolektorov sú uvedené

v tab. 2. Pretože prietochnosť ílovitých bridlic je veľmi nízka, ide skôr o poloizolátory s puklinovou prietochnosťou (mylonitizované zóny). Puklinovú priepustnosť majú aj lúžňanské pieskovce a granity.

Tranzitno-akumulačná oblasť

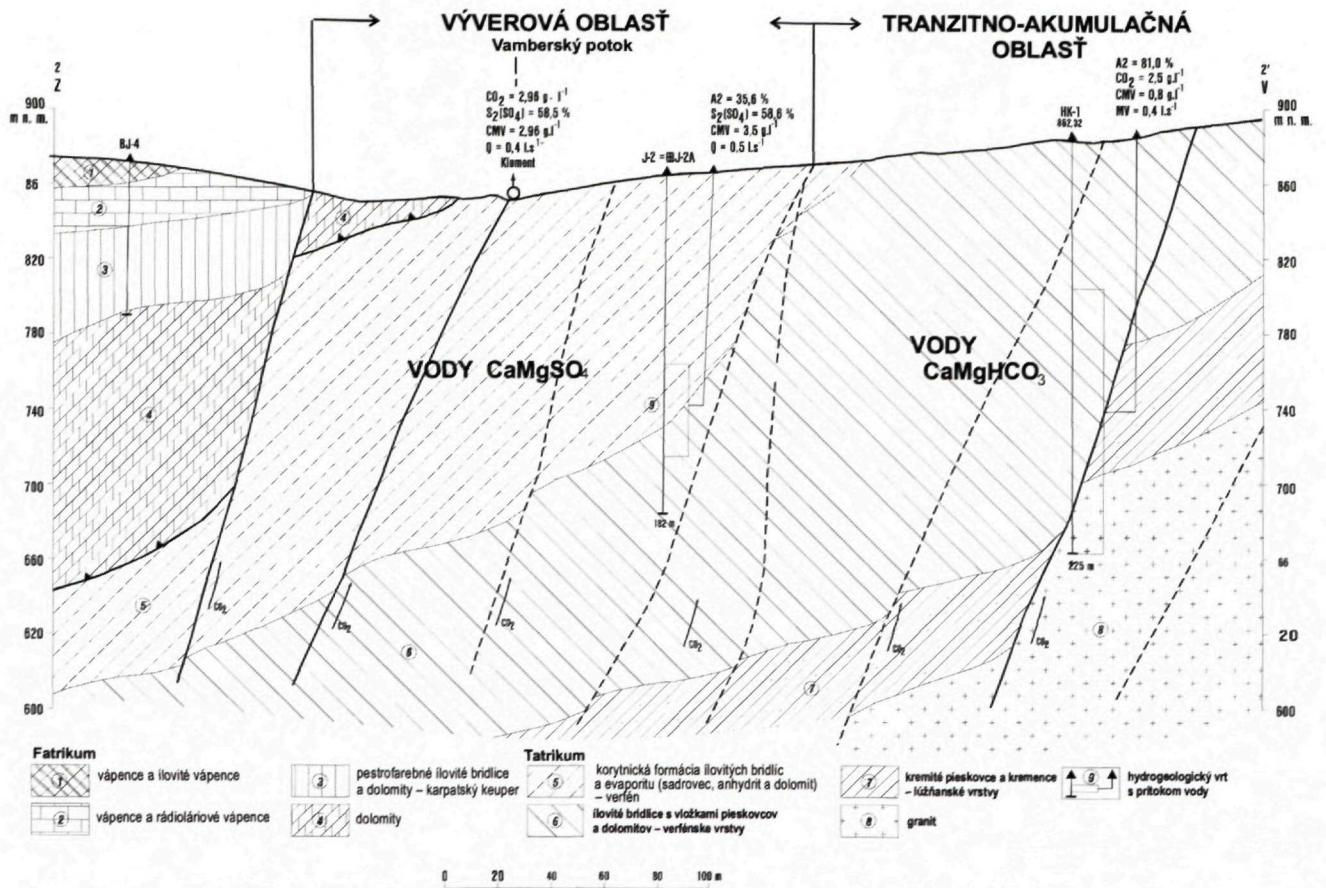
Ako sme už uviedli, vody Ca–Mg–HCO₃ typu (A₂ = 81 %) s CMV 0,8 g · l⁻¹ sa viažu na verfénske vrstvy (vrt HK-1). Vody tohto typu sa menia na typ Ca–Mg–SO₄ až v korytnickej evaporitovej formácii (vrt BJ-2A; obr. 4). Ako vidieť na obr. 4 a 5, táto oblasť sa rozprestiera medzi predpokladanými zlomami východne od vrtu BJ-2A až po styk verfénnych vrstiev s kryštalinikom.

Infiltračná oblasť

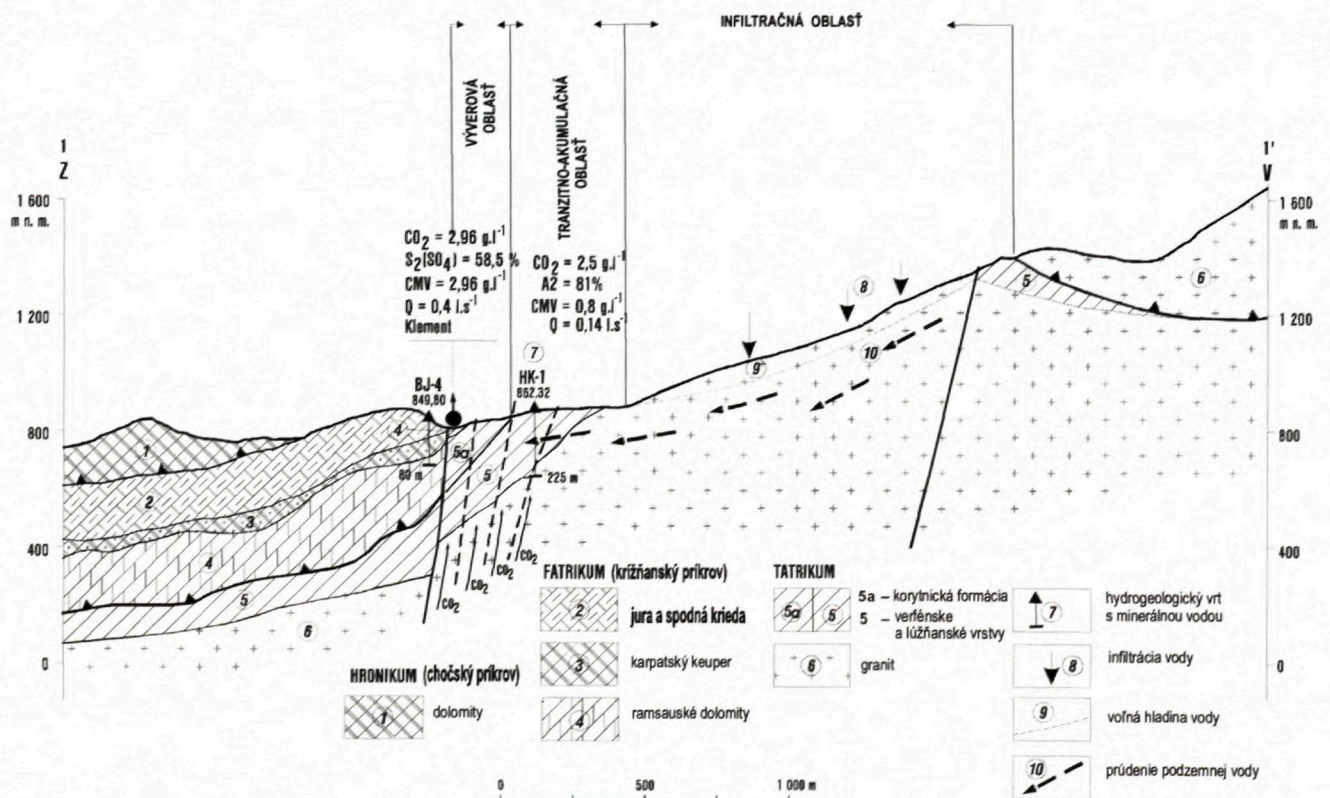
Infiltračná oblasť sa viaže na západné svahy Prašivej, budovanej kryštalinikom a lúžňanskými vrstvami (obr. 5).

Zdroje minerálnych vôd

Zdroje minerálnych vôd dnes predstavuje 6 prieskumných vrtov, ktoré realizoval Andrusov v rokoch 1941 až



Obr. 4 Hydrogeologický rez výverovou a tranzitno-akumulačnou oblasťou minerálnych vôd v Korytnici (Biely – Franko, 2004; Vandrová et al., 1999)



Obr. 5 Schematický hydrogeologický rez výverovo-infiltračnou oblasťou minerálnych vôd v Korytnici (Biely – Franko, 2004; Vandrová et al., 1999)

Tab. 2 Hodnoty koeficientu prietochnosti – T ($m^2 \cdot s^{-1}$); (Franko, 2005)¹

KOLEKTORY				
Korytnická evaporitová formácia	Verfénske vrstvy	Verfénske vrstvy, granit	Lúžňanské vrstvy	Lúžňanské vrstvy, granit
$1,04 \cdot 10^{-5}$ $5,05 \cdot 10^{-6}$ $\bar{X}(n=4) = 1,98 \cdot 10^{-6}$	$4,11 - 4,4 \cdot 10^{-5}$	$8,23 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$

¹ Údaje sú z prieskumných vrtov MPK-1, 2, 5; S-7N; HK-1, 2, 4 (Vandrova et al., 1999)

Tab. 3 Technické údaje o zdrojoch minerálnej vody v Korytnici (Vandrova a Frličková, 2004)

Zdroj	Reg. číslo	Rok vybudovania	Hĺbka (m)	Druh výstroja (m)	Hĺbka výstroja (m)	Perforácia (m)	Poznámka
Vojtech I.	LM-40	1942 1954 – 1955 nová úprava	17,86	oceľová pažnica \varnothing 100 mm			– zdroje sa v súčasnosti nevyužívajú
Vojtech II., S-6	LM-40A	1942 1954 – 1955 nová úprava	35,0	oceľová pažnica \varnothing 200 mm	6,0		
Jozef	LM-37	1954 – 1955 nová úprava	25,0	preglejka \varnothing 50 mm oceľová pažnica \varnothing 300 mm drevený listový filter \varnothing 260 mm pažnica zo skla \varnothing 100 mm	0,0 – 9,0 6,0 – 15,0 15,0 – 25,0	15,0 – 25,0	
Žofia	LM-41			kameninová rúra \varnothing 80 cm (kopaná studňa)			
Antonín (Svätozár), S-2	LM-38	1942 1954 – 1955 nová úprava 2002 – rekonštrukcia	29,9 41,15	sklenené potrubie \varnothing 80 mm	neznáma	15,7 – 27,5	
Ludovít, BJ-2A	LM-167	1981	172,80	oceľové rúry \varnothing 159 mm oceľové rúry \varnothing 108 mm	+0,40 – 41,0 37,0 – 167,0	102,50 – 155,0	– na plnenie do spotrebiteľského balenia v plniarni minerálnej vody – čerpaním
Klement, S-7	LM-39	1941 – 1942 1954 – 1955 nová úprava	26,4		18,0	17,0 – 36,0	
Fedorka, HKV-2	LM-145	2001	105,0	LPE rúry \varnothing 160 mm LPE rúry \varnothing 110 mm	+0,20 – 32,7 32,7 – 105,0	52,0 – 102,0	– nevyužíva sa

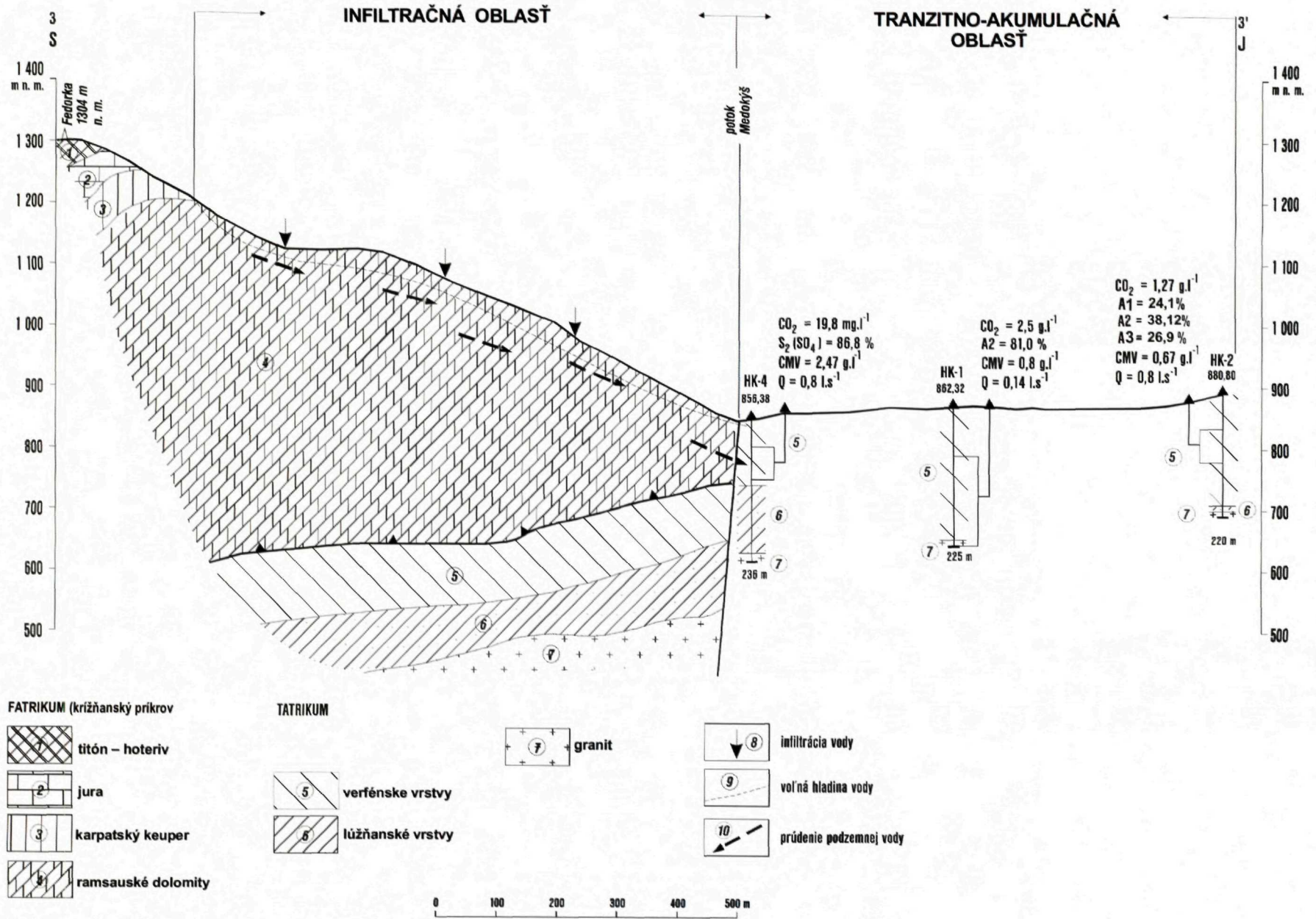
Tab. 4 Výdatnosť zdrojov minerálnych vôd v Korytnici z roku 1947 (Franko, 2004)

Zdroj	Výdatnosť ($l \cdot s^{-1}$)				ΣQ ($l \cdot s^{-1}$)
	Vojtech	Jozef	Iľka	Žofka	
	0,20	0,12	0,08	0,06	0,46

Tab. 5 Výdatnosť zdrojov MV v Korytnici (Franko, 2004 podľa Vandrovej et al., 1999)

Zdroj	Mesačné priemery ($l \cdot s^{-1}$) za obdobie III. 1970 – VIII. 1997		
	minimum	maximum	priemer
Vojtech I.	0,019 5	0,026	0,012 5
Vojtech II. (vrt S-6)	0,08	0,28	0,18
Jozef	0,015	0,076	0,042
Klement (vrt S-7)	0,054	0,044	0,278
Žofia	0,015 5	0,119	0,015 4
Antonín (vrt S-2)	0,011	0,14	0,075
Ludovít (vrt BJ-2A)	stála výdatnosť (r. 1993 – 1997)		0,918
Celková výdatnosť zdrojov MV:	1,52 ($l \cdot s^{-1}$)		

Obr. 6 Hydrogeologický rez Fedorka – vrt HK-2 (Biely a Franko, 2004)



1942 a upravil Zelinka v r. 1954 – 1955. K nim pribudli 2 nové exploatačné vrty, a to BJ-2A z r. 1981 a HKV-2 z r. 2001 (tab. 3). Prvé hodnoverné údaje o výdatnosti zdrojov sú uvedené v *Balneografii Slovenska* (Hensel, 1951). V roku 1947 ich namerál SHMÚ Bratislava (tab. 4).

Exploatačný vrt BJ-2A sa realizoval na základe výsledkov prieskumného vrtu BJ-2, hlbokého 182 m. Z neho po dosiahnutí hĺbky 157,0 m nastali erupcie pochádzajúce z mylonitizovaných verfenských vrstiev. Množstvo vody vytečené počas erupcií prepočítané na plynulý preliv sa pohybovalo v rozmedzí 0,43 – 0,50 l · s⁻¹. Vrt BJ-2A je hlboký 172,8 m. Voda je zachytená v úseku 102,5 až 155,0 m (obr. 7). Voda priteká z mylonitizovanej korytnickej formácie a verfenských vrstiev. Počas trojmesačnej prelivovej skúšky bola výdatnosť 0,5 l · s⁻¹. Celková výdatnosť zdrojov (bez zdroja Antonín) dosiahla 68,8 l · min⁻¹.

Exploatačný vrt HKV-2 sa realizoval na základe výsledkov prieskumného vrtu HK-4, hlbokého 236,0 m (tab. 3, 8). Vo vrte sa skúšali 3 úseky v hĺbke 50,0 – 100,0 m, 100,0 – 152,0 m a 152,0 – 236,0 m. Najvyššia výdatnosť, 1,5 l · s⁻¹ pri znížení 5,0 m, sa zistila z posledného úseku. Vrt HKV-2 je hlboký 105,0 m. Voda je zachytená v úseku 52,0 – 102,0 m (obr. 8). Voda priteká z mylonitizovaných verfenských vrstiev. Od r. 2001 sa z vrtu prelieva 1,2 l · s⁻¹ minerálnej vody.

Nakoniec treba spomenúť zdroj Antonín (sonda S-2). Pôvodná hĺbka vrtu z r. 1942 bola 41,15 m. Pre neodborné zabudovanie vrtu sonda bola prevrtaná, ale už len do hĺbky 29,9 m (tab. 1, 3). Kvôli priaznivým výsledkom bola v r. 2001 rekonštruovaná (Vandrová a Tomana, 2002). Znova bola prevrtaná do pôvodnej hĺbky 41,05 m a vystrojila sa rúrami do 29,5 m s perforáciou v hĺbke 10,0 – 27,0 m. Voda priteká z porušených dolomitov. Podľa výsledkov 40-dňovej čerpacej skúšky sa odporúča z vrtu odoberať 0,4 l · s⁻¹ minerálnych vôd.

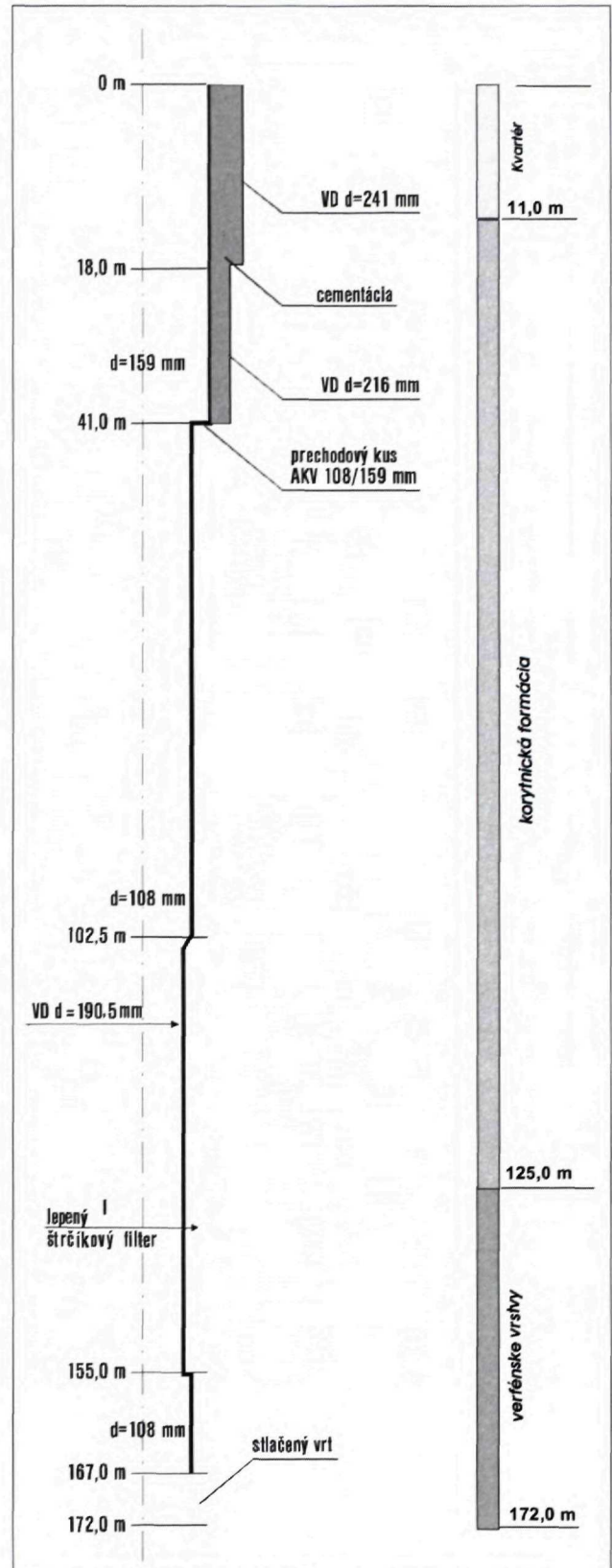
V decembri 2003 až marci 2004 sa na zdrojoch BJ-2A a S-7 realizovala spoločná poloprevádzková hydrodynamická skúška (Vandrová a Bergerová, 2004). Podľa jej výsledkov je možné z prvého vrtu odoberať 0,8 l · s⁻¹ a z druhého 0,35 l · s⁻¹ minerálnych vôd.

Priemerná výdatnosť uvedených zdrojov minerálnych vôd za obdobie 1970 – 1997 je 0,6 l · s⁻¹ a spolu so zdrojom Ľudovít meraným v období 1993 – 1997 je 1,52 l · s⁻¹ (tab. 5). Ak v prípade zdroja Antonín zoberieme odporúčaných 0,4 l/s namiesto 0,075 l · s⁻¹, potom je to spolu 1,84 l · s⁻¹. Odporúčaná výdatnosť 3 najproduktívnejších vrtov s uhličitými vodami je v tab. 6. Ich celková výdatnosť je 1,55 l · s⁻¹. Toto množstvo, resp. zaokrúhlené na 1,6 l · s⁻¹, sa odporúča odoberať predbežne zo zdrojov Klement a Ľudovít, už zabezpečených monitorovacím systémom.

Uvedených 1,6 l · s⁻¹ minerálnych vôd považujeme za využiteľné množstvo kategórie B pre plniareň EURO-MINERÁL, s. r. o.

Pôvod a tvorba vôd

Minerálne vody v Korytnici z hľadiska izotopového zloženia skúmali Michalko a Malík (1997) in Vandrová et al. (1999). Priemerné body izotopov kyslíka a vodíka



Obr. 7 Vystrojenie vrtu BJ-2A (Malatinský, 1973)

minerálnych vôd zo zdrojov Žofia, Vojtech I., Vojtech II. a prieskumného vrtu HK-4 (I. horizont), HK-4 (II. horizont) a HK-4 (III. horizont) zhruba sledujú globálnu priamku meteorickej vody (GMWL). Svedčí to o ich me-

Tab. 6 Výdatnosť troch najproduktívnejších zdrojov (Franko, 2004)

Zdroj	Klement (vrt S-7)	Ľudovít (vrt BJ-2A)	Antonín (vrt S-2)	$\Sigma Q (l \cdot s^{-1})$
$l \cdot s^{-1}$	0,35	0,8	0,4	1,55

Tab. 7 Údaje o izotopoch minerálnych vôd v Korytnici (Michalko a Malík, 1997)

Zdroj	$\delta^{18}O$ H ₂ O	δD H ₂ O	$\delta^{34}SO_4$	$\delta^{13}C$ DIC	$\delta^{13}C$ (PDB) ¹
	dátum odberu 5. 10. 1994				
Vojtech I.	-10,24	-71,03	26,67	-	-
Vojtech II. (vrt S-6)	-10,21	-10,21	-	-	-
Žofia	-10,30	-70,67	-26,33	-5,74	-3,9
Jozef	-	-	-	-	-3,9
HK-4 (I.)	-10,49	-74,49	-26,80	-4,71	-
HK-4 (II.)	-10,36	-71,01	26,02	-	-
HK-4 (III.)	-10,40	-71,89	-	-	-

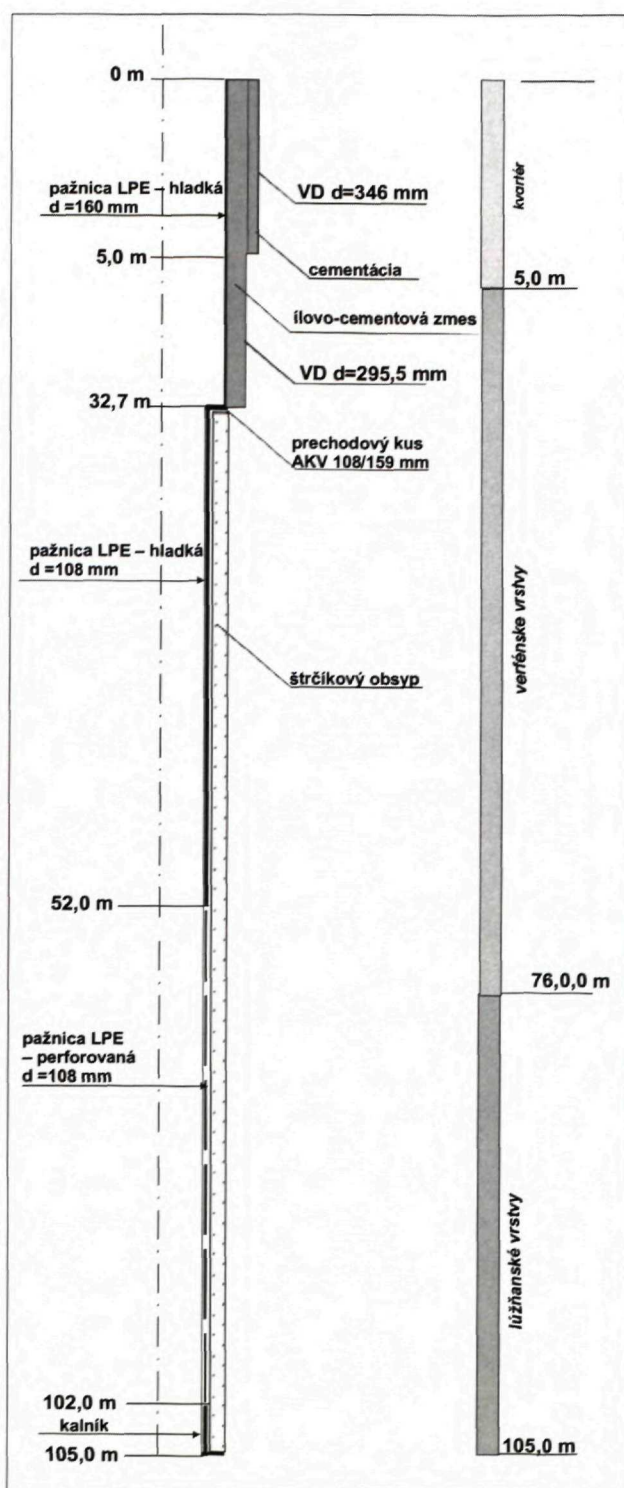
¹J. Cornides a Á. Kecskés (1982)

teorickom pôvode (obr. 9). Javia sa na nich dôsledky výmeny izotopov kyslíka vody s ťažkým kyslíkom karbonátov (tzv. oxygén schift). Preto ich pokladáme za vody, ktoré pravdepodobne infiltrovali v minulosti. Klago (1976) udáva vek vody zo zdroja Žofia a Vojtech II. podľa trícia (³H) na 13 – 14 (15 – 17) rokov. Z hľadiska izotopového zloženia síry všetka sulfatická síra prítomná vo vodách (Žofia, Vojtech I., I. a II. horizont vo vrte HK-4) pochádza výlučne z morských sedimentov verfénskeho veku ($\delta^{34}S = 26,02 - 26,8 \text{ ‰}$). Z hľadiska izotopového zloženia celkového anorganického uhlíka vody predstavujú dobre vyvinutý systém, ktorý bol pravdepodobne podrobený viacstupňovým procesom v dôsledku interakcie voda – hornina. Podieľalo sa na nich nielen rozpúšťanie a opätovné zrážanie kalcitu a dolomitu, ale aj sadrovca (tab. 7).

Výsledky výpočtov hydrodynamickej analýzy systémov živce – voda, ílové minerály – voda potvrdzujú, že pri formovaní chemického zloženia minerálnych vôd sa uplatňuje hydrolytický rozklad silikátov. Zo stabilných diagramov $Na_2O-H_2O-Al_2O_3-SiO_2$ a $K_2O-H_2O-Al_2O_3-SiO_2$ je zrejme, že všetky body v stabilnom diagrame ležia v poli kaolinitu (obr. 10). Znamená to, že vody nie sú v rovnováhe s pôvodnými rozkladajúcimi sa silikátovými minerálmi, ale s kaolinitom ako konečným produktom rozkladu silikátových minerálov.

Z vypočítaných hodnôt nerovnovážnych indexov Kc (systém kalcit – voda), Kd (systém dolomit – voda) a Ks (systém sadrovec – voda) je zrejme, že voda zo zdrojov Vojtech I., Vojtech II., Klement, Ľudovít, Jozef, Žofia a I. horizont z vrtu HK-4 vykazujú nasýtenie až presýtenie vo vzťahu k sadrovcu a kalcitu a nedosýtenie vo vzťahu k dolomitu. Vody z II. a III. horizontu z vrtu HK-4, vrtov HK-1 a HK-2 sú nedosýtené vo vzťahu ku kalcitu, dolomitu aj sadrovcu.

Tvorba chemického zloženia vody sa odohráva v 3 etapách [tab. 8; Malatinský (1976) udáva 2 etapy]. V 1. etape meteorická voda infiltruje do granitoidov Prašivej



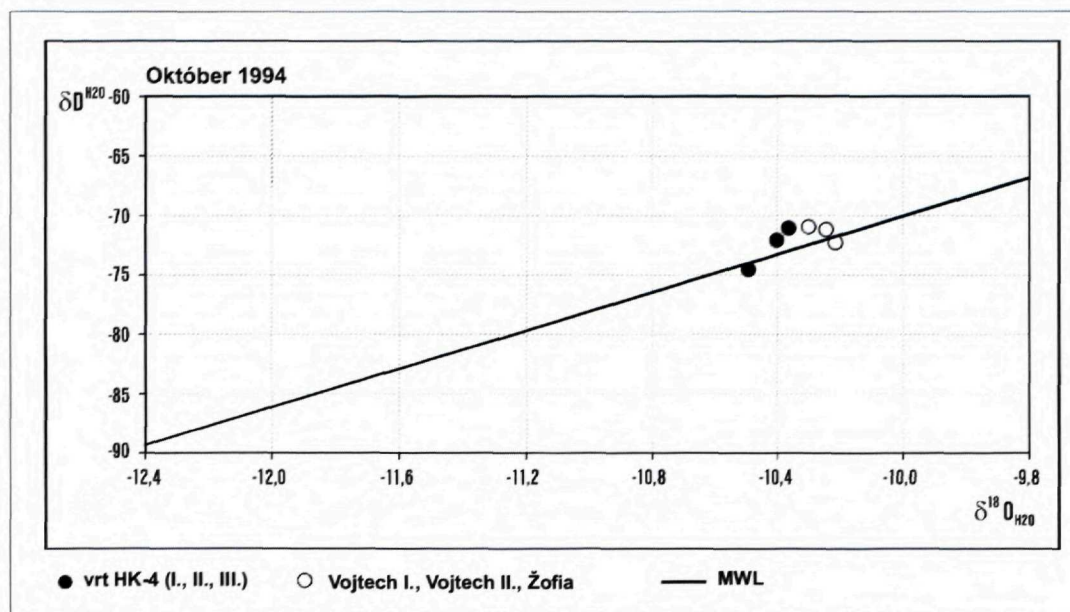
Obr. 8 Vystrojenie vrtu HKV-2 (Vandrová, 2001)

a kremitých pieskocov a kremencov (lúžňanské súvrstvie) verfenu tatrika (obr. 5). Časť vody po puklinách zostupuje do väčšej hĺbky, pričom hydrolytickým rozkladom silikátov, najmä kaolinitu, sa obohacuje o Na, K a SiO₂ (obr. 6). V 2. etape sa voda dostáva do styku s ílovitými bridlicami s vložkami pieskovca a dolomitov (verfénske vrstvy) verfenu tatrika, pričom sa obohacuje najmä o Ca a Mg (obr. 4). V 3. etape voda prestupuje do korytnickej formácie ílovitých bridlic a evaporitov, v ktorej sa obohacuje najmä o SO₄ (obr. 4). Vo všetkých 3 etapách sa obohacovanie zväčšuje pôsobením plášťo-

Tab. 8 Etapy tvorby chemického zloženia minerálnych vôd v Korytnici (Franko, 2004)

Etapy tvorby chemického zloženia MV	Zdroj	Teplota vody (°C)	pH	CMV (g · l ⁻¹)	S ₂ (SO ₄) (%)	A ₂ (%)	rMg/rCa	CO ₂ (mg/l)	Dátum odberu vzorky
1.	HK-2 ¹	9,6	5,91	0,67	0,0	38,12 ³	0,76	3183	28. 8. 1994
2.	HK-4 III. úsek ¹	8,8	7,57	0,81	0,0	65,17 ²	0,59	10,56	24. 8. 1995
	HK-1 ¹	9,1	5,4	0,80	0,0	80,99	6,50	2 500	20. 5. 1993
	Antonín (S-2) ¹	10,5	6,15	3,00	48,78	50,33	0,37	2 275	24. 8. 1995
3.	Vojtech I.	8	6,23	2,61	59,62	39,24	0,46	360,8	15. 12. 2003
	Vojtech II. (S-6)	8	6,72	2,94	79,77	19,46	0,34	96,8	15. 12. 2003
	Klement (S-7)	8,4	5,90	2,96	58,49	39,03	0,46	2 968	21. 4. 2004
	Jozef	6	6,27	3,54	56,96	41,85	0,35	695,2	15. 12. 2003
	Žofia	6,1	6,27	3,46	55,37	43,94	0,32	519,2	15. 12. 2003
	Ludovít (BJ-2A)	9,8	5,88	3,34	61,05	35,45	0,47	2 154	22. 4. 2004
	HKV-2 ¹	9,5	7,40	2,47	86,86	12,03	0,95	19,8	3. 7. 2001
	HK-4 I. úsek ¹	9,9	7,2	2,44	85,34	13,57	1,13	18,5	20. 7. 1994
HK-4 II. úsek ¹	9,1	7,36	0,118	86,39	12,49	0,62	13,2	24. 8. 1995	

¹ Údaje zo správy Vandrová et al., 1999; ² A₁ = 26,5 %; ³ A₁ = 24,09 %, A₃ = 26,94 %.

Obr. 9 Vzťah δD a ^{18}O v minerálnych vodách v Korytnici (Michalko a Malík, 1997)

vého CO₂ (obr. 4, 5, tab. 8). Takto obohatená voda vystupuje po zlomoch na povrch a prejavuje sa v prameňoch v doline Vamberského potoka s.-j. smeru.

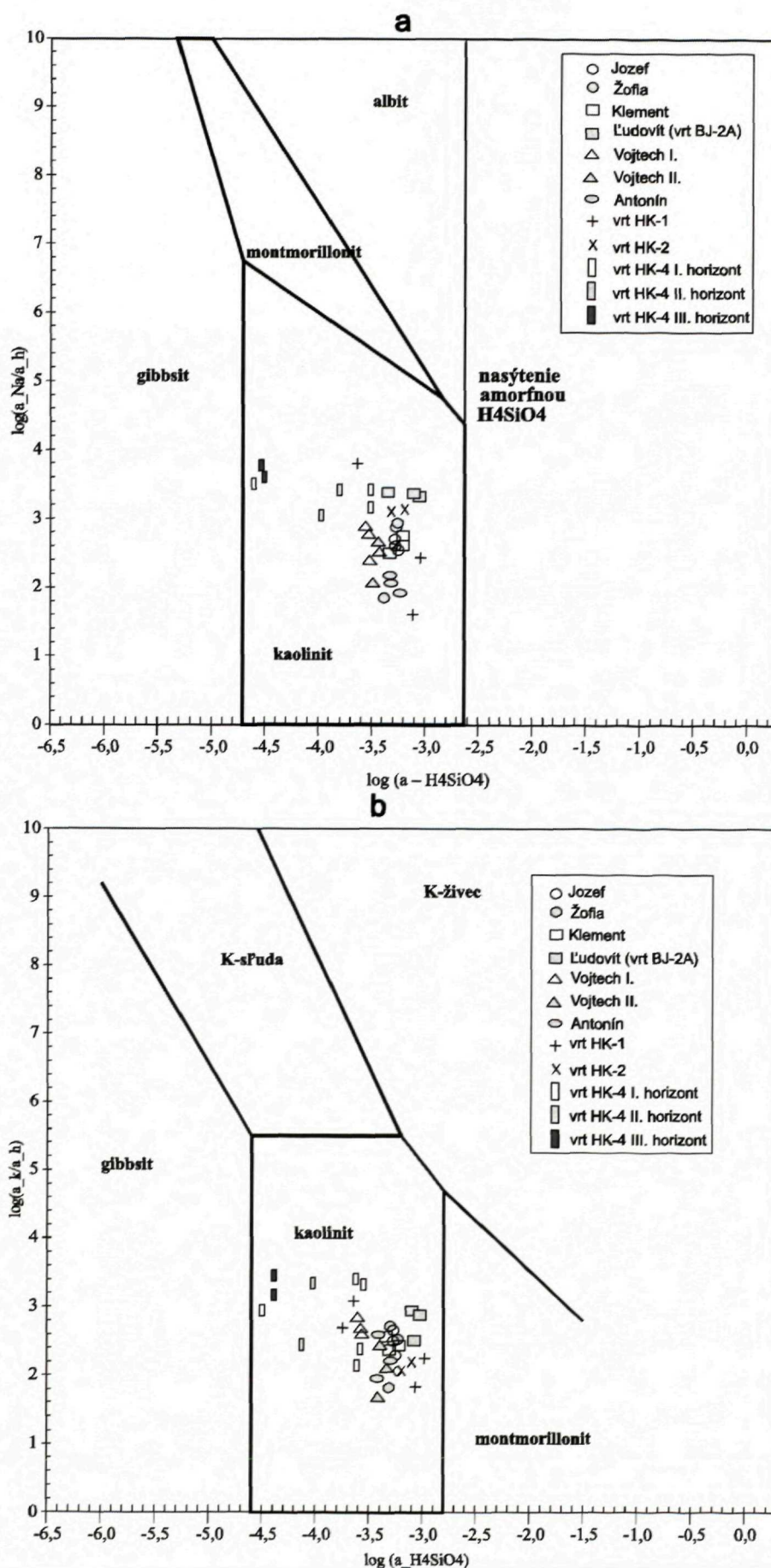
Čiastočne odlišnú tvorbu chemického zloženia má voda zo zdroja HKV-2, pretože infiltračná oblasť je v ramsauských dolomitoch stredného triasu fatrika (krížňanský príkrov) na svahu vrchu Fedorka. Meteorické vody sa po infiltrácii obohacujú rozpúšťaním dolomitu najmä o Mg a HCO₃. Prejavuje sa to v hodnote faktora rMg/rCa 0,95. Tvorba chemického zloženia vody je taká istá ako pri zdrojoch z Vamberskej doliny, ale bez pomoci CO₂.

Malatinský (1976) predpokladá, že 2. etapa (teraz 2. a 3.) formovania prebieha v hĺbke 200 – 300 m. Vo výve-

rovej oblasti sa zistila zóna ustálenej teploty 7,0 – 7,3 °C v hĺbke 10 – 16 m. Teplota vody z vrtu BJ-2 z hĺbky 152 m kolíše v rozsahu 8,3 – 9,9 °C. Tieto hodnoty naznačujú, že minerálna voda sa zúčastňuje na hlbšom obehu pod zónou ustálenej teploty. Výkyv teploty vody poukazuje na jej ochladzovanie. Maximálna teplota vody 9,9 °C zistená na ústí vrtu nezodpovedá ložiskovej teplote. Predpokladáme, že ložisková teplota je vyššia.

Ochranné pásma

Ochranné pásma minerálnych vôd v Korytnici sú vymedzené v 2 stupňoch podľa návrhu Franka (2004) v zmysle Zákona NR SR 508/2005 Z. z. V **OP I. stupňa**



Obr. 10 Stabilitný diagram: a – variant s Na, b – variant s K (Frličková, 1999)

Obr. 11 Ochranné pásmo I. stupňa MV v Korytnici (Franko, 2004)

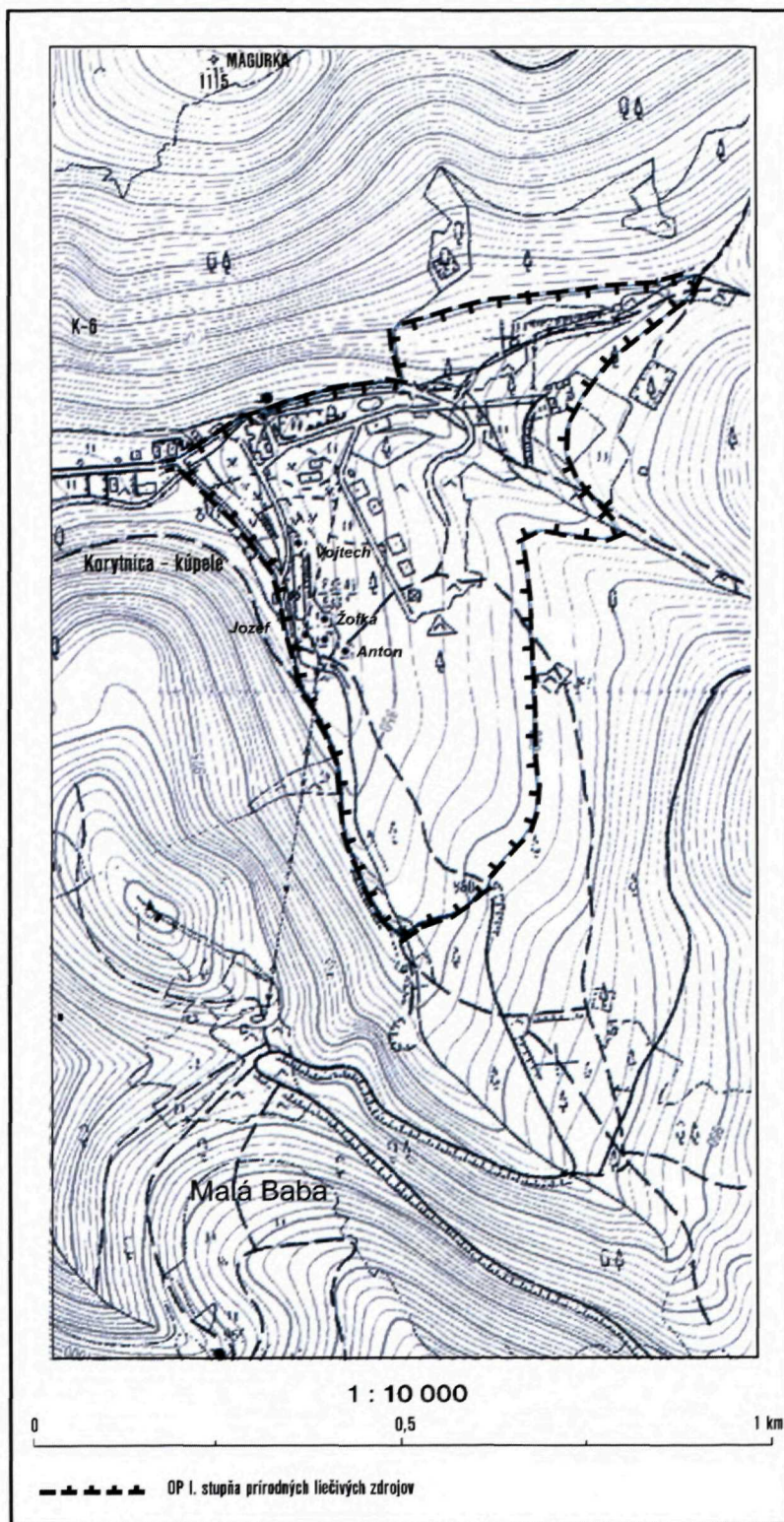
je chránená výverová oblasť minerálnych vôd a jej priľahlé územie, na ktorom sa realizovali prieskumné hydrogeologické vrty, v ktorých sa zistila minerálna voda (tab. 8, obr. 1, 11). Prírodné liečivé zdroje majú vodu rovnakého chemického typu [$S_2(SO_4) > 50\%$]. Najzápadnejšie sú zdroje v doline Vamberského potoka od zdroja Vojtech I. po zdroj Jozef, najjužnejšie je vrt HK-2, najvýchodnejšie je vrt HK-1 a najsevernejšie vrt HKV-2. V ochrannom pásme I. stupňa sú chránené minerálne vody, ich kolektory a zlomy pozdĺž Korytnického a Vamberského potoka. V **ochrannom pásme II. stupňa** je chránená tranzitno-akumulačná oblasť, ktorá nadväzuje na výverovú oblasť a infiltračnú oblasť (obr. 5, 12). Západná hranica sleduje zlom Magurka – Baba idúci Vamberským potokom. Táto hranica je spoločná pre obe pásma. Východná hranica je súbežná zo zlomom Hiadel'ské sedlo – Skorušová. Vedie západnejšie po spojnici kót Skorušová – Fedorka zhruba po hornej hranici lesa. Infiltračná oblasť zdroja HKV-2 vedie z kóty Skorušová cez kótu Fedorka na kótu Magurka a odtiaľ po zlome Magurka – Baba do Korytnického potoka, kde nadväzuje na ochranné pásmo I. stupňa. V ňom sú chránené kolektory a ich vody, a to tak obyčajné, ako aj minerálne.

Záver

Podľa výsledkov prieskumných hydrogeologických prác z r. 1973 – 2004 sa prehodnotili ochranné pásma minerálnych vôd v Korytnici. Tvorba chemického zloženia prírodných liečivých zdrojov prebieha v 3 etapách. Tretia etapa (obr. 4, 5, tab. 8) prebieha v novovymedzenej korytnickej formácii ílovitých bridlíc a evaporitov verfénskeho veku tatrika. Prírodné liečivé zdroje majú vodu rovnakého chemického typu [$S_2(SO_4) > 50\%$]. Chráni ich (obr. 10, 11) spoločné ochranné pásmo I. stupňa (výverová oblasť) a ochranné pásmo II. stupňa (tranzitno-akumulačná a infiltračná oblasť).

Pod'akovanie

Ďakujeme Ministerstvu zdravotníctva SR, Inšpektorátu kúpeľov a žriediel za poskytnutie podkladov o prírodných minerálnych vodách a Ing. J. Olejníkovi z firmy EURO-MINERÁL, s. r. o., Korytnica za rekognoskáciu ich zdrojov priamo v teréne.



Literatúra

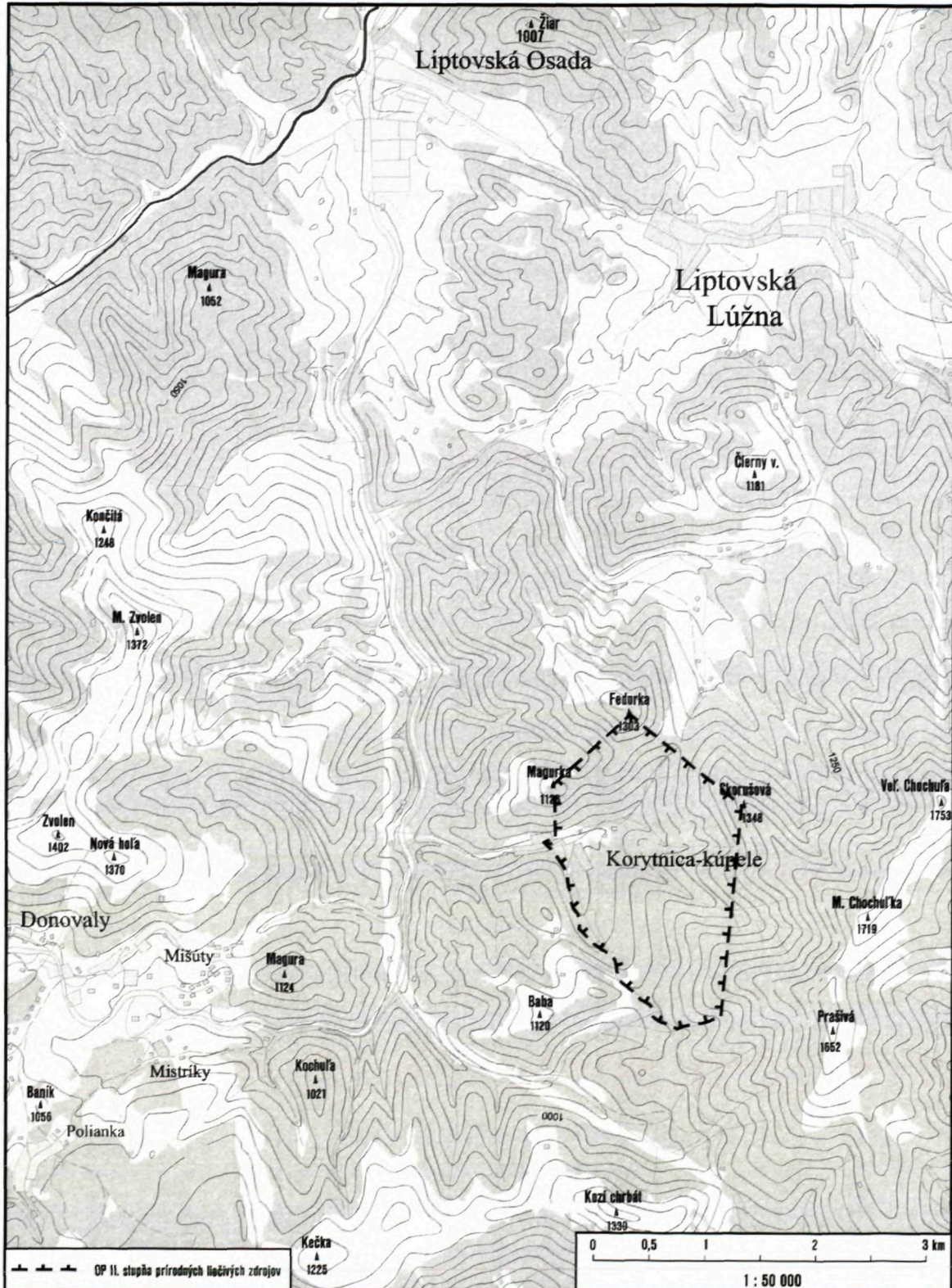
- Andrusov, D., 1942: Geologické posúdenie vrtieb III., V., VI., VII. Korytnica. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 10 s.
- Biely, A. (ed.), 1992: Geologická mapa Nízkych Tatier (1 : 50 000). Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Biely, A. a Bezák, V., 1997: Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier 1 : 50 000. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra.
- Biely, A., 2004: Tektonická schéma Korytnickej priekopy. In: Franko, O. et al., 2004: Návrh revidovaných ochranných

pásiem a opatrení prírodných liečivých zdrojov hydrogeologickej štruktúry Korytnica. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív MZ SR – IKŽ 76 s.

Biely, A. a Franko, O., 2004: Hydrogeologické rezy oblasťou minerálnych vôd v Korytnici. In: Franko, O. et al., 2004: Návrh revidovaných ochranných pásiem a opatrení prírodných liečivých zdrojov hydrogeologickej štruktúry Korytnica. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív MZ SR – IKŽ 76 s.

Bujnovský, A., 1986: Geologická mapa kúpeľov Korytnica, M = 1 : 25 000. In: Vandrová, G. et al., 1999: Korytnica – ochranné pásma kúpeľov. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 127 s.

Fabian, L., 1942: Odborný posudok ku generálnemu projektu firmy Rumpel, úč. spol. pre vybudovanie kúpeľov Korytnica na Slovensku. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 25 s.



Obr. 12 Ochranné pásmo II. stupňa MV v Korytnici (Franko, 2004)

- Franko, O., Gazda, S. a Michalíček, M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, 230 s.
- Franko, O., Biely, A., Maďar, D. a Zvara, L., 2004: Návrh revídaných ochranných pásiem a opatrení prírodných liečivých zdrojov hydrogeologickej štruktúry Korytnica. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív MZ SR – IKŽ 76 s.
- Klago, M., Jurdík, M. a Matejčeková, E., 1976: Korytnica – režimné pozorovanie. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Malatinský, K., Hornung, T., Kúšik, R. a Frnčo, M., 1973: Korytnica – vyhladávací hydrogeologický prieskum minerálnych prameňov – II. etapa. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 42 s.
- Malatinský, K., 1976: Minerálne vody na severozápadných svahoch Prašivej (Nízke Tatry). In: Miner. slov. (Bratislava), roč. 8, č. 1, s. 77 – 92.
- Malatinský, K., 1981: Korytnica – vrt BJ-2A. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 17 s.
- Matějka, A., 1927: Geologické studie z okolí Ružomberka na Slovensku. Praha.
- Matějka, A., 1931: Geologická mapa údolí Revúce. In: Knih. St. geol. Úst. Čs. Republ. (Praha), 13.
- Matějka, A., 1931: Géologie de la vallée de la Revúca. Guide des excursions dans les Carpates Occidentales. In: Knih. St. geol. Úst. Čs. Republ. (Praha), 13, s. 263 – 287.
- Michalko, J. a Malík, P., 1997: Výskum stabilných izotopov podzemných vôd. In: Vandrová, G. et al., 1999: Korytnica – ochranné pásma kúpeľov. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 127 s.
- Frlíčková, M., 1999: Chemické zloženie prírodnej minerálnej vody. In: Vandrová, G. et al., 1999: Korytnica – ochranné pásma kúpeľov. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 127 s.
- Ulrych, V., 1926: Lázně Korytnica na Slovensku a její vody. In: Věstník Balneol. klimatol. Společ. čs. (Praha), VI, 2. (12), s. 17 – 20.
- Vandrová, G., Frlíčková, M., Urbaník, J. a Hrtús, P., 1999: Korytnica – ochranné pásma kúpeľov. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 127 s.
- Vandrová, G. a Frlíčková, M., 2001: Korytnica – zdroj minerálnej a úžitkovej vody. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 39 s.
- Vandrová, G. a Tomana, J., 2002: Korytnica – zdroj Antonín. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 59 s.
- Vandrová, G. a Bergerová, H., 2004: Korytnica – revízia exploatačných podmienok PLZ. Záverečná správa. Manuskript. Bratislava, archív MZ SR – IKŽ, 48 s.
- Zákon NR SR 238/2005 Z. z. z 27. októbra 2005 o prírodných liečivých vodách, prírodných liečebných kúpeľoch, kúpeľných miestach a prírodných minerálnych vodách a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- Bergerová, 2004) the protection zones of mineral waters in Korytnica were reevaluated (Franko et al., 2004). Formation of mineral waters chemical composition is not taking place in 2 stages (Malatinský, 1976), but in 3 stages. The third stage takes place in the newly delimited Korytnica Formation of clayey shales and evaporites of Werfenian age in the Tatricum Unit (Figs. 4, 5, Tab. 8). The natural curative sources have water of $[S_2(SO_4) > 50 \text{ \%}]$ chemical type. They are protected (Figs. 10, 11) by the common protection zone of the Ist degree (area of outflow) and IInd degree (transition – accumulation and infiltration areas). They are cold, acid, moderately mineralized sulphate – calcareous, ferrous mineral waters. Waters filled to bottles (sources Klement and Ludovít) are carbonic ($CO_2 = 2,15 - 2,96 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$).

Explanations to the figures and tables

Fig. 1 Mineral waters resources and boreholes in Korytnica Spa (Franko, 2004).

Fig. 2 Tektonical scheme of Korytnica graben (A. Biely, 2004).

Fig. 3 Geological section trough Korytnica graben (Bujnovský, 1986).

Fig. 4 Hydrogeological section trough discharge area and transit-accumulation area of mineral waters in Korytnica Spa (Biely & Franko, 2004; Vandrová et al., 1999).

Fig. 5 Schematic hydrogeological section trough discharge-intake area of mineral waters in Korytnica Spa (Biely & Franko, 2004, Vandrová et al., 1999).

Fig. 6 Hydrogeological section trough benchmark Fedorka-borehole HK-2 (Biely & Franko, 2004).

Fig. 7 Well completion BJ-2A (Malatinský, 1973).

Fig. 8 Well completion HKV-2 (Vandrová, 2001).

Fig. 9 and relationship of mineral waters in Korytnica Spa (Michalko & Malík, 1997).

Fig. 10 Stable diagram: a – Na-variant, b – K-variant (Frlíčková, 1999).

Fig. 11 Protective zone I. degree of MW in Korytnica Spa (Franko, 2004).

Fig. 12 Protective zone of II. degree of MW in Korytnica Spa (Franko, 2004).

Tab. 1 Data of the boreholes realized in the years 1941 – 1942 in Korytnica Spa (Franko, 2004)¹.

Tab. Data of transmissivity coefficient – T ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$); (Franko, 2005).

Tab. 4 Discharge of the mineral waters resources in Korytnica Spa from the 1947-year (Franko, 2004).

Tab. 6 Discharge of the most potential resources (Franko, 2004).

Tab. 3 Technical data of the mineral waters resources in Korytnica Spa (Vandrová & Frlíčková, 2004).

Tab. 5 Discharge of the MW resources in Korytnica Spa (Franko, 2004 according to Vandrová et al., 1999).

Tab. 7 Isotopic data of the mineral waters in Korytnica Spa (Michalko & Malík, 1997).

Tab. 8 Stages of mineral waters chemistry genesis in Korytnica Spa (Franko, 2004).

Hydrogeological structure of mineral waters in Korytnica Spa

Summary

According to the results of exploratory hydrogeological works (Malatinský, 1973, 1981; Vandrová et al., 1999; Vandrová & Frlíčková, 2001; Vandrová & Tomana, 2002; Vandrová &

Distribúcia ťažkých kovov v pôdach Slovenska

PETER ŠEĎČÍK

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Abstract. Heavy metals are important in several ways. Many are used industrially in technologically advanced countries, some are physiologically essential for plants and animals (and thus have a direct bearing on human health and agricultural productivity) and many are significant as pollutants of ecosystems throughout the world.

The natural concentrations of heavy metals in soil depend upon the amounts present in the parent rock from which the soil form and upon soil forming processes closely related to climatic conditions. Thus, the natural budget of heavy metals in the soil should be an effect of those factors as well as of geochemical properties of an element.

Anthropogenic global changes in soils are reflected mainly by: metal enrichment in surface soil layers; acidification, penetrating deep in the soil profile; decrease in soil buffer capacity; mobilization of most metals; migration of the heavy metals to ground waters; general losses in soil fertility; degradation in quality and quantity of crop plants.

Key words: heavy metals, geochemical soil mapping, soil units, background values, anomalous values

Súhrn

Na základe rozsiahleho geochemického mapovania pôd Slovenska (7 189 analýz) sa získali hodnoty celkového obsahu ťažkých kovov v povrchových (humusových) horizontoch pôd. Príspevok charakterizuje priestorovú distribúciu ťažkých kovov (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se a Zn) v pôdach a geomorfologických jednotkách Slovenska. Pre hlavné pôdne jednotky (litozeme, regozeme, rankery, rendziny, pararendziny, černozeme, čiernice, hnedozeme, luvizeme, kambizeme, podzoly, pseudogleje, gleje a fluvizeme) sa vypočítali požadované hodnoty, anomálne hodnoty a charakteristické intervaly obsahu ťažkých kovov.

Na základe získaných výsledkov boli identifikované hlavné geogénne a antropogénne príčiny zvýšeného obsahu ťažkých kovov, medzi ktoré patria najmä litologické zloženie pôdotvorných substrátov, stáročná ťažba a úprava rudných a nerudných surovín, hutnícky a energetický priemysel, cezhraničná migrácia ťažkých kovov v atmosfére a hydrosfére a poľnohospodárska výroba.

V niektorých častiach Slovenska sa v dôsledku zvýšeného obsahu ťažkých kovov v pôdach zistila aj ich akumulácia v niektorých kultúrnych a prírodných rastlinných spoločenstvách.

Kľúčové slová: ťažké kovy, geochemické mapovanie pôd, pôdne typy, požadované hodnoty, anomálne hodnoty

Úvod

Pôda je geochemický subsystém, ktorého poznanie umožňuje pochopiť celkový biogeochemický kolobeh látok a energie na zemskom povrchu. Je indikátorom súčasných, ale aj „záznamom“ minulých biogeochemických

procesov v krajine. Látkové zloženie pôd je odrazom interakcie kolobehu prvkov medzi litosférou, atmosférou, hydrosférou, biosférou a dôsledkami činnosti človeka.

Pedogeochemické prostredie môže vplývať na nedostatok alebo nadbytok ťažkých kovov pre rastliny alebo zvieratá. Súčasne môže vplývať na transport týchto prvkov do povrchových a podzemných vôd a následne znižovať ich kvalitu. K hlavným procesom, ktoré určujú akumuláciu a migráciu ťažkých kovov v pôdach, patria zvetrávanie materských hornín a substrátov pôd, rozpúšťanie alebo zrážanie (precipitácia alebo koprecipitácia), oxidačno-redukčné procesy, adsorpcia a desorpcia (chemisorpcia), výmena aniónov a kationov, chelatácia a tvorba komplexov s organickými látkami v pôde a biometylácia.

Človek vplýva na pôdu rozsiahlym a komplexným spôsobom. Mnohé z antropogénnych činností sú zdrojom degradácie pôd, ktorými sa narušil prirodzený kolobeh látok a energie. Medzi degradačné procesy patrí aj znečistenie chemickými látkami, ktoré často vedie k deštrukcii zložiek biosféry. Spomedzi týchto látok sú z biologického, ekologického a zdravotného hľadiska najdôležitejšie ťažké kovy, ktoré sa okrem prírodných zdrojov dostávajú do pôd z viacerých antropogénnych činností.

K antropogénnym zdrojom ťažkých kovov patria najmä ťažba a spracovanie rudných a nerudných surovín, čierna a farebná metalurgia, výroba energie, rôzne typy priemyselnej výroby, poľnohospodárstvo, výstavba sídiel a priemyselných centier, skládky komunálneho a priemyselného odpadu, diaľkový prenos prvkov cez atmosféru a kontaminovanými vodami (povrchovými a podzemnými).

Z týchto dôvodov poznanie požadového a anomálneho obsahu prvkov v pôdných jednotkách tvorí základ porovnávacích štúdií vo svete, formuje predstavy o kvalite pôd a o stupni kontaminácie pôd vo vzťahu ku geogénnym a antropogénnym zdrojom kontaminácie.

Celoslovenským a regionálnym geochemickým mapovaním pôd sa získali výsledky, na základe ktorých je možné urobiť si celkovú predstavu o priestorovej distribúcii prvkov, o existencii kontaminácie pôd Slovenska vo vzťahu k prírodným a antropogénnym zdrojom.

Do rozsiahlej pedogeochemickej databázy boli zahrnuté výsledky z projektov *Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť V – Pôdy* (Čurlík a Šeďčík, 1999) a *Súbor regionálnych máp geologických faktorov životného prostredia v mierke 1 : 50 000*. Do pedogeochemickej databázy boli zahrnuté výsledky z regiónov Vysoké Tatry, Liptovský Mikuláš – Ružomberok, Galanta, Košická kotlina, Banská Bystrica – Zvolen, Jelšava – Lubeník –

Hnúšťa, Levice, Stredné Považie, Tibreg – Východoslovenská nížina (Čurlík et al., 1997a, 1997b, 1997c, 1999a, 1999b, 2000; Čurlík a Šefčík, 2000a, 2000b).

Materiál a metóda

Vzorkované pôdy sme klasifikovali podľa *Morfogenetického klasifikačného systému pôd ČSFR* (Hraško et al., 1991). Z humusových horizontov pôd sme odobrali vzorky s priemernou hmotnosťou 5 kg a nechali vysušiť pri laboratórnej teplote. Po rozrušení agregátového stavu sme ich preosiali cez sito s 2-milimetrovými okami a kvartovali, pričom jednu časť vzorky sme preosiali cez sito s okami veľkými 0,125 mm.

Na celkové stanovenie ťažkých kovov sme použili zrnitostnú frakciu <0,125 mm, ktorá sa pulverizovala v achátovej pulverizate na analytickú jemnosť (0,09 mm) a podrobila sa úplnému rozkladu v zmesiach anorganických kyselín (HCl, HClO₄, HNO₃, HF, H₂SO₄, H₃BO₄). Celkový obsah ťažkých kovov sme stanovili nasledujúcimi analytickými metódami:

- Cd, Cu, Ni, Pb a Zn plameňovou atómovou absorpčnou spektrometriou,
- Cr atómovou emisnou spektrometriou s indukčne viazanou plazmou,
- As a Se atómovou absorpčnou spektrometriou s generovaním hydridov,
- Hg jednouúčelovým analyzátorom.

Štatistickou analýzou pedogeochemickej databázy sme zisťovali variabilitu obsahu ťažkých kovov v pôdnych jednotkách Slovenska. Použili sme metódy robustnej štatistiky, ktoré umožnili eliminovať vplyv extrémne nízkych a extrémne vysokých okrajových hodnôt – „outliers“ (Hoaglin et al., 1983; Batjes, 1997). Vypočítali sa tieto parametre:

- požadové hodnoty – mediány (Alloway, 1990; Kabata-Pendias a Pendias, 1992),
- charakteristické intervaly obsahu (rozdiel medzi horným a dolným kvartilom),
- anomálne hodnoty obsahu ťažkých kovov, ktoré sa vypočítali podľa vzorca: $AH = 1,5 \times (HK - DK) + HK$, pričom AH je anomálna hodnota, HK horný kvartil, DK dolný kvartil (Hoaglin et al., 1983; McGrath a Loveland, 1992; Inácio et al., 1998).

Celkovo sme vyhodnotili 7 189 pedogeochemických analýz z humusových horizontov pôd Slovenska. Štatistické parametre distribúcie ťažkých kovov v pôdach Slovenska sú v tabuľke 1, požadové hodnoty, anomálne hodnoty a charakteristické intervaly obsahu ťažkých kovov v pôdnych typoch Slovenska sú v tabuľkách 2, 3 a 4.

Výsledky a diskusia

Arzén

Obsah arzénu v pôdach Slovenska varíruje v intervale 0,3 – 2 499,7 mg · kg⁻¹ pri variačnom koeficiente takmer 331 %. Charakteristický je interval 5,3 – 9,9 mg · kg⁻¹ s požadovou hodnotou 7,2 mg · kg⁻¹ a anomálnou hodnotou 16,8 mg · kg⁻¹ (tab. 1).

V pôdnych typoch sa požadové hodnoty arzénu zvyšujú od 5,7 mg · kg⁻¹ do 11,45 mg · kg⁻¹ takto: pseudoglej → luvizem → regozem → hnedozem a glej → kambizem → černoze a čiernica → podzol a fluvizem → ranker a pararendzina → litozem → rendzina (tab. 2, obr. 1). Uvedená postupnosť indikuje, že obsah arzénu v pôdach Slovenska priamo závisí od obsahu humusu v pôdach, od ovplyvnenia pôdneho profilu podzemnou vodou (fluvizeme, čiernice) a v neposlednom rade aj od charakteru využitia zeme (litozem, ranker, rendzina, podzol).

Priestorová distribúcia arzénu v pôdach Slovenska je veľmi heterogénna a poukazuje na vzťahy ku geogénnym, antropogénnym, ale aj k zmiešaným geogénno-antropogénnym zdrojom. Zvýšený obsah arzénu majú pôdy Volovských vrchov, Nízkych Tatier, Kremnických vrchov, Štiavnických vrchov a Malých Karpát. Podmieňuje ho výskyt rudných ložísk a ich dlhodobá ťažba a spracovanie a existencia čiernej a farebnej metalurgie. Pri úprave železných, polymetalických a drahokovových rúd boli totiž minerály arzénu nežiaducou zložkou, ktorá sa kumulovala v odkaliskách alebo iných skládkach odpadu.

Obsah arzénu v nivných pôdach Hrona, Hornádu, Slanej, Nitry, Čiernej vody a Malého Dunaja indikuje jeho migráciu z prirodzených a antropogénnych zdrojov (Čurlík et al., 1998; Čurlík a Šefčík, 1999). Zvýšený obsah arzénu v nivných pôdach starých bankských regiónov sa prejavil aj v pestovaných kultúrnych plodinách (De Vries et al., 2003).

Zvýšený obsah vo vysokohorských polohách pohorí Malá Fatra, Tatry, Nízke Tatry, ale aj v severných prihraničných regiónoch poukazuje na cezhraničný atmosférický input arzénu do pôd.

Antropogénne podmienený environmentálny problém predstavuje obsah arzénu v pôdach Hornej Nitry. Používaný lignit obsahuje zvýšené množstvo sulfidických minerálov (arsenopyrit, realgár, auripigment, markazit, pyrit a iné sulfidy), z ktorých sa spaľovaním v Elektrárni Nováky uvoľňoval arzén do ovzdušia a následne sa ukladal do pôd. Zo skládky popolčeka v Zemianskych Kostolánoch sa pri havárii v roku 1965 dostali zlúčeniny arzénu do povrchových a podzemných vôd a následne do nivných pôd rieky Nitra. Vo fluvizemiach obsah arzénu ovplyvňujú aj výtoky bankských vôd (Cigel') a výtoky zo skládok popolčeka (Zemianske Kostolány).

Kadmium

Obsah kadmia v pôdach Slovenska varíruje v intervale <0,1 – 8,9 mg · kg⁻¹ (variačný koeficient 111,43 %). Charakteristický je interval 0,2 – 0,4 mg · kg⁻¹ s požadovou hodnotou 0,3 mg · kg⁻¹ a anomálnou hodnotou 0,7 mg · kg⁻¹ (tab. 1).

V pôdnych typoch požadové hodnoty kadmia stúpajú od 0,2 mg · kg⁻¹ do 0,7 mg · kg⁻¹ v tomto poradí: černoze, hnedozem, luvizem a pseudoglej → čiernica → regozem, ranker, kambizem, glej a fluvizem → litozem, pararendzina a podzol → rendzina (tab. 2, obr. 2). Postupnosť zvyšovania požadovaných hodnôt kadmia v pôdnych typoch indikuje jeho input z atmosféry a akumuláciu v pôdach so zvýšeným obsahom humusu, karbonátov a s alka-

Tab. 1 Štatistické parametre distribúcie ťažkých kovov v pôdach Slovenska ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Štatistické parametre (¹)	Ťažké kovy (¹⁵)								
	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
detekčný limit – d. l. (²)	0,1	0,1	5	1	0,01	1	2	0,1	1
počet vzoriek pod d. l. (³)	0	522	5	1	3	0	0	2 483	0
min. (⁴)	0,3	< 0,1	< 5	< 1	< 0,01	2	3	< 0,1	3
5 %	3,4	< 0,1	32	8	0,03	7	12	< 0,1	34
10 %	4,0	0,1	42	10	0,03	10	13	< 0,1	40
DK (⁵)	5,3	0,2	62	14	0,05	17	16	< 0,1	50
Me (⁶)	7,2	0,3	82	19	0,08	25	21	0,1	65
HK (⁷)	9,9	0,4	100	25	0,14	35	31	0,2	83
90 %	16,0	0,6	123	34	0,26	47	49	0,4	106
95 %	24,5	0,9	143	43	0,40	58	66	0,5	127
99 %	59,3	1,9	214	127	1,82	103	128	0,7	207
max. (⁸)	2 499,7	8,9	6 096	22 360	98	2 066	2 122	4	14 925
x (⁹)	10,68	0,35	85,94	27,82	0,22	28,46	29,59	0,17	74,37
s _x (¹⁰)	35,55	0,39	84,69	274,34	1,92	30,56	48,74	0,17	183,47
x _G (¹¹)	7,72	0,26	76,75	18,81	0,09	23,31	23,64	0,12	65,19
AH (¹²)	16,80	0,70	157,00	41,50	0,28	62,00	53,50	0,43	132,50
v _x (%) (¹³)	330,99	111,43	98,55	986,13	872,72	107,38	164,72	100	246,70
n (¹⁴)	7 189	7 189	7 189	7 189	7 188	7 189	7 189	7 189	7 188

lickou pôdnou reakciou. Najmenšiu variabilitu hodnôt kadmia mali černoze a najväčšiu podzoly.

Priestorová distribúcia výskytu zvýšeného obsahu kadmia v pôdach Slovenska je veľmi variabilná. Čiastočne je podmienená geogénne – výskytom rudných ložísk (Štiavnické vrchy, Nízke Tatry, Volovské vrchy) – a zvýšeným obsahom v pieskovočoch duklianskej jednotky (Marsina et al., 1999).

V pôdach horských a vysokohorských pohorí, najmä prihraničného oblúka Západných Karpát, zvýšený obsah kadmia je podmienený cezhraničnou atmosférickou kontamináciou pôd.

Zvýšený obsah kadmia v nívnych pôdach Hrona, Štiavnice a Hornádu je dôsledkom dlhodobej akumulácie tohto kovu z geogénnych a antropogénnych zdrojov (hydrotermálne – metasomaticky – alterované a mineralizované horniny v okolí rudných žíl, haldy, odkaliská a výtoky bankských vôd). Zvýšený obsah kadmia sa zistil v kultúrnych plodinách aj prirodzených rastlinných spoločenstvách rastúcich v nívnych pôdach týchto riek (Bielek et al., 1998; deVries et al., 2003; Forgáč et al., 2000; Krauss et al., 2002).

Chrómu

Obsah chrómu v pôdach Slovenska varíruje v intervale <5 až 6 096 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, s variačným koeficientom 98,55 %. Charakteristický je interval 62 – 100 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s požadovou hodnotou 82 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a anomálnou hodnotou 157 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1).

Požadové hodnoty chrómu v pôdných typoch stúpajú od 32 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do 108 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ takto: podzol → rendzina → litozem → regozem → ranker a čiernica → kambizem → luvizem → černozem → fluvizem → pseudoglej → hnedozem → pararendzina → glej (tab. 2, obr. 3). Uvedená postupnosť indikuje priamu závislosť obsahu chrómu od obsahu ílovej frakcie v pôdotvorných substrátoch a pôdných typoch.

Priestorová distribúcia chrómu je geogénne podmienená horninovým zložením vonkajšieho a vnútorného flyšového pásma. Preto sa zvýšený obsah chrómu vyskytuje v pôdach na komplexoch flyšoidných hornín (Javorníky, Kysucká vrchovina, Oravská Magura, Liptovská kotlina, Spišská Magura, Levočské vrchy, Čergov, Ondavská a Laborecká vrchovina). Podobný obsah chrómu v pôdach na flyšoidných horninách sa zistil v susednom Poľsku (Lis a Pasieczna, 1995).

Zvýšený obsah chrómu v nívnych pôdach Torusy, Laborca a Tople ma geogénny pôvod vo flyšových pohoríach, z ktorých pochádzajú fluvialne sedimenty (pôdotvorné substráty a materské horniny pôd) uvedených riek a ich prítokov.

Antropogénne podmienený zvýšený obsah chrómu v pôdach sa zistil v okolí ferozliatinových závodov (Dolná Orava), zbrojoviek (Dubnica, Považská Bystrica), Drôtove Hlohovec a kožiarskych závodov (Borský Mikuláš, Bošany).

Meď

Obsah medi v pôdach Slovenska kolíše od <1 do 22 360 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (variačný koeficient 986,13 %). Charakteristický je interval 14 – 25 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ s požadovou hodnotou 19 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a anomálnou hodnotou 41,5 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (tab. 1).

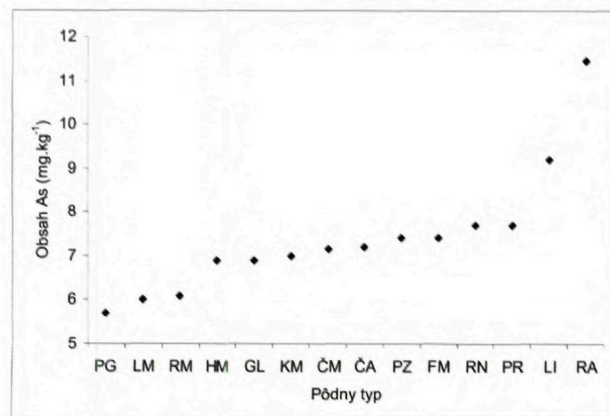
Podľa pôdných typov sa požadové hodnoty medi zvyšujú od 12 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ do 27 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ takto: luvizem → regozem a pseudoglej → podzol → ranker a hnedozem → kambizem → černozem → rendzina → litozem a fluvizem → pararendzina → čiernica → glej (tab. 3, obr. 4).

Najnižšia variabilita obsahu medi sa zistila v černozeiach, najväčšia v rankeroch.

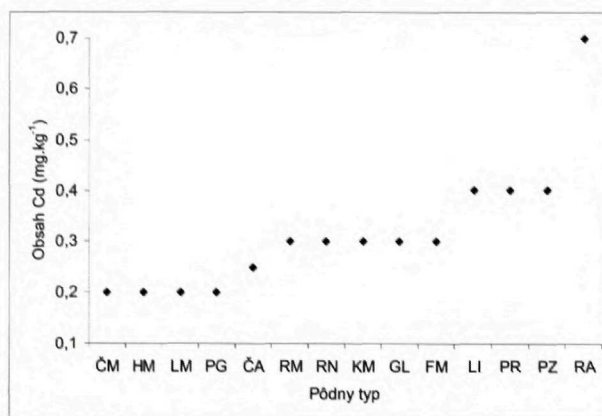
Priestorová distribúcia medi je veľmi variabilná. Zvýšený obsah medi je v pôdach Chvojnickej pahorkatiny, Podunajskej nížiny, Javorníkov, Strážovskej vrchoviny, Malej a Veľkej Fatry, Kysuckej vrchoviny, Nízkyh

Tab. 2 Pozad'ové a anomálne hodnoty obsahu ťažkých kovov podľa pôdnych typov (mg · kg⁻¹)

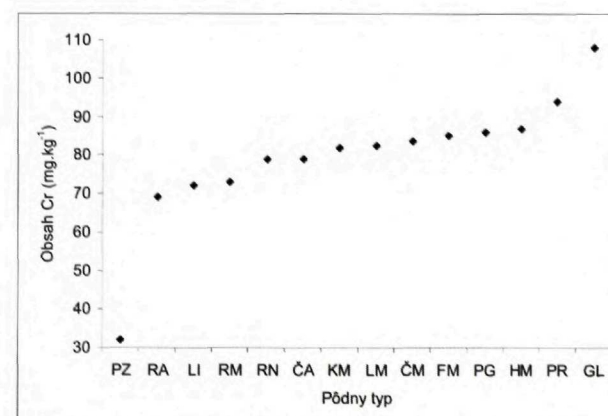
Ťažké kovy (1)	Štatistické parametre (2)	Pôdny typ (3)													
		LI (4)	RM (5)	RN (6)	RA (7)	PR (8)	ČM (9)	ČA (10)	HM (11)	LM (12)	KM (13)	PZ (14)	PG (15)	GL (16)	FM (17)
As	min. (18)	1,9	0,9	1,3	0,3	2,6	1,5	2,1	0,3	2,1	0,3	2,5	1,1	2,1	0,7
	DK (19)	6,15	4,4	5	8,1	5,9	6	5,8	5,7	4,63	5,13	5,3	4,1	5,4	5,8
	Me (20)	9,2	6,1	7,7	11,45	7,7	7,15	7,2	6,9	6	7	7,4	5,7	6,9	7,4
	HK (21)	14,4	8,28	12,4	16,88	11,2	8,1	9,2	8,48	7,7	10	11,9	7,78	8,7	10
	AH (22)	26,78	14,1	23,5	30,05	19,15	11,25	14,3	12,65	12,31	17,31	21,8	13,3	13,65	16,3
	max. (23)	286	91	2499,7	80	25,9	33,7	244,4	53,1	26,9	732	592	145,2	24,4	435
n (24)	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2490	132	394	107	844	
Cd	min.	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
	DK	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,2	0,1	0,13	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2
	Me	0,4	0,3	0,3	0,7	0,4	0,2	0,25	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3
	HK	0,6	0,3	0,4	1,2	0,7	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4	0,6	0,2	0,4	0,4
	AH	1,2	0,45	0,7	2,25	1,45	0,45	0,45	0,35	0,56	0,7	1,05	0,35	0,7	0,7
	max.	3,1	1,5	3,3	6,9	4,5	1	2,5	0,9	5,0	8,9	8,5	1,2	0,7	7,3
n	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	
Cr	min.	15	13	<5	<5	18	23	15	31	29	<5	11	<5	30	13
	DK	51,5	53	54	47,25	73	70	60	77,25	68,25	60	23,75	75,25	86,5	67,75
	Me	72	73	79	69	94	83,5	79	87	82,5	82	32	86	108	85
	HK	86,5	95	108	88	117	92	96	96	95	130	52	98	125	103
	AH	139	158	189	149,13	183	125	150	124,13	135,13	167,5	94,38	132,13	182,75	155,88
	max.	227	183	600	6 096	531	1 265	349	180	241	1 241	259	205	432	244
n	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	



Obr. 1 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt As v pôdnych typoch



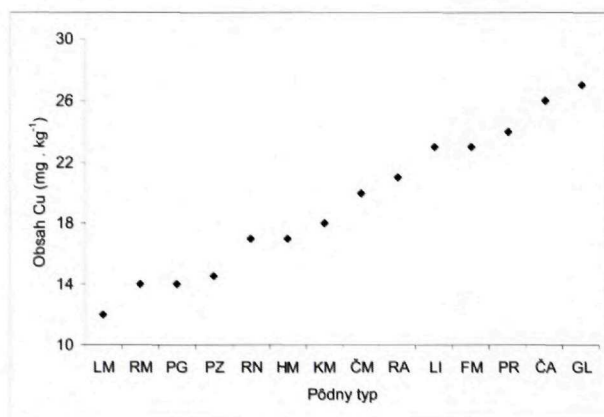
Obr. 2 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt Cd v pôdnych typoch



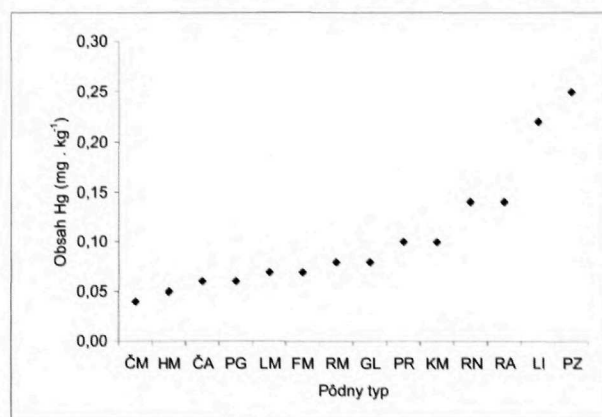
Obr. 3 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt Cr v pôdnych typoch

Tab. 3 Pozad'ové a anomálne hodnoty obsahu ťažkých kovov podľa pôdnych typov (mg . kg⁻¹)

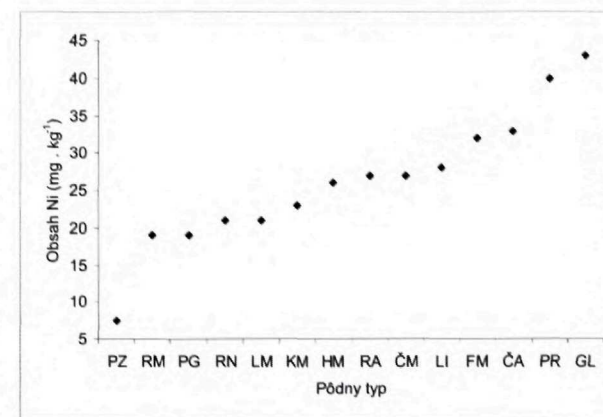
Ťažké kovy (¹)	Štatistické parametre (²)	Pôdny typ (³)													
		LI (⁴)	RM (⁵)	RN (⁶)	RA (⁷)	PR (⁸)	ČM (⁹)	ČA (¹⁰)	HM (¹¹)	LM (¹²)	KM (¹³)	PZ (¹⁴)	PG (¹⁵)	GL (¹⁶)	FM (¹⁷)
Cu	min. (¹⁸)	6	< 1	2	4	8	3	3	1	4	2	4	4	6	3
	DK (¹⁹)	15	10	12	15	17	18	20	15	9	13	10	11	19	18
	Me (²⁰)	23	14	17	21	24	20	26	17	12	18	14,5	14	27	23
	HK (²¹)	28	21	25	28	35	23	32	20	17	25	19	19	35,5	29
	AH (²²)	42,5	37,5	44,5	47,5	62	30,5	50	27,5	29	43	32,5	31	60,3	45,5
	max. (²³)	88	237	22 360	298	75	91	1 833	195	44	270	905	1 350	1 240	4 314
n (²⁴)	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	
Hg	min.	0,03	<0,01	0,01	0,02	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	< 0,01
	DK	0,13	0,04	0,09	0,08	0,06	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,17	0,04	0,06	0,05
	Me	0,22	0,08	0,14	0,14	0,10	0,04	0,06	0,05	0,07	0,10	0,25	0,06	0,08	0,07
	HK	0,29	0,14	0,22	0,23	0,16	0,06	0,09	0,06	0,10	0,16	0,35	0,09	0,11	0,11
	AH	0,53	0,29	0,42	0,46	0,31	0,11	0,17	0,09	0,18	0,31	0,62	0,17	0,19	0,20
	max.	1,98	5,31	50,33	5,74	0,52	1,27	2,06	1,25	0,44	98,00	14,00	2,26	24,91	41,65
n	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	
Ni	min.	5	3	2	3	8	3	7	3	3	3	2	3	6	3
	DK	16	12	13	17	28	24	27	22	15	14	5	15	27,5	23
	Me	28	19	21	27	40	27	33	26	21	23	7,5	19	43	32
	HK	38,5	28,5	32	40	61	30	43	30	29	34	11,25	25	56	39
	AH	72,25	53,25	60,5	74,5	110,5	39	67	42	50	64	20,63	40	98,75	63
	max.	126	108	237	2 066	149	58	166	103	99	275	76	103	106	1 572
n	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	



Obr. 4 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt Cu v pôdnych typoch



Obr. 5 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt Hg v pôdnych typoch



Obr. 6 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt Ni v pôdnych typoch

Tatier, Štiavnických vrchov, Spišsko-gemerského krasu, Slovenského krasu, Volovských vrchov, Spišskej Magury, Čergova, Laboreckej vrchoviny a Východoslovenskej nížiny.

Niektoré zvýšené hodnoty medi sa viažu na pôdy regiónov so stáročnou baníckou činnosťou a hutníckou výrobou farebných kovov (Zlaté Hory, Banská Bystrica, Banská Štiavnica, Lubietová, Gelnica, Slovinky, Krompachy) a na nívne pôdy riek drénujúcich tieto regióny (Čurlík et al., 1998, 1999a; Čurlík a Šefčík, 2000b).

Zvýšený obsah medi v nívnych pôdach Hrona, Štiavnice a Hornádu je dôsledkom jej dlhodobej akumulácie z geogénnych a antropogénnych zdrojov. Prejavilo sa to aj zvýšeným obsahom medi v pestovaných kultúrnych plodinách a prirodzených rastlinných spoločenstvách (Bielek et al., 1998; deVries et al., 2003; Forgáč et al., 2000; Krauss et al., 2002).

V pôdach Podunajskej a Východoslovenskej nížiny je zvýšený obsah medi dôsledkom intenzívneho a dlhodobého používania agrochemikálií na báze medi (modrá skalica, Kupricol).

Zvýšený obsah medi v humusových horizontoch pôd horských a vysokohorských regiónov indikuje atmosférickú cezhraničnú kontamináciu. Pôdy na flyšoidných komplexoch hornín s prevahou ílovcov majú geogénne podmienený zvýšený obsah medi. Potvrdilo sa to aj geochemickým mapovaním hornín (Marsina et al., 1999).

Ortuť

Obsah ortuti v pôdach Slovenska varíruje od <0,01 do 98 mg · kg⁻¹ (variačný koeficient 872,72 %). Charakteristický je interval 0,05 – 0,14 mg · kg⁻¹ s požadovou hodnotou 0,08 mg · kg⁻¹ a anomálnou hodnotou 0,28 mg · kg⁻¹ (tab. 1).

Z hľadiska pôdnych typov požadové hodnoty ortuti stúpajú od 0,04 mg · kg⁻¹ do 0,25 mg · kg⁻¹ v tomto poradí: černozezem → hnedozezem → čiernica a pseudoglej → luvizezem a fluvizezem → regozezem a glej → pararendzina a kambizezem → ranker a rendzina → litozem → podzol (tab. 3, obr. 5).

Vo všeobecnosti možno konštatovať, že v poľnohospodárskych pôdach Slovenska (fluvizezem, čiernica, černozezem, hnedozezem, luvizezem, pseudogleje) sú hodnoty ortuti nižšie ako v lesných pôdach. Najvyššie požadové hodnoty ortuti v podzolochoch naznačujú, že zdrojom ortuti sú suché aj mokré spadajú z atmosféry. Najnižšia variabilita ortuti bola v pararendzinách, najvyššia v podzolochoch.

Priestorová distribúcia ortuti je veľmi variabilná. Jej zvýšený obsah v niektorých regiónoch Slovenska je spôsobený dlhodobou ťažbou a spracovaním ortuťových rúd (Starohorské vrchy, Spišsko-gemerské rudohorie, Slanské vrchy), spaľovaním fosílnych palív (viac ako 150-ročné vplyvy), rozptylom ortuti v imisných areáloch hutníckych závodov, cezhraničným prenosom prostredníctvom suchých a mokrých spadov a aplikovaním chemikálií do pôd (moridlá na báze ortuti).

Geochemicky podmienený anomálny obsah ortuti v pôdach sa prejavuje v oblastiach s výskytom polymetalických a ortuťových rúd (Volovské vrchy, Štiavnické vrchy, Nízke Tatry) alebo vo fluvialných sedimentoch

a nívnych pôdach riek, ktoré drénujú oblasti so starou banskou a spracovateľskou činnosťou ortuti a polymetalických rúd (Hron, Hornád, Slaná).

Zvýšený obsah ortuti sa zistil v pôdach v okolí elektrárni alebo teplární, v ktorých sa spaľujú fosílna palivá (Horná Nitra). Vo vysokohorských pôdach (Malá a Veľká Fatra, Tatry, Nízke Tatry) a v pôdach prihraničných pohorí (Kysucká vrchovina, Oravská a Spišská Magura) zvýšený obsah ortuti spôsobuje cezhraničná kontaminácia pôd prostredníctvom suchých aj mokrých spadov.

Zvýšený obsah ortuti v nívnych pôdach Hrona, Štiavnice, Hornádu a Slanej sa odzrkadlil vo zvýšenom obsahu v pestovaných kultúrnych plodinách a prirodzených rastlinných spoločenstvách (deVries et al., 2003; Forgáč et al., 2000).

Nikel

Obsah niklu v pôdach Slovenska varíruje v intervale 2 – 2 066 mg · kg⁻¹ (variačný koeficient 107 %). Charakteristický je interval 17 – 35 mg · kg⁻¹ s požadovou hodnotou 25 mg · kg⁻¹ a anomálnou hodnotou 62 mg · kg⁻¹ (tab. 1).

V pôdnych typoch sa požadové hodnoty obsahu niklu zvyšujú od 7,5 mg · kg⁻¹ do 43 mg · kg⁻¹ takto: podzol → regozezem a pseudoglej → ranker a luvizezem → kambizezem → hnedozezem → rendzina a černozezem → litozem → fluvizezem → čiernica → pararendzina → glej (tab. 3, obr. 6). Tento trend poukazuje najmä na závislosť obsahu niklu v pôdach od obsahu ílu v pôdotvorných substrátoch. Z doterajších výskumov vyplynulo, že mediánové hodnoty obsahu niklu v pôdach sú priamoúmerne závislé od obsahu fyzikálneho ílu, humusu a pôdnej reakcie (Čurlík a Šefčík, 2001). Variabilita obsahu niklu je najväčšia v rendzinách a najmenšia v černozezemoch.

Priestorová distribúcia niklu je variabilná. Zvýšený obsah sa vyskytuje v pôdach nivy Dolného Váhu, Chvojnickej a Myjavskej pahorkatiny, Strážovskej hornatiny, Javorníkov, Kysuckej vrchoviny, Veľkej Fatry, Spišskej Magury, Levočských vrchov, Čergova, Spišsko-gemerského krasu, Slovenského krasu, Ondavskej a Laboreckej vrchoviny a Východoslovenskej nížiny. Podobný obsah niklu v pôdach na flyšoidných horninách sa zistil v susednom Poľsku (Lis a Pasieczna, 1995). Táto mozaika zvýšeného obsahu niklu je podmienená predovšetkým geogénne. Dokazuje to nielen obsah niklu v pôdotvorných substrátoch (Čurlík a Šefčík, 1999), ale aj obsah v materských horninách pôd (Marsina et al., 1999).

Hlavným antropogénnym zdrojom niklu na území Slovenska bola takmer 30-ročná prevádzka Niklovej huty v Sereďi, ktorá vyprodukovala takmer 6 mil. ton odpadu (lúženca) uloženého na ploche 54 ha. Táto skládka sa stala zdrojom veterného a vodného rozptylu niklu do okolitej krajiny aj do pôd. Regionálnym geochemickým mapovaním pôd sa zistil zvýšený obsah niklu najmä v čierniciach, a to na vzdialenosť až 30 – 40 km od huty. Regionálne mediánové hodnoty obsahu niklu v hlavných pôdnych typoch tohto regiónu sú oproti celoslovenským hodnotám výrazne vyššie. Pre čiernice sa vypočítalo 40 mg, černozezem 30 mg a fluvizezem 33,5 mg niklu na kilogram pôdy (Čurlík et al., 1997c).

Olovo

Obsah olova v pôdach Slovenska varíruje v intervale 3 – 2 122 mg · kg⁻¹ (variačný koeficient 164,72 %). Charakteristický je interval 16 – 31 mg · kg⁻¹ s požadovou hodnotou 25 mg · kg⁻¹ a anomálnou hodnotou 53,5 mg · kg⁻¹ (tab. 1).

V pôdnych typoch sa požadové hodnoty obsahu olova zvyšujú od 16 mg · kg⁻¹ do 44 mg · kg⁻¹ v tomto poradí: černoze a hnedozem → pseudoglej → čiernica a fluvizem → luvizem → regozem a pararendzina → ranker a kambizem → glej → litozem → rendzina → podzol (tab. 4, obr. 7). Uvedená postupnosť naznačuje nielen závislosť obsahu olova v pôdach od pôdotvorných substrátov, ale najmä cezhraničné znečistenie atmosféry a jeho následnú akumuláciu vo vysokohorských pôdach (podzolochoch, litozemiach a rendzinách). Najmenej variabilný je obsah olova v černoze, najviac v glejoch.

Priestorová distribúcia olova je veľmi variabilná. Zvýšený obsah olova je v pôdach Záhorskej nížiny, Malých Karpát, Považského Inovca, Tribeča, Javorníkov, Strážovských vrchov, Malej a Veľkej Fatry, Kysuckej vrchoviny, Tatier, Nízkych Tatier, Kremnických a Štiavnických vrchov, Spišsko-gemerského krasu, Slovenského krasu, Volovských vrchov, Čergova, Laboreckej vrchoviny a Vihorlatu.

Príčina zvýšeného obsahu olova spočíva v cezhraničnom znečistení atmosféry a následnom spade (suchom i mokrom) na pôdy vysokých a prihraničných pohorí, ale aj v rozsiahlych komplexoch granitoidných hornín, kde sa olovo koncentruje v živcoch. Príčinou je aj rozsiahla a dlhodobá ťažba, praženie a spracovanie polymetalických (Cu-Pb-Zn) rúd.

Zvýšený obsah olova v nívnych pôdach Hrona, Štiavnice a Hornádu je dôsledkom jeho dlhodobej akumulácie z geogénnych a antropogénnych zdrojov. Zvýšený obsah olova sa zistil aj v pestovaných kultúrnych plodinách a prirodzených rastlinných spoločenstvách (Bielek et al., 1998; deVries et al., 2003; Forgáč et al., 2000; Krauss et al., 2002).

Selén

Obsah selénu v pôdach Slovenska varírujú od <0,1 do 4 mg · kg⁻¹ (variačný koeficient 100 %). Charakteristický je interval <0,1 – 0,2 mg · kg⁻¹ s požadovou hodnotou 0,1 mg · kg⁻¹ a anomálnou hodnotou 0,43 mg · kg⁻¹ (tab. 1). V takmer 35 % analyzovaných pôdnych vzoriek obsah selénu nedosiahol detekčný limit použitej analytickej metódy (HG–AAS).

V pôdnych typoch požadové hodnoty selénu sú 0,3 mg · kg⁻¹ (podzol, glej), 0,2 mg · kg⁻¹ (litozem, ranker, čiernica, fluvizem) a 0,1 mg · kg⁻¹ (regozem, rendzina, pararendzina, černoze, hnedozem, luvizem, kambizem a pseudoglej). Tieto hodnoty poukazujú najmä na cezhraničné znečistenie atmosféry a následnú depozíciu selénu vo vysokohorských pôdach (podzoly, litozeme, rankery) a na migráciu zlúčenín selénu povrchovými a podzemnými vodami a ich následnú akumuláciu na biogeochemických a oxidačno-redukčných bariérach (glej, čiernica, fluvizem). Najnižšiu variabilitu selénu vykazovali hnedozeme, najväčšiu kambizeme.

Priestorová distribúcia selénu je veľmi monotónna, pričom slovenské pôdy majú deficit selénu. Zvýšený obsah (väčší ako požadovaná hodnota) sa vyskytuje v pôdach Malých Karpát, Podunajskej roviny, Štiavnických vrchov, Tatier, Levočských vrchov, Čergova, Laboreckej vrchoviny a Východoslovenskej nížiny.

Obsah selénu v pôdach Podunajskej roviny, a najmä Východoslovenskej nížiny pravdepodobne súvisí s procesmi zasolenia pôd a zastúpenia síranových iónov v podzemných a povrchových vodách a tým aj v pôdach.

Zinok

Obsah Zn v pôdach Slovenska varíruje v intervale 3 až 14 925 mg · kg⁻¹ (variačný koeficient 246,7 %). Charakteristický je interval 50 – 83 mg · kg⁻¹ s požadovou hodnotou 65 mg · kg⁻¹ a anomálnou hodnotou 132,5 mg · kg⁻¹ (tab. 1).

V pôdnych typoch sa požadové hodnoty zinku zvyšujú od 48 mg · kg⁻¹ do 88 mg · kg⁻¹ takto: luvizem a pseudoglej → regozem → černoze → hnedozem a podzol → kambizem → ranker → čiernica a fluvizem → litozem a pararendzina → glej → rendzina (tab. 4, obr. 8). Zistená postupnosť zvyšovania mediánových hodnôt naznačuje, že obsah zinku závisí od obsahu ílovej frakcie v pôde. Najnižšiu variabilitu mal obsah zinku v hnedozemiach, najväčšiu v pararendzinách.

Priestorová distribúcia zinku je variabilná. Zvýšený obsah sa vyskytuje v pôdach Podunajskej a Východoslovenskej nížiny, Malých Karpát, Javorníkov, Strážovských vrchov, Nízkych Tatier, Veľkej a Malej Fatry, Štiavnických vrchov, Krupinskej planiny, Kysuckej vrchoviny, Spišskej Magury, Laboreckej vrchoviny, Spišsko-gemerského krasu, Slovenského krasu a Volovských vrchov.

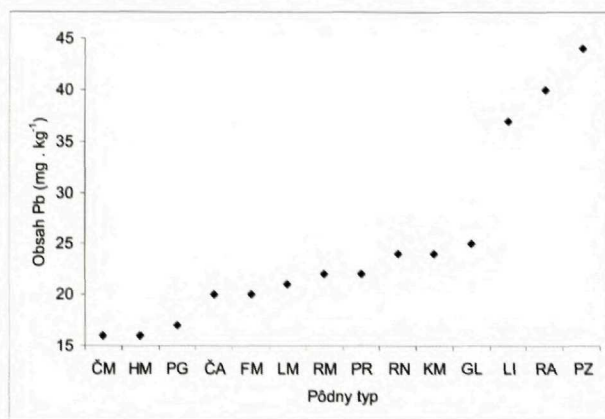
Zvýšený obsah zinku v niektorých pôdach Podunajskej a Východoslovenskej nížiny je spôsobený skutočnosťou, že pri svojej migrácii podzemnými a povrchovými vodami sa koncentruje na alkalických bariérach a zároveň jeho zdrojom je ílová frakcia pôd.

Zreteľne viac zinku obsahujú pôdy Štiavnických vrchov, ktoré sú geneticky spojené s výskytom polymetalického zrudnenia, úpravou a hutníctvom týchto rúd (Banská Štiavnica). V oblasti Spiša obsah zinku ovplyvňujú Kovohuty v Kropáčoch. Z regiónov so starou banskou a hutníckou činnosťou sa zinok rozptyľuje do okolia, najmä do nívnych oblastí potokov a riek. V dôsledku jeho dlhodobej akumulácie z geogénnych a antropogénnych zdrojov sa zistil zvýšený obsah v nívnych pôdach Hrona, Štiavnice a Hornádu. Prejavilo sa to aj zvýšeným obsahom zinku v pestovaných kultúrnych plodinách a prirodzených rastlinných spoločenstvách (Bielek et al., 1998; deVries et al., 2003; Forgáč et al., 2000; Krauss et al., 2002).

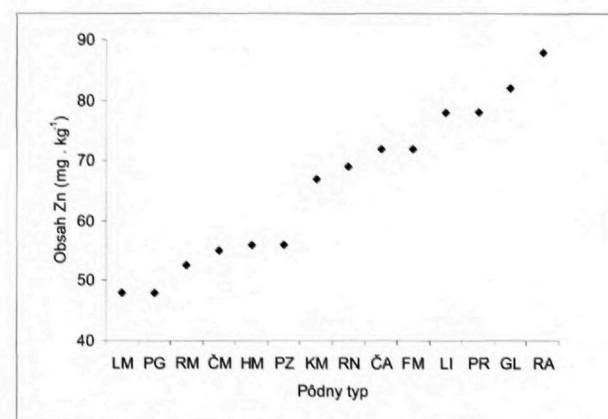
Porovnateľný zvýšený obsah zinku sa zistil v pôdach vinohradníckych oblastí Slovenska, kde sa zinok dostával do pôd z aplikovaných pesticídov (Malé Karpaty, oblasť Veľkého Krtiša, podvihorlatská oblasť, oblasť južného Gemera). V pôdach vysokohorských a krasových oblastí je zvýšený obsah zinku spôsobený inputom z atmosféry (mokré a suché spady).

Tab. 4 Pozad'ové a anomálne hodnoty obsahu ťažkých kovov podľa pôdnych typov (mg · kg⁻¹)

Ťažké kovy (1)	Štatistické parametre (2)	Pôdny typ (3)													
		LI (4)	RM (5)	RN (6)	RA (7)	PR (8)	ČM (9)	ČA (10)	HM (11)	LM (12)	KM (13)	PZ (14)	PG (15)	GL (16)	FM (17)
Pb	min. (18)	14	3	7	8	7	4	5	3	8	6	10	8	5	5
	DK (19)	26	15	18	25,25	16	13	16	14	16,25	18	35	15	18,5	16,5
	Me (20)	37	22	24	40	22	16	20	16	21	24	44	17	25	20
	HK (21)	50	30	37	58	38	18	24	18	26,75	35	70,5	22	28	27
	AH (22)	86	52,5	65,5	107,13	71	25,5	36	24	42,5	60,5	123,75	32,5	42,25	42,25
	max. (23)	228	86	370	317	205	72	801	78	169	2 122	810	82	1 480	1 572
n (24)	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	
Se	min.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	DK	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	0,1	< 0,1
	Me	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2
	HK	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,18	0,3	0,1	0,1	0,2	0,5	0,2	0,5	0,3
	AH	0,85	0,43	0,68	0,43	0,43	0,38	0,68	0,18	0,18	0,43	1,1	0,43	1,1	0,68
	max.	0,6	0,5	1,3	1,1	0,8	0,7	2,5	0,5	0,5	4	1,2	0,6	1,4	1,8
n	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	
Zn	min.	27	3	9	17	38	8	13	3	20	13	11	17	17	10
	DK	52,5	40	50	68	64	49	58	48	38	52	40	39	67,5	59
	Me	78	52,5	69	88	78	55	72	56	48	67	56	48	82	72
	HK	103,5	73	85	123	101	63	87	64	62	85	77	61	106	90
	AH	180	122,5	137,5	205,5	156,5	84	130,5	88	98	134,5	132,5	94,5	163,8	136,5
	max.	160	225	1 074	363	14 925	272	321	116	146	1 139	1 865	157	281	2 160
n	67	152	773	386	109	446	441	510	258	2 490	132	394	107	844	



Obr. 7 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt Pb v pôdnych typoch



Obr. 8 Trend zvyšovania pozad'ových hodnôt Zn v pôdnych typoch

Záver

Geochemické mapovanie pôd Slovenska umožnilo zhodnotiť priestorovú distribúciu ťažkých kovov v pôdach Slovenska a v hlavných pôdnych jednotkách.

V pôdach na flyšoidných horninách je geogénne podmienený zvýšený obsah kadmia, medi, chrómu a niklu.

V oblastiach výskytu a ťažby rudných ložísk sa vyskytuje zvýšený obsah arzénu, kadmia, medi, ortuti, olova a zinku.

Atmosférická cezhraničná kontaminácia pôd arzénom, kadmim, ortuťou, olovom, selénom a zinkom sa zistila v prihraničnom oblúku Západných Karpát s Českom a Poľskom a vo vysokohorských pôdach.

Niektoré lokálne výskytu zvýšeného obsahu arzénu, medi, ortuti a zinku v poľnohospodárskych pôdach majú pôvod v agrochemikáliách používaných pri pestovaní obilnín, viniča, zeleniny a ovocia.

V dôsledku dlhodobej akumulácie z geogénnych a antropogénnych zdrojov sa zistil zvýšený obsah arzénu, kadmia, medi, ortuti, olova a zinku v kultúrnych plodinách a prirodzených rastlinných spoločenstvách v niektorých nívných pôdach Hrona, Štiavnice a Hornádu.

Antropogénne podmienený environmentálny problém predstavuje obsah arzénu v pôdach Hornej Nitry, obsah chrómu v pôdach v okolí ferozliatinových závodov, zbrojoviek, drôtovní a kožiarskych závodov a obsah niklu v okolí Niklovej huty v Seredi.

Na základe geochemického mapovania pôd sa zistilo, že pôdy Slovenska majú deficit selénu.

Obsah ťažkých kovov v pôdach Slovenska ovplyvňuje najmä litologická pestrosť geologických jednotiek, rozdielna horninová výplň kotlín a nížin, existencia rozsiahlych plôch hydrotermálne alterovaných a mineralizovaných hornín, uplatnenie rôznych epigenetických geochemických procesov v pôdach, rozdielne hydromorfné ovplyvnenie pôd, stáročná ťažba a spracovanie rudných, ale aj nerudných surovín, cezhraničná migrácia prvkov v atmosfére a hydrosfére a poľnohospodárska činnosť človeka.

Charakter distribúcie ťažkých kovov v pôdach Slovenska spôsobuje nielen environmentálne problémy, ale otvára aj komplexnú problematiku tvorby limitov a bio-prístupnosti ťažkých kovov v závislosti od variability zloženia pôd.

Literatúra

- Alloway, B. J., 1990: Heavy metals in Soils. London, 342 s.
- Batjes, N. H., 1997: A world dataset of derived soil properties by FAO-UNESCO soil unit for global modelling. In: Soil Use and Management, 13, s. 9 – 16.
- Bielek, P., Bujnovský, R., Fiala, K., Kobza, J., Linkeš, V., Matúšková, L., Miklovič, D., Pechová, B. a Zrubec, F., 1998: Potenciály a bariéry transportu škodlivín z pôdy do potravinového reťazca. Manuskript. Bratislava, archív VÚPÚ, 290 s.
- Čurlík, J., Šefčík, P., Matisová, E., Planderová, M., Vojtek, R. a Ivančo, P., 1997a: Súbor máp geofaktorov životného prostredia v mierke 1 : 50 000 regiónu Vysoké Tatry. Manuskript. Bratislava, archív VÚPÚ, 41 s.
- Čurlík, J., Šefčík, P., Matisová, E., Planderová, M., Vojtek, R. a Ivančo, P., 1997b: Súbor máp geofaktorov životného prostredia v mierke 1 : 50 000 regiónu Ružomberok – Liptovský Mikuláš. Manuskript. Bratislava, archív VÚPÚ, 34 s.
- Čurlík, J., Šefčík, P. a Vojtek, R., 1997c: Súbor máp geofaktorov životného prostredia regiónu modelového územia Galanta v mierke 1 : 50 000 – mapa pedogeochemická. Manuskript. Bratislava, archív VÚPÚ, 25 s.
- Čurlík, J., Ivančo, P., Šefčík, P. a Bartko, Š., 1998: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia regiónu Košice – abiotická zložka. Manuskript. Bratislava, archív VÚPÚ, 52 s.
- Čurlík, J., Šefčík, P., Planderová, M. a Vojtek, R., 1999a: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia regiónu Banská Bystrica – Zvolen v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív VÚPOP, 32 s.
- Čurlík, J., Matisová, E. a Šefčík, P., 1999b: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia regiónu Jelšava – Lubenik – Hnúšťa v mierke 1 : 50 000, mapa pedologická a pedogeochemická. Manuskript. Bratislava, archív VÚPOP, 55 s.
- Čurlík, J., Šefčík, P. a Vojtek, R., 2000: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia severovýchodnej časti okresu Levice v mierke 1 : 50 000 – Pôdna a pedogeochemická mapa. Manuskript. Bratislava, archív VÚPOP, 76 s.
- Čurlík, J. a Šefčík, P., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky, časť V – Pôdy. 1.vyd. (ISBN-80-8833-14-0). Bratislava, MŽP SR – VÚPOP, 99 s.
- Čurlík, J. a Šefčík, P., 2000a: Súbor regionálnych máp geologických faktorov životného prostredia regiónu Stredné Považie (Žilina – Trenčianska Teplá) v mierke 1 : 50 000, pedogeochemická mapa. Manuskript. Bratislava, archív VÚPOP, 40 s.
- Čurlík, J. a Šefčík, P., 2000b: TIBREG – prieskum prírodných zdrojov vo vzťahu k životnému prostrediu v styčnom regióne Slovensko – Maďarsko – Ukrajina. Manuskript. Bratislava, archív VÚPOP, 69 s.
- Čurlík, J. a Šefčík, P., 2001: Heavy metals and organic matter in Slovakian soils. Manuskript. Ispra – JEC, 16 s.
- de Vries, W., Groenenberg, J. E., Murányi, A., Čurlík, J., Šefčík, P., Romkens, P. F. A. M., Reinds, G. J., Bril, J., Modin, A. K., Sverdrup, H. U. a Alloway, B. J., 2003: Long-term risks of inadequate management practices on the sustainability of agricultural soils. In: Alterra-rapport 816 (ISSN 1566-7197), Wageningen, Alterra, 230 s.
- Forgáč, J., Streško, V., Šomšák, L. a Šimoničová, A., 2000: Biologická akumulácia ťažkých kovov v silne znečistenej pôde v aluviálnej oblasti Štiavnického potoka. In: Miner. slov. (Bratislava), roč. 32, č. 2, s. 103 – 108.
- Hoaglin, D.C., Mosteller, F. a Tukey, J. W., 1983: Understanding Robust and Exploratory Data Analysis. New York, John Wiley & Sons, 452 s.
- Hraško, J., Linkeš, V., Němeček, J., Novák, P., Šály, R. a Šurina, B., 1991: Morfogenetický klasifikačný systém pôd ČSFR. 2. vyd. Bratislava, VÚPÚ, 106 s.
- Inácio, M. M., Pereira, V. a Pinto, M. S., 1998: Mercury contamination in sandy soils surrounding an industrial emission source (Estarreja, Portugal). In: Geoderma, 85, s. 325 – 339.
- Kabata-Pendias, A. a Pendias, H., 1992: Trace elements in Soils and Plants. 2nd edition. London, CRC Press, 365 s.
- Krauss, M., Wilcke, W., Kobza, J. a Zech, W., 2002: Predicting heavy metal transfer from soil to plant: potencial use of Freudlich – and Langmuir – type functions. In: J. Plant Nutr. Soil. Sci., 165, s. 3 – 8.
- Lis, J. a Pasioczna, A., 1995: Atlas Geochemiczny Polski 1 : 2 500 000 (ISBN 83-903705-9-X). Warszawa, Państwowy Instytut Geologiczny, 34 s.
- Marsina, K., Bodiš, D., Havrila, M., Janák, M., Káčer, Š., Kohút, M., Lexa, J., Rapant, S. a Vozárová, A., 1999: Geo-

chemický atlas Slovenskej republiky, časť III: Horniny. 1. vyd. (ISBN 80-88833-17-5). Bratislava, MŽP SR - GS SR 135 s.

McGrath S. P. a Loveland, P. J., 1992: The soil geochemical atlas of England and Wales. Glasgow, Blackie Academic & Professional, 101 s.

The heavy metals distribution in the Slovakian soils

Summary

The accumulation of the heavy metals in soils poses many risks to human and ecosystem health. Although the total content of the heavy metals in soils is an important indicator of soil contamination.

This paper is based on the results of geochemical soil mapping. In the territory of the Slovak Republic was connected with two projects – *Geochemical atlas of the Slovak republic* and *Set of Regional Maps of Geological Factors of the Environment*. Analytical results (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) from 7189 soil samples were completed into relation databases of the regions and the whole Slovakia.

The objectives of the statistical analysis, of the pedo-geochemical database, was to characterize the heavy metals distribution variability within soil units (Lithosols, Regosols, Rankers, Rendzinas, Pararendzinas, Chernozems, Fluvic Phaeozems, Orthic Luvisols, Luvisols, Cambisols, Podzols, Planosols, Gleysols, Fluvisols). The purposes of this paper are to present the current information on background and anomalous values of the heavy metals in soil units, all Slovakian soils.

From statistical point of view, median was taken as background value, anomalous values were calculated according to formula $AV = 1,5 \times (UQ - LQ) + UQ$, and interquartile range according to formula $IR = UQ - LQ$. Obtained data have served for the preparation of environmental soil quality criteria and background values for soil units, and the basis for correlation studies also European context.

Fig. 1 Increasing trend of the background values As in soil types

Fig. 2 Increasing trend of the background values Cd in soil types

Fig. 3 Increasing trend of the background values Cr in soil types

Fig. 4 Increasing trend of the background values Cu in soil types

Fig. 5 Increasing trend of the background values Hg in soil types

Fig. 6 Increasing trend of the background values Ni in soil types

Fig. 7 Increasing trend of the background values Pb in soil types

Fig. 8 Increasing trend of the background values Zn in soil types

Table 1 Descriptive statistics of heavy metals in Slovakian soils (mg . kg⁻¹)

(¹) statistical characteristics, (²) detection limit, (³) number of samples below the detection limit, (⁴) minimum, (⁵) lower quartile, (⁶) median, (⁷) upper quartile, (⁸) maximum, (⁹) arithmetic mean, (¹⁰) standard deviation, (¹¹) geometric mean, (¹²) anomalous value, (¹³) coefficient of variation, (¹⁴) number of samples, (¹⁵) heavy metals

Table 2 The background and anomalous value of heavy metals according to soil types (mg . kg⁻¹)

(¹) heavy metals, (²) statistical parameters, (³) soil type, (⁴) lithosols, (⁵) regosols, (⁶) rankers, (⁷) rendzinas, (⁸) pararendzinas, (⁹) chernozems, (¹⁰) fluvic phaeozems, (¹¹) orthic luvisols, (¹²) luvisols, (¹³) cambisols, (¹⁴) podzols, (¹⁵) planosols, (¹⁶) gleysols, (¹⁷) fluvisols, (¹⁸) minimum, (¹⁹) lower quartile, (²⁰) median, (²¹) upper quartile, (²²) anomalous value, (²³) maximum, (²⁴) number of samples

Table 3 The background and anomalous value of heavy metals according to soil types (mg . kg⁻¹)

(¹) heavy metals, (²) statistical parameters, (³) soil type, (⁴) lithosols, (⁵) regosols, (⁶) rankers, (⁷) rendzinas, (⁸) pararendzinas, (⁹) chernozems, (¹⁰) fluvic phaeozems, (¹¹) orthic luvisols, (¹²) luvisols, (¹³) cambisols, (¹⁴) podzols, (¹⁵) planosols, (¹⁶) gleysols, (¹⁷) fluvisols, (¹⁸) minimum, (¹⁹) lower quartile, (²⁰) median, (²¹) upper quartile, (²²) anomalous value, (²³) maximum, (²⁴) number of samples

Table 4 The background and anomalous value of risk elements according to soil types (mg . kg⁻¹)

(¹) heavy metals, (²) statistical parameters, (³) soil type, (⁴) lithosols, (⁵) regosols, (⁶) rankers, (⁷) rendzinas, (⁸) pararendzinas, (⁹) chernozems, (¹⁰) fluvic phaeozems, (¹¹) orthic luvisols, (¹²) luvisols, (¹³) cambisols, (¹⁴) podzols, (¹⁵) planosols, (¹⁶) gleysols, (¹⁷) fluvisols, (¹⁸) minimum, (¹⁹) lower quartile, (²⁰) median, (²¹) upper quartile, (²²) anomalous value, (²³) maximum, (²⁴) number of samples

Vyhľadávanie telies litotamniových vápencov vo Viedenskej panve pomocou seizmických atribútov

RICHARD ĎUROVIČ^{1,2}

¹Euro-geologic, a. s., Tomášikova 26, 821 01 Bratislava, rdurovic@egeo.sk

²Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Abstract. Production of hydrocarbons from fossil reefs holds recently a significant position within the world's oil and gas production. In the Vienna Basin they are represented by the Miocene red algal reefs of so called "Lithothamnion limestones". Bodies of these limestones occur here in two forms, either in areal extensive objects – biostromes or in dome structures – biohermes. The shape of these forms depends on paleoenvironmental conditions. Occurrence of algal limestone complexes is beside classical seismic methods and well log study recently verified by the use of new geophysical prospection methods, particularly on seismic attributes analysis. The seismic survey give an broad scale of opportunities for application of superstructural techniques which can be usefully exploited by detection of limestone bodies and hydrocarbon potential. It enables to detect some oil and gas bearing structures which were not able to be discovered by the use of classical exploration techniques.

Kľúčové slová: Viedenská panva, miocén, riasový vápenc, karotážne merania, 3D seizmika, seizmické atribúty, prospekcia uhl'ovodíkov

Úvod

Rezervoárový potenciál hornín rifových komplexov sa považuje za vysoký najmä vďaka ich petrofyzikálnym vlastnostiam – pórovitosti a priepustnosti (Köhler a Salaj, 1995). Dôkazom toho sú aj svetové ropné ložiská ako pole Intisar D v Líbyi, na ktorom ide o paleocénne rifové telesá, či ložisko Kirkuk v Iraku, tvorené oligocénnym rifovým komplexom (Köhler a Salaj, 1995). Známe sú rifové komplexy vrchnodevónskeho veku z Alberty v Kanade (Mountjoy, 1980; Köhler a Salaj, 1995) alebo karbónskeho veku z Nového Mexika, západného Texasu a Oklahomy, ktoré lemujú známe ropné polia (Köhler a Salaj, 1995).

Z územia Západných Karpát je výskyt uhl'ovodíkov v rifových komplexoch známy predovšetkým z miocénnych usadenín Viedenskej panvy. Ide o biohermy a biostromy riasových vápencov, nazývaných aj „litotamniové vápence“. Rozšírenie rifových komplexov červených rias je známe z územia Rakúska, Českej republiky a Slovenska.

Geologické prostredie a podmienky vzniku rifových komplexov

Rifové komplexy sú osobitý prípad plytkovodných sedimentov. Sú známe z prostredia karbonátových platforiem a rámp bez prímеси terigénnych sedimentov s vys-

kou priemernou teplotou vody, dostatočným množstvom slnečného žiarenia a normálnou salinitou. Na ich rast je potrebná určitá tektonická stabilita, minimálne kolísanie morskej hladiny, dostatočné množstvo živín a pod. (Köhler a Salaj, 1995). Recentné výskyt rifových štruktúr okrem iného poskytujú aj širokú škálu možností výskumu. Získané poznatky možno čiastočne aplikovať aj na fosilné rifové komplexy bez ohľadu na niektoré faktory ako čas, diagenéza, kompakcia a iné.

V súčasnosti sa rifové komplexy tvoria na rozsiahlych plytčinách, prípadne v samotnej lagúne, kde sa môže vytvárať množstvo drobných kolónií koralov alebo rias, tzv. „patch reefs“. Vo fosilnom stave je často obťažné určiť, či ide o pravý rif tvorený v prevažnej miere červenými riasami alebo koralmi, t. j. o stavbu siahajúcu až k hladine odolávajúcu vlnám, alebo len o šošovkovitú akumuláciu detritu stielok rias a koralov.

Podľa tvaru telies riasových vápencov rozoznávame dve formy, a to kupolovité telesá – biohermy – alebo plošne rozšírené vrstvomité telesá – biostromy (Mišík et al., 1984). Obe formy závisia od paleogeografickej pozície a dynamiky sedimentačného prostredia.

Litotamniové vápence vo Viedenskej panve

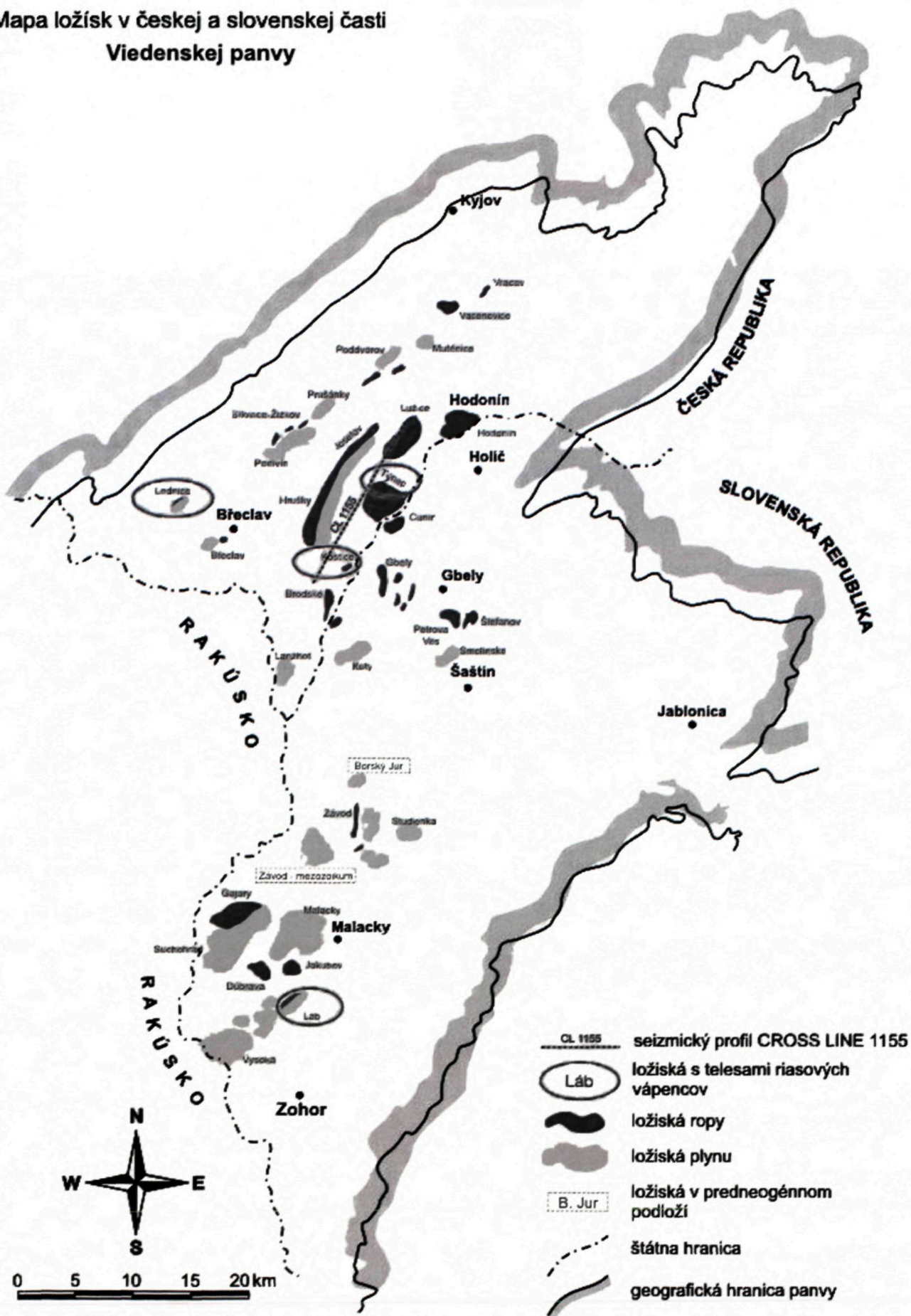
Litotamniové vápence sa vo Viedenskej panve nazývajú aj litavské vápence podľa Litavského pohoria v Rakúsku. Ide o strednomiocénne, bádenské vápence. Na ich stavbe sa okrem rias v značnej miere podieľajú aj iné skupiny morských organizmov ako koral, lastúrniky, ulitníky, červy, dierkavce a iné, reprezentujúce významnú plytkovodnú karbonátovú fáciu (Riegl a Piller, 2000).

Najlepšie vyvinuté rifové štruktúry sú známe z južného výbežku Litavského pohoria. Litotamniové vápence sa tam vyznačujú najväčším druhovým zastúpením organizmov, predovšetkým červených rias a koralov. Biohermné telesá tam dosahujú hrúbku viac ako 50 m. Počas stredného a vrchného bádenu totiž vyčnievali nad morskú hladinu len vrcholy dnešného Litavského pohoria. Jeho svahy boli ponorené a poskytovali vhodný podklad na tvorbu rifov predovšetkým zo stielok červených rias.

Plytkovodné morské prostredie s dostatkom živín a bez prínosu terigénneho materiálu umožnilo depozíciu dnešných litavských vápencov (Riegl a Piller, 2000).

Biohermy litotamniových vápencov sa vyskytujú aj v severnej a severovýchodnej časti Viedenskej panvy na

Mapa ložísk v českej a slovenskej časti
Viedenskej panvy



Obr. 1 Ložiská s telesami riasových vápencov

území Českej republiky a Slovenska. Podobne ako v rakúskej časti ich tvoria najmä stielky červených rias rodu *Lithothamnium*.

Z oblasti hodonínsko-gbelskej hrasti sú známe z vrstvomého sledu sedimentov stredobádenského veku a podobne aj z oblasti lábsko-malackej elevácie. Typický výskyt riasových vápencov z lokality Sandberg pri Devínskej Novej Vsi sa zaraďuje do vrchného bádenu (Baráth et al., 1994).

Uhl'ovodíkový potenciál

Severná časť Viedenskej panvy je región, v ktorom prebieha ťažba uhl'ovodíkov už od začiatku minulého storočia. Geofyzikálny, resp. geologický prieskum je tu na vysokom stupni. Takmer celé územie severnej časti Viedenskej panvy je pokryté 3-D seizmickým prieskumom.

Popri neustálom vývoji prieskumných metód sa stále objavujú aj nové, netradičné štruktúry výskytu uhl'ovodíkov. Jednou z takýchto štruktúr sú telesá litotamniových vápencov. Vďaka svojim petrofyzikálnym vlastnostiam – pórovitosti a priepustnosti – sa javia ako vhodné kolektory uhl'ovodíkov. Biostrómy sa vzhľadom na menšiu hrúbku a zriedkavé preplástky ílovitých hornín vyznačujú o niečo horšími kolektorovými vlastnosťami ako biohermy.

V českej a slovenskej časti Viedenskej panvy je niekoľko ložísk, na ktorých sa zistili priemyselné akumulácie ropy v telesách riasových vápencov prevažne stredobádenského veku. Sú to ložiská Týnec, Kostice, Lednice a Láb (obr. 1).

V slovenskej časti panvy je zaujímavé ložisko Láb na tzv. lábsko-malackej hrasti. Nachádzajú sa tu tri biohermy litotamniových vápencov stredobádenského veku, ktoré vytvárajú kužeľovitité telesá s vejárovitou základňou (obr. 2). Najväčšia z nich je centrálna bioherma pri Plaveckom Štvrtku s dĺžkou 2,7 km a šírkou 1,5 km. Jej výška je 128 m (Jiříček, 2002).

Nadstavbové spracovanie meraní seizmického prieskumu na svahoch hodonínsko-gbelskej hrasti

Litotamniové vápence sa na klasických karotážnych meraniach prejavujú vysokými hodnotami odporu. Spôsobuje to ich vápnitá zložka (obr. 3). Keďže ide o porézne horniny, ktoré môžu obsahovať fluidá, pri určovaní priepustnosti týchto hornín sa využíva metóda spontánnej polarizácie – SP.

Podobne výrazne sa prejavujú aj na seizmickom obraze. Silnú reflexivitu spôsobuje litológia organogénnych vápencov, čo umožňuje ich pomerne ľahkú identifikáciu (obr. 4).

Presné a detailné informácie o štruktúrnych, stratigrafických a litologických parametroch pri interpretácii seizmických údajov v súčasnosti poskytujú nové metódy – napríklad analýza seizmických atribútov. Výpočty a použitie seizmických atribútov vychádzajú zo základných princípov seizmického prieskumu, ktorý sa využíva najmä pri určovaní geologických štruktúr. V spojení s ostatnými meraniami odvodenými zo seizmiky sa v súčasnosti

stali plnohodnotnými analytickými nástrojmi na určovanie litológie a charakteru rezervoárových vlastností (Marfurt, 2006).

Analýzy seizmických atribútov a ich interpretácie v súčasnosti poskytujú informácie na vysokej kvalitatívnej úrovni o geometrii a fyzikálnych parametroch formácií pod zemským povrchom. Analýza seizmických atribútov je detailné štúdium seizmických reflexov vzťahujúcich sa na určité vrstvy alebo horizonty (Marfurt, 2006). Je časovo náročná a vyžaduje softvérové spracovanie. Preto sa používa len pri záujmových reflexoch, napr. pri ložiskových vrstvách, v ktorých sa očakáva výskyt uhl'ovodíkov. Pri analýze seizmických atribútov sledujeme, ako sa reflexy menia zo stopy na stopu a sledujeme ich atribúty.

V nasledujúcej tabuľke sú uvedené základné seizmické atribúty a ich využitie pri geologickom prieskume.

Tabuľka základných seizmických atribútov © 2007 Schlumberger Limited

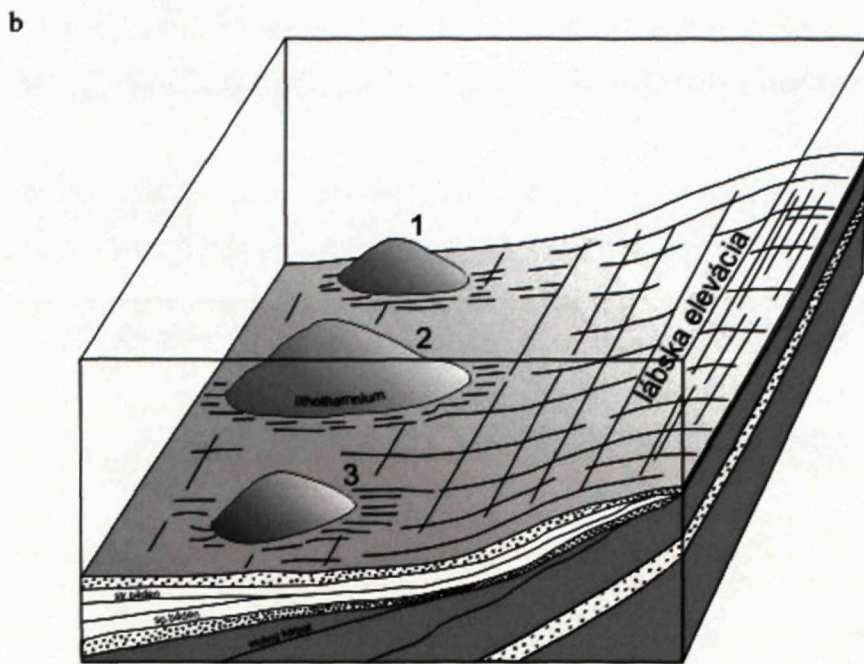
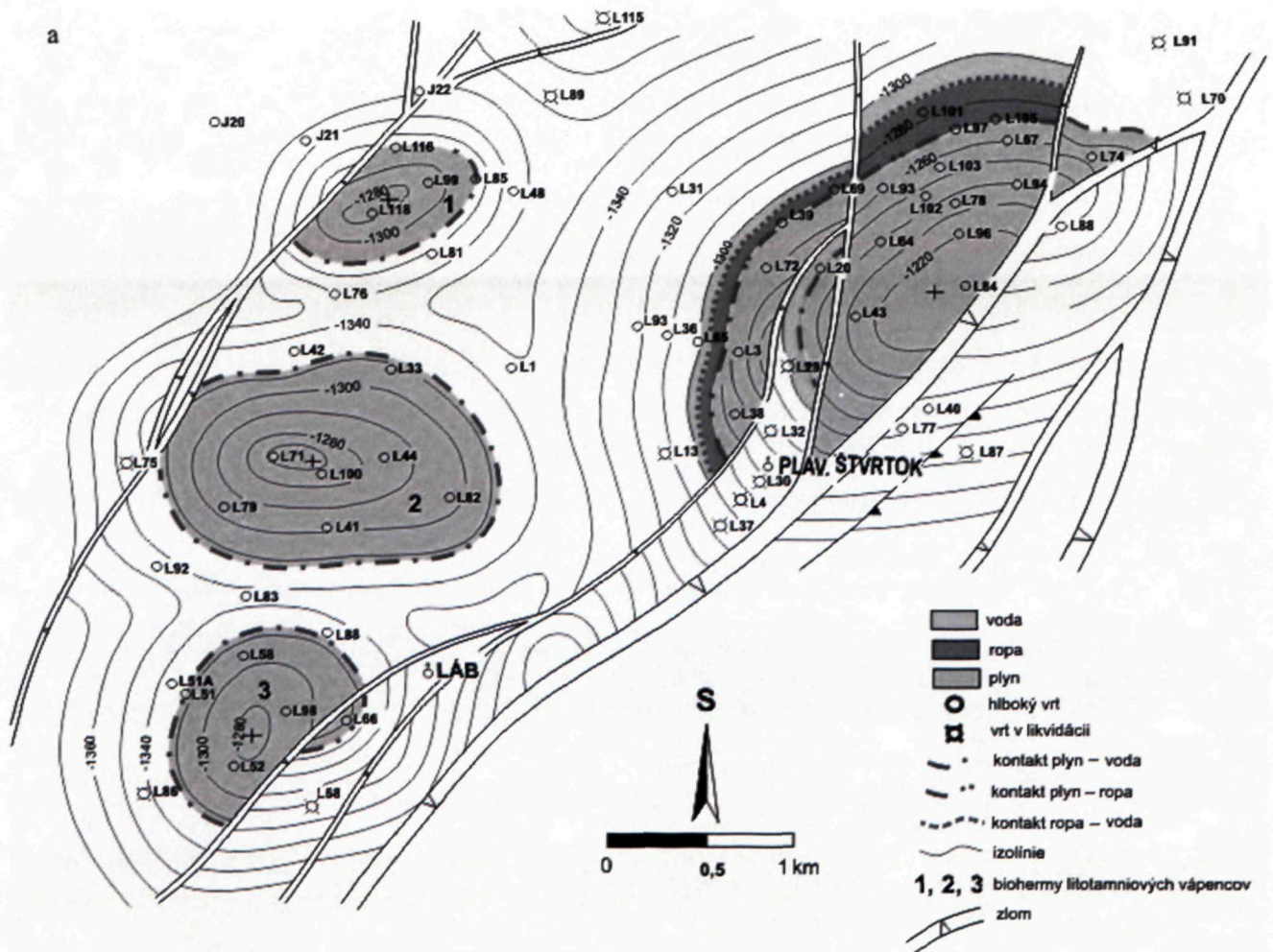
Geologický význam seizmických atribútov	
Amplitúda	Litologický kontrast Spojitosť vrstiev Uloženie vrstiev Celková porozita Obsah fluid
Okamžitá frekvencia	Hrúbka vrstvy Litologický kontrast Obsah fluid
Sila reflexu	Litologický kontrast Spojitosť vrstiev Uloženie vrstiev Celková porozita
Okamžitá fáza	Spojitosť vrstiev
Polarita reflexu	Polarita seizmického signálu Litologický kontrast

Využitie analýzy seizmických atribútov ilustrujeme v nasledujúcej časti na príklade telies riasových vápencov na jv. svahoch hodonínsko-gbelskej hrasti. Niekoľkými vrtni sa tam zachytilo rozsiahle teleso biostrómy litotamniových vápencov v usadeninách bádenského veku (obr. 5).

Bádenský vrstvomý sled v moravskej ústrednej priehlbine a na svahoch hodonínsko-gbelskej hrasti sa začína usadeninami lanžhotského súvrstvia (Špička, 1969; Vass, 2002) dosahujúceho hrúbku 500 – 700 m. Nad bazálnymi pieskami a zlepenkami ho reprezentuje prevažne pelitický vývoj s typickou lagenidovou faunou (Grill, 1941, 1943).

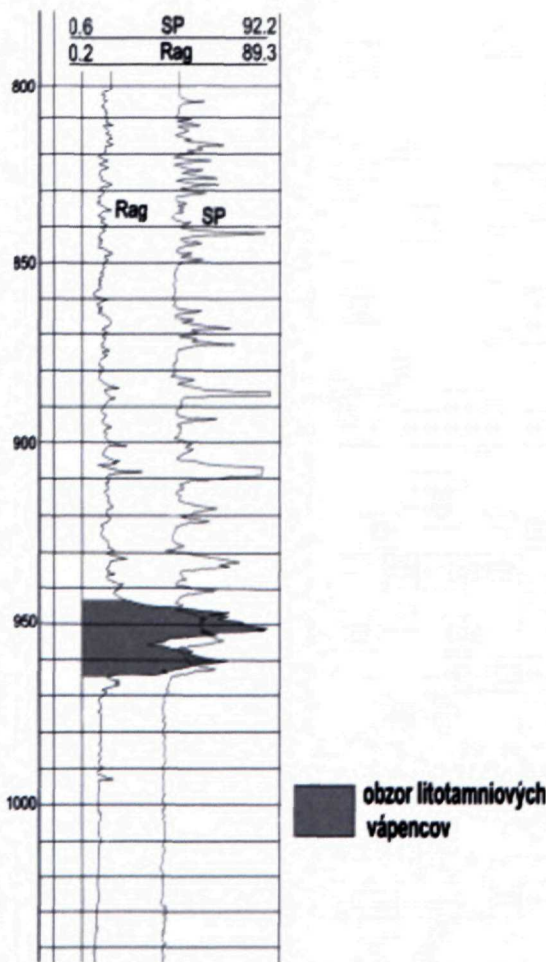
V nadloží sa objavujú usadeniny jakubovského súvrstvia stredobádenského veku v dvoch rozdielnych vývojoch (Špička, 1969; Vass, 2002).

Spodnú časť tvoria plytkovodné lagunárne sedimenty s nepravidelnými telesami pieskov s brakickou faunou. Hrúbka v moravskej ústrednej priehlbine sa pohybuje v rozmedzí od 1 000 do 1 200 m a na západných svahoch hodonínsko-gbelskej hrasti od 50 do 150 m. Terminálne najvyššie piesky tejto série sa nazývajú lábske piesky. Majú veľké plošné rozšírenie, ale ich hrúbka smerom k okraju panvy klesá.



1, 2, 3 – biohermy litotamniových vápencov

Obr. 2 a) Štruktúrna mapa biohermných litotamniových vápencov na lábskej elevácii
 Obr. 2 b) Tri biohermy strednobádenského veku na lábskej elevácii v Slovenskej časti Viedenskej panvy (prevzaté a upravené podľa Brzobohatého, R. et al., 1981)



Obr. 3 Prejav litotamniových vápencov na karotážnych meraniach odporovou metódou Rag a metódou SP (R. Ďurovič, 2007)

Vo vrchnej časti strednobádenského komplexu sú v moravskej ústrednej priehlbine uložené íly patriace do zóny aglutinancií (Grill, 1941, 1943), ktoré sa smerom k okrajom panvy vyklinujú. Lokálne, predovšetkým na okrajoch sedimentačného priestoru práve na západných svahoch hodonínsko-gbelskej hrasti, ich zastupujú litotamniové vápence (obr. 6).

Vrstvový sled zakončuje vrchnobádenské studienčanské súvrstvie v prevažne pelitickom vývoji (Špička, 1969; Vass, 2002) s charakteristickou faunou bulimínovo-bolívínovej biozóny (Grill, 1941, 1943).

Najdôležitejšie seizmické atribúty sú *amplitúda*, *frekvencia*, *sila reflexu*, *okamžitá fáza* a *polarita reflexu*. Zmeny týchto atribútov sa interpretujú ako zmeny parametrov ložiskovej horniny, napríklad zmeny v hrúbke, pórovitosti, obsahu fluid a pod. Pomocou modelovania sa hľadá najlepšie vyhovujúci model, ktorý by zodpovedal danej situácii na seizmických profiloch (Turhan Taner, 2001).

V prípade *okamžitých amplitúd* (obr. 7) sa biostrómové teleso na seizmickom profile jasne zvýrazní spojitým reflexom. Na seizmickom profile sú pomerne dobre viditeľné aj úložné pomery neogénnych súvrství. Výraznejšie reflexy môžu indikovať zmeny v litologickom zložení.

V prípade *okamžitých frekvencií* (obr. 8) nie je teleso litotamniových biostróm až také jasne viditeľné. Na seizmickom profile sú jasne viditeľné súvrstvia s odlišnou litológiou. Konkordantné reflexy vo vrchnej časti profilu

a ich pomerne súvislé usporiadanie naznačujú, že dynamika sedimentačného prostredia bola pokojnejšia ako v nižších častiach seizmického profilu.

Reflexy na obraze *okamžitých fáz* (obr. 9) majú podobný trend ako reflexy obrazu okamžitých frekvencií. Prakticky signalizujú podobné javy ako okamžité frekvencie. Navyše, zvýrazňujú diskordancie medzi jednotlivými súvrstviami, resp. úložné pomery súvrství v skúmanej oblasti.

Teleso biostrómy v oblasti hodonínsko-gbelskej hrasti interpretované použitím 3-D seizmických meraní je porušené systémom zlomov s výškou skoku asi 10 – 40 m približne ssz.-jjv. smeru s úklonom na ZJZ (obr. 10).

Keďže ide o jeden z najvýraznejších fenoménov oblasti, realizovala sa na ňom plošná analýza seizmických atribútov. Z množstva atribútov sa vybralo šesť, na ktorých sa intenzívne prejavujú vlastnosti tohto telesa. Prvoradou snahou bolo vymedziť hranice litotamniovej biostrómy a zmapovať priebeh tektoniky.

V prípade *kladnej amplitúdy* (obr. 11) sa povrch litotamniového obzoru zmapoval na každom profile v sledovanej oblasti, podobne aj v prípade ďalších seizmických atribútov. Následne sa vyrovnal do horizontálnej roviny a v kladnej amplitúde sa viedol horizontálny rez. Biostróma organogénnych vápencov je od okolitého prostredia jasne odlišená tmavými farbami. Zrejmý je aj priebeh tektoniky – línie sú znázornené úzkymi svetlými pásmi približne ssz.-jjv. smeru.

V našom prípade sa analyzovalo okno v rozpätí 50 milisekúnd od zmapovaného povrchu. Zmenami niektorých atribútov sa prejavujú niektoré vlastnosti analyzovaného telesa litotamniových biostrómových vápencov (obr. 12, 13, 14).

V oblasti *frekvencií a fáz* už obraz nie je taký dokonalý (obr. 15, 16). Môže však indikovať petrofyzikálne vlastnosti rozľahlej biostrómy (pórovitosť a priepustnosť). Intenzívne červené farby môžu signalizovať oblasti s lepšími petrofyzikálnymi vlastnosťami.

Na presnú analýzu v tomto prípade by však bolo potrebné vyhodnotiť petrofyzikálne vlastnosti z karotážnych meraní vrtov a vrtných jadier, následne ich porovnať s výsledkami analýzy seizmických atribútov a až potom by bolo možné jednoznačnejšie sa vyjadriť k petrofyzikálnym vlastnostiam litotamniovej biostrómy.

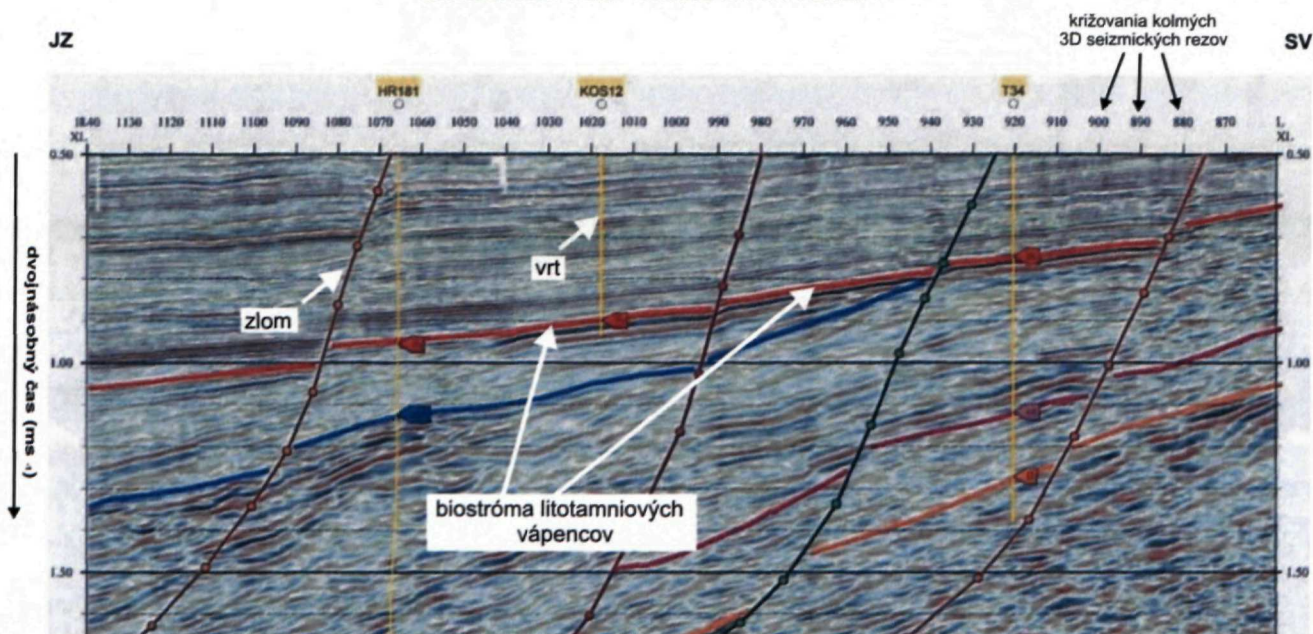
Záver

Interpretácie 3-D seizmických meraní a analýza seizmických atribútov priniesli niektoré nové poznatky o geologickej stavbe telies litotamniových vápencov na svahoch hodonínsko-gbelskej hrasti.

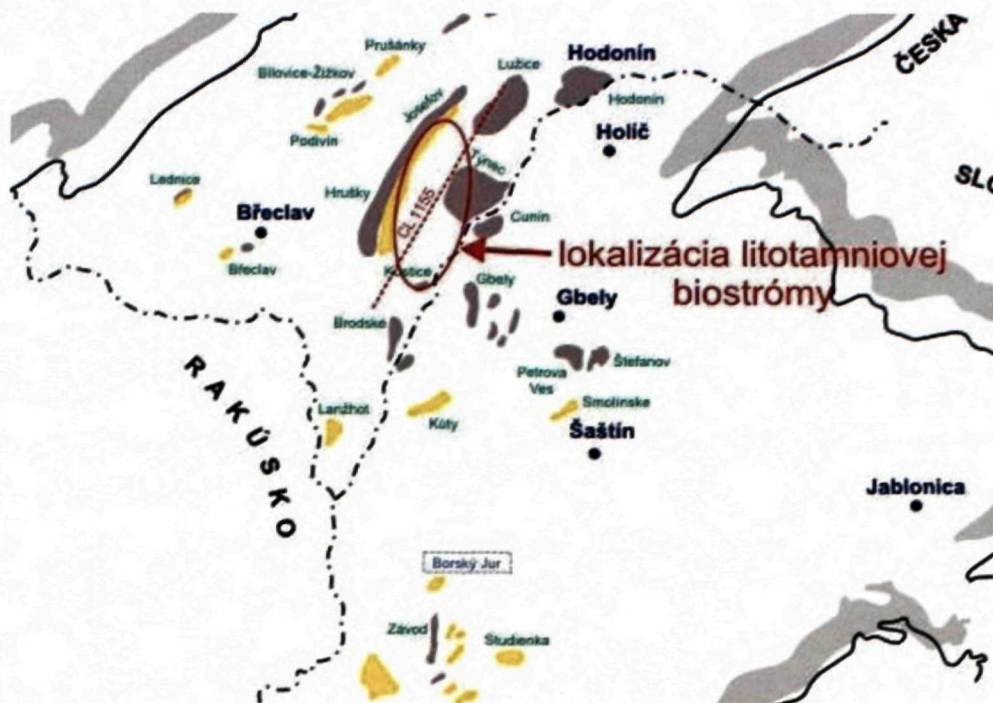
- Kvalitné 3-D seizmické meranie umožnilo pomerne presne interpretovať plošné rozšírenie biostrómy aj v relatívne komplikovaných geologických podmienkach (obr. 17).

- Pomocou analýzy seizmických atribútov bolo dobre identifikovateľné plošné rozšírenie biostróm a priebeh tektoniky. Je veľmi pravdepodobné, že pomocou analýzy seizmických atribútov spolu s analýzou karotážnych kriviek bude možné sledovať plošnú distribúciu petrofyzikálnych vlastností v biostróme.

Juhozápadné svahy hodonínsko-gbelskej hraste CROSSLINE 1155 - MIGROVANÁ VERZIA



Obr. 4 Prejav litotamniových vápencov na seizmickom profile



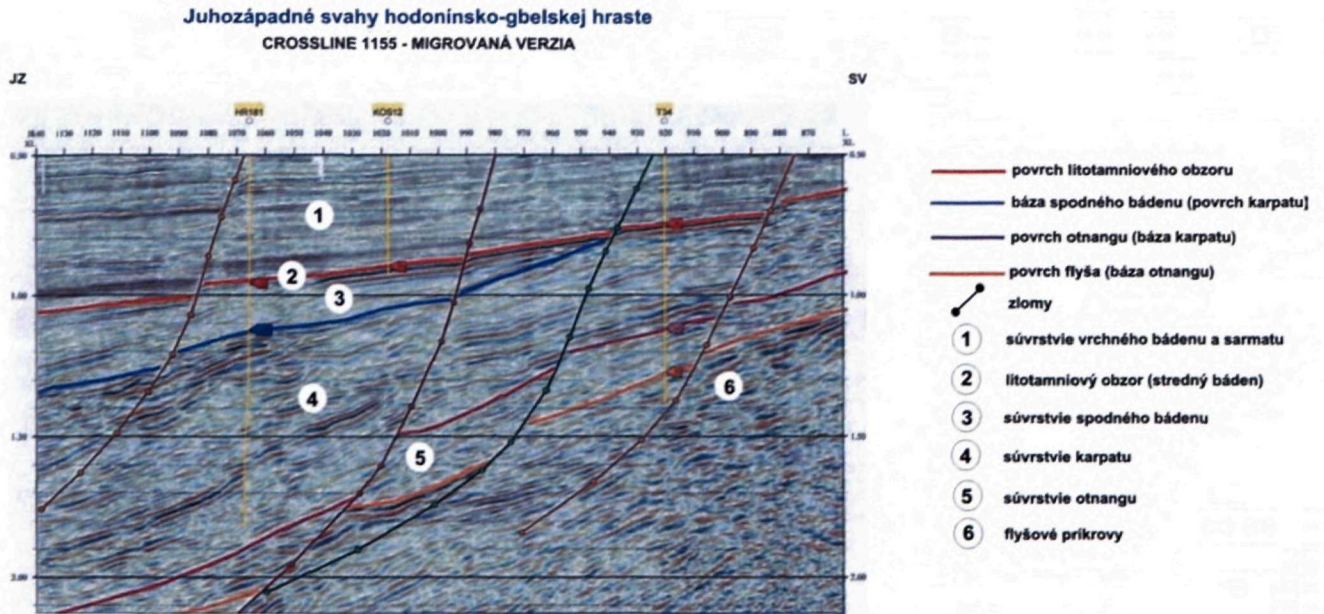
Obr. 5 Situačná mapka skúmaných litotamniových biostrómových vápencov

- Teleso litotamniových biostrómových vápencov v severnej časti Viedenskej panvy sa ukázalo ako objekt vhodný na realizáciu nadstavbovej interpretácie seizmických meraní. Je to jedna z kľúčových informácií pri prospekcii na uhľovodíky (obr. 17).

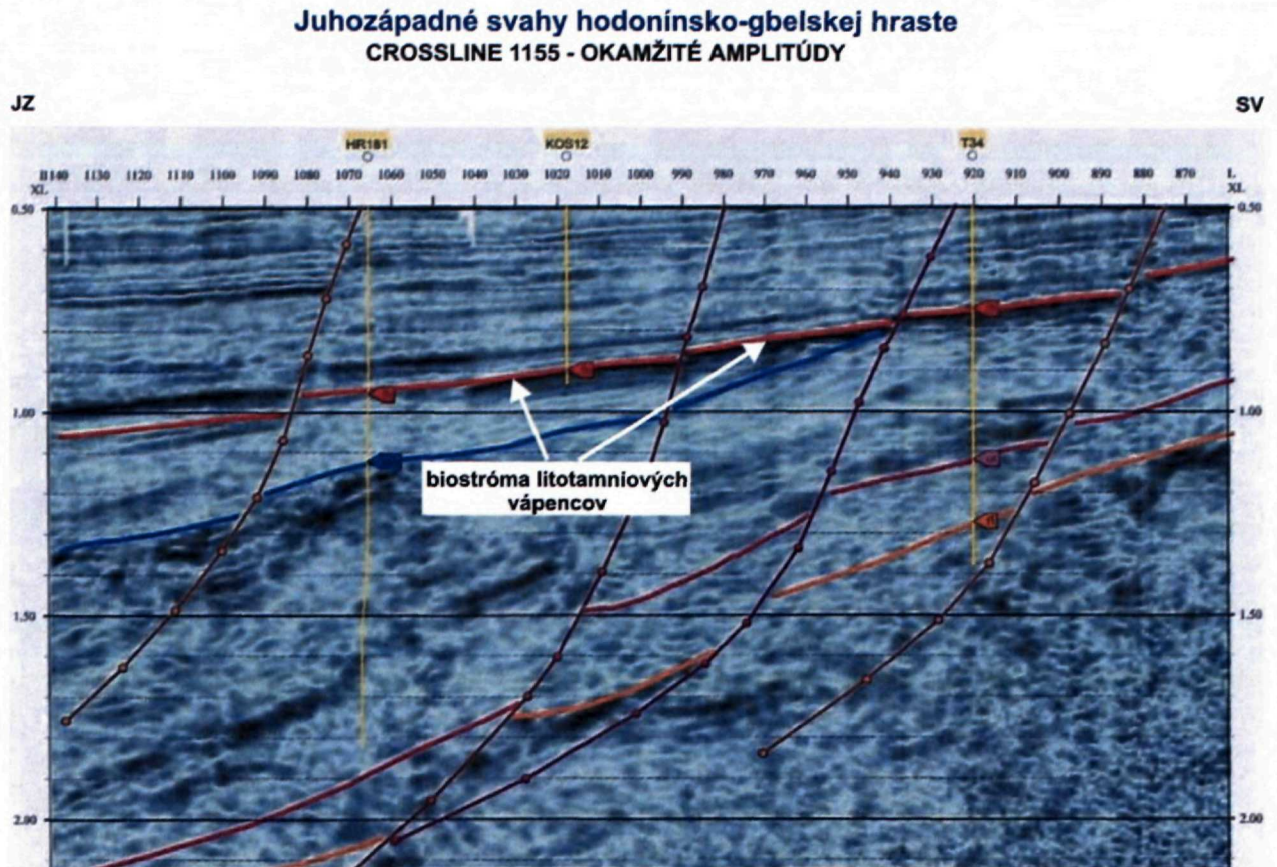
- Na základe geologickej stavby a rozšírenia litotamniovej biostrómy môžeme očakávať analogické ložiská ako v južnej časti sledovaného územia, kde sa v minulosti vrtmi zistili dve malé ložiská ropy – jedno v oblasti vrtov

Kostice-10, -7, -5 a druhé v oblasti vrtu Hrušky-233 (obr. 17). V severnejšom, novozistenom výbežku biostrómy sú anomálie seizmických atribútov veľmi podobné anomáliám v južnej časti sledovaného územia. To umožňuje predpokladať existenciu nových ložísk ropy.

PodĎakovanie: Na záver ďakujem RNDr. Miroslavovi Pereszlényimu, CSc., a prof. RNDr. Michalovi Kováčovi, DrSc., za konzultácie pri zostavovaní článku.



Obr. 6 Seizmický profil (migrovaná verzia) znázorňujúci geologickú stavbu na svahoch hodonínsko-gbelskej hraste



Obr. 7 Okamžité amplitúdy

Literatúra

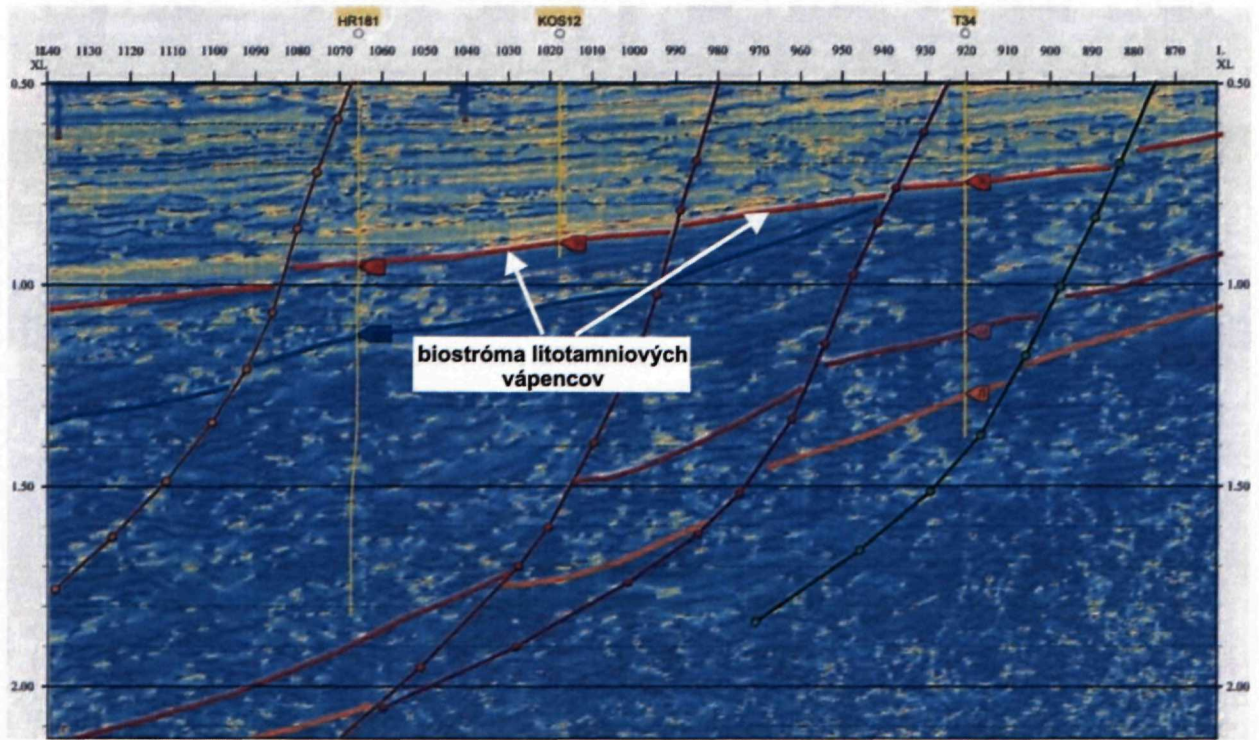
- Baráth, I., Nagy, A. a Kováč, M., 1994: Sandberg Member – Late Badenian marginal sediments on the Eastern margin of the Vienna Basin. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), č. 99, s. 59 – 66.
- Brzobohatý, R., Holzknicht, M., Jíříček, R. a Matyáš, V., 1981: K paleobotanometrii sedimentů středního badenu na lábské elevaci. In: Zem. Plyn Nafta (Hodonín), roč. XXVI, č. 4, s. 719 – 738.

- Ďurovič, R., 2004: Vyhľadanie a prieskum ložísk ropy a zemného plynu v severnej časti Viedenskej panvy (juhozápadné svahy gbelsko-hodonínskej hraste). Dipl. práca. Manuskript. Bratislava, archív PriF UK, s. 26 – 32.
- Grill, R., 1941: Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und den benachbarten Molasse-Anteilen. In: Öl u. Kohle (Berlin), 37, s. 595 – 602.

Juhozápadné svahy hodonínsko-gbelskej hraste CROSSLINE 1155 - OKAMŽITÉ FREKVENCIE

JZ

SV

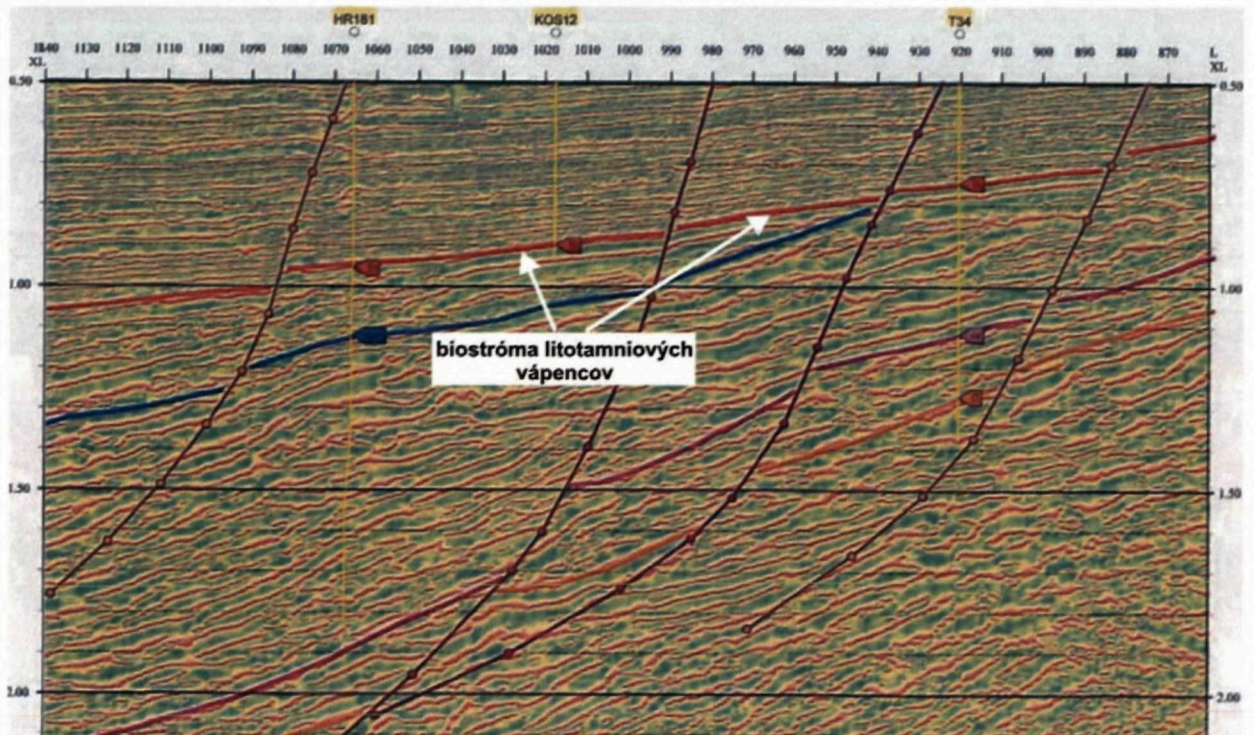


Obr. 8 Okamžité frekvencie

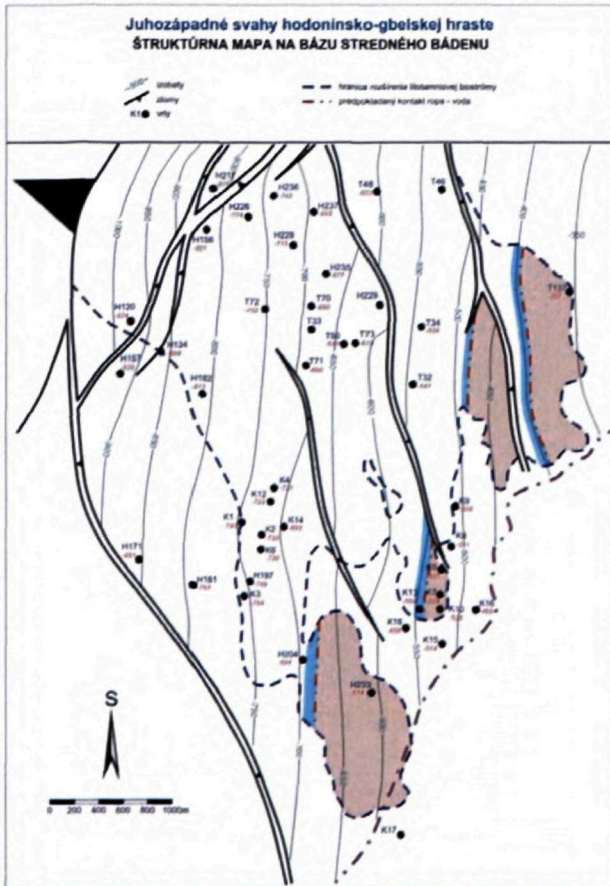
Juhozápadné svahy hodonínsko-gbelskej hraste CROSSLINE 1155 - OKAMŽITÉ FÁZY

JZ

SV

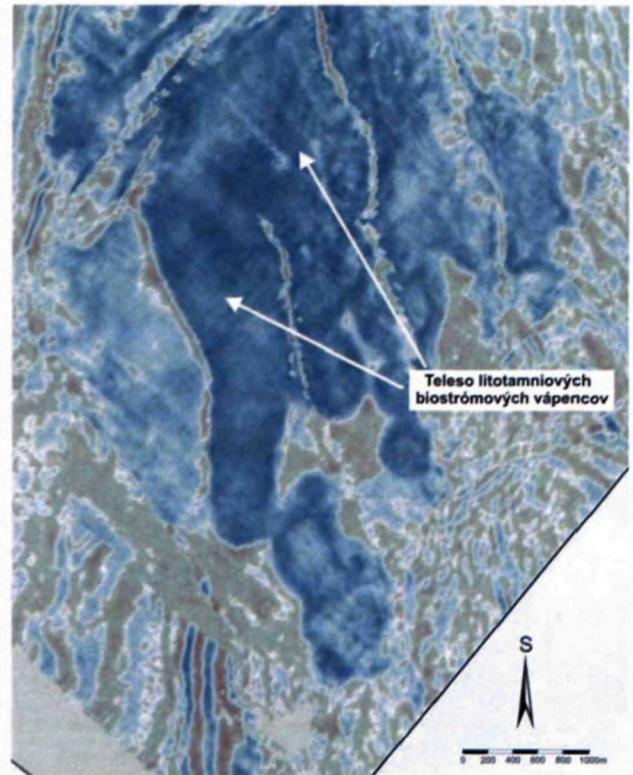


Obr. 9 Okamžité fázy

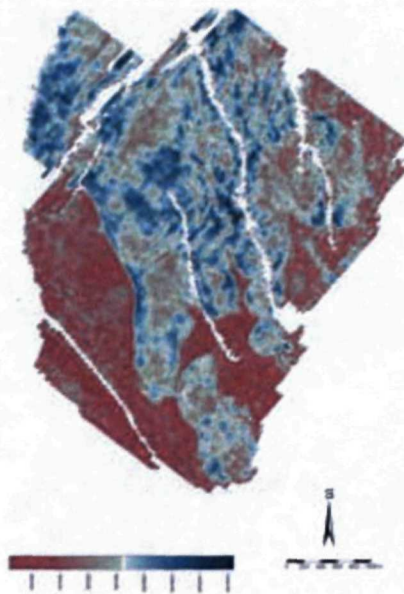


Obr. 10 Štruktúrna mapa bázy stredného bádenu s vyznačením hraníc rozšírenia biostrómy litomniových vápencov

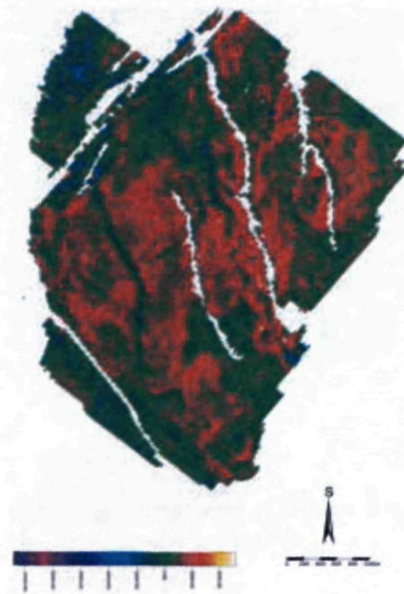
Juhozápadné svahy hodonínsko-gbelskej hraste
ANALÝZA AMPLITÚD V LITOMNIOVOM OBZORE - KLADNÁ AMPLITÚDA



Obr. 11 Kladná amplitúda – teleso litomniových biostrómych vápencov



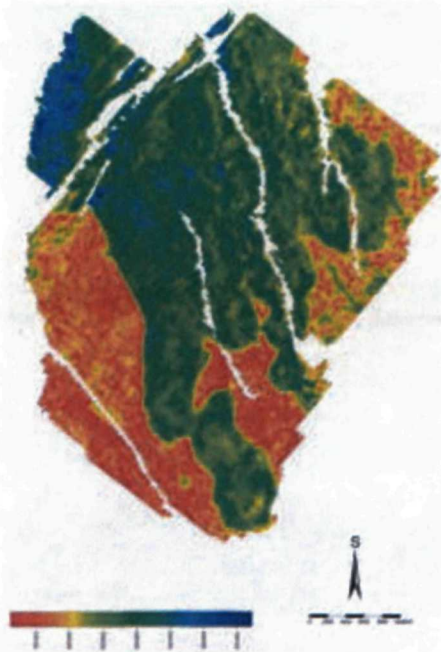
Obr. 12 Maximálna výchylka amplitúdy biostrómych vápencov



Obr. 13 Celková amplitúda

Grill, R., 1943: Über mikropaläontologische Gliederungsmöglichkeiten im Miozän des Wiener Becken. In: Mitt Reichs-
amts Bodenforsch. (Freiberg i. Sa.), 6, s. 33 – 44.
Jiříček, R., 2002: Molasový vývoj Alpsko-karpatské předhlubně a Vídeňské pánve (Vol. I). Exploration Geophysics, Remote
Sensing and Environment IX, 1 – 2, s. 120 – 123.

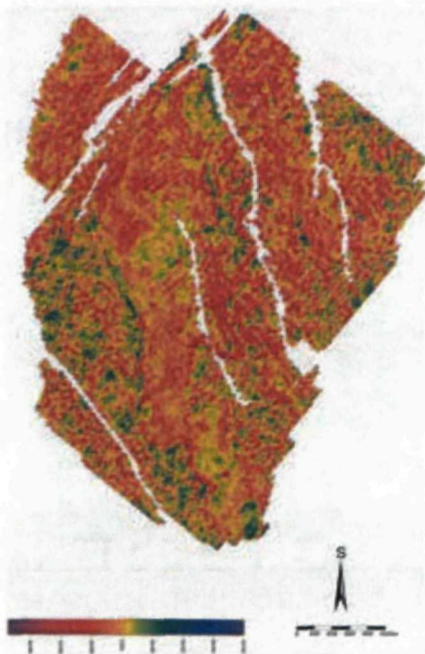
Köhler, E. a Salaj, J., 1995: Môžu byť paleogénne rífové komplexy západných Karpát rezervoármi zemného plynu a ropy? In: Zem. Plyn Nafta (Hodonín), roč. 40, č. 1, s. 53 – 67.
Marfurt, J. K., 2006: Seismic Attribute Mapping of Structure and Stratigraphy. Houston, Texas, U.S.A., EAGE, s. 109 – 111.



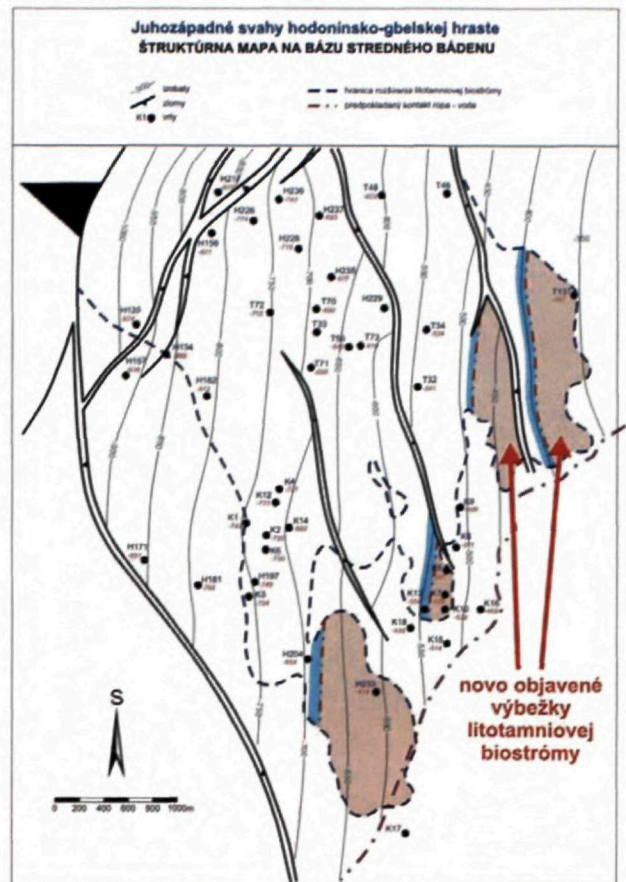
Obr. 14 Priemerná absolútna amplitúda



Obr. 15 Priemerná okamžitá frekvencia



Obr. 16 Priemerná okamžitá fáza



Obr. 17 Štruktúrna mapa na bázu stredného bádenu s vyznačením novo objavených výbežkov litotamniovej biostrómy

Mišík, M., Chlupáč, I. a Cicha, I., 1984; Stratigrafická a historická geológia. Bratislava, s. 477 – 479.

Riegel, B. a Piller. E. W., 2000: Biostromal Coral Facies – A Miocene Example from the Leitha Limestone (Austria) and its Actualistic Interpretation. Austria, Graz, s. 399 – 411.

Schlumberger:

<http://www.glossary.oilfield.slb.com/DisplayImage.cfm?ID=222>

Špička, V., 1969: Rozbor mocností, rozšírení a vývoje neogénu v oblasti Vídeňské pánve. In: Adam, Z., Dlabač, M., Gašparík, J., Janáček, J., Jurková, A., Kocák, A., Mořkovský, M., Seněš, J., Špička, V. a Vass, D.: The paleogeography and thickness maps of the West Carpathian Neogene beds. Západ. Karpaty, Sér. Geol. (Bratislava), č. 11, s. 105 – 227.

Turhan Taner, T., 2001: Rock Solid Images. Houston, U.S.A., CSEG Recorder, s. 48 – 55.

Vass, D., 2002: Litostratigrafia Západných Karpát (Slovensko). Sedimentárny neogén a budínsky paleogén. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra

Revízia zbudzského súvrstvia a nové výsledky z pohľadu štúdia foraminiferových asociácií

ADRIENA ZLINSKÁ

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

Abstract. Borehole P-3 is localized in the East Slovakian Basin, NNW of the village Zbudza (Fig. 1) and reached depth of 627,1 m. The salt-bearing beds are at depth 507,3 – 593,6 m. The foraminifer microfauna was studied from depth of 384,5 to 624,3 m, thus overlying, also underlying the salt:

From depth of 384,5 – 398,5 m (Kľčov Formation; Vass & Čverčko, 1985; Fig. 2) mainly foraminifers diachronous in the Miocene were obtained, which indicate a freshened environment. Only to an insignificant extent forms limited to the Badenian were found, e. g. *Globigerinoides quadrilobatus* (ORB.). As to microfauna, the formation belongs to the *Ammonia* Biozone (Grill, 1941; Fig. 3).

The depth interval of 419 – 504,4 m represents in lithostratigraphy the Lastomír Formation (Vass & Čverčko, 1985; Fig. 2). The taxa established there represent a marine environment, which according to the quantity of plankton had a relatively good communication with the open sea. From typical forms at depth of 437 m was found, for instance *Pappina neudorfensis* (TOULA) (photographic plate), exclusively bound to the Kosovian. Except foraminifers also ostracods were found in the samples: *Phlyctenophora farkasi* (ZALÁNYI) and *Cytheridea arcuata* JIŘÍČEK characteristic of the Late Badenian. As to microfauna, the formation belongs to the *Bulimina-Bolivina* Biozone (Grill, 1941; Fig. 3).

At depths of 505 – 601,7 m the Zbudza Formation is found (Vass & Čverčko, 1985; Fig. 2). The foraminifers established here are mostly diachronous in the Badenian, e. g. *Globobulimina druryi* (AKERS), *Praeglobobulimina? mayeri* (CUSHMAN et ELLISOR), *Globobulimina bykovae* (AISENSTAT), *Globigerina tarchanensis* SUBBOTINA et CHUTZIEVA, *Orbulina suturalis* BROENN., *Globigerinoides quadrilobatus* (ORB.) etc. (Cicha, Rögl, Čtyrková et al., 1998). At depth 601,7 m however *Pappina neudorfensis* (TOULA) was found, which is limited to the Kosovian, thus the interval 505 – 601,7 m we range to the Late Badenian – Kosovian, in microfauna to the *Bulimina-Bolivina* Biozone (Grill, 1941; Fig. 3).

At depth 624,3 m (Vranov Formation, Vass & Čverčko, 1985; Fig. 2) *Globigerinopsis grilli* (SCHMID) was established. This taxon is not found in the Late Badenian, is extended in the Moravian and Wieliczian only. The determined *Uvigerina* (*U. venusta* FRANZENAU and *U. semiornata adolphina* v. DANIELS – CICHA) are bound to the Wieliczian. Therefore we consider the mentioned metres of depth as Wieliczian. From the viewpoint of microfauna, in the sense of Grill (1941), there is the Middle Badenian *Spiroplectammina carinata* Zone (Fig. 3).

On the basis of these new microfaunistic results and magnetostratigraphy the upper boundary of the salt-bearing beds of the Zbudza Formation was situated from the originally Middle Badenian to the Late Badenian (Túnyi et al., 2005).

Kľúčové slová: bádén, zbudzské súvrstvie, Východoslovenská panva, foraminifery

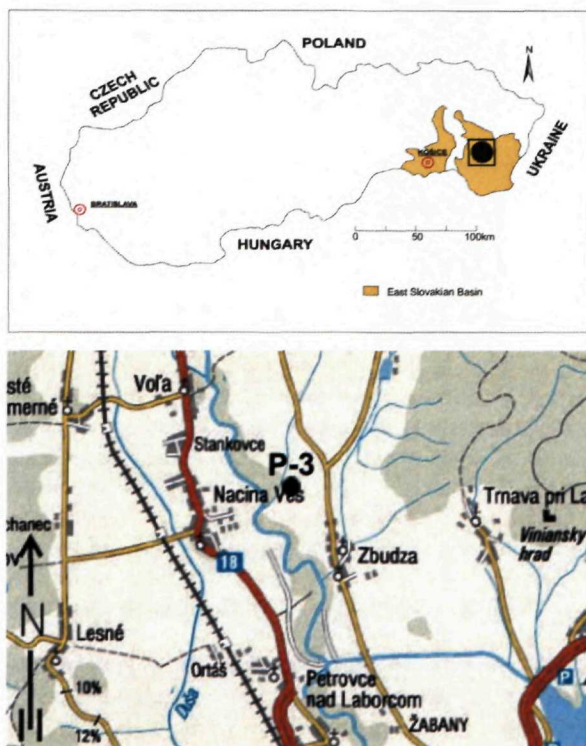
Úvod

Morský bádén vo Východoslovenskej nížine reprezentuje nižnohrabovské súvrstvie (na báze), vranovské, zbudzské a lastomírske súvrstvie (Vass a Čverčko, 1985; obr. 3).

Stredný bádén – vielič vo Východoslovenskej nížine zastupuje vranovské a evaporitové zbudzské súvrstvie, v severnej časti Košickej kotliny vrchná časť mirkovského súvrstvia (Karoli a Zlinská, 1987). Na základe mikrofauny prislúcha k zóne planktonických foraminifer *Globigerina decoraperta* – *G. druryi* a k zóne bentických foraminifer *Uvigerina semiornata brunensis* – *Pseudotriplasia elongata* (Cicha et al., 1975). V zmysle Grilla (1941, obr. 3) stredný bádén predstavuje zóna *Spiroplectammina carinata* (= *Spiroplectinella*; Čtyrková a Zlinská, 1993; Zlinská a Čtyrková, 1993). Vielič sa vyznačuje hojným zastúpením aglutinovaných foriem ako *Pseudotriplasia elongata* MAL., *Bathysiphon taurinenense* SACCO, *Haplophragmoides vasiceki vasiceki* C. et Z., *Cyclammina complanata* CHAPM., *C. zemplanica* C. et Z., *C. vulchoviensis* VENGL. a *Spiroplectinella carinata* (ORB.). Posledný výskyt vo vrchnom vieliči ohraničuje vrchnú hranicu zóny spolu s objavením planktonického rodu *Velapertina* a bentického rodu *Pavonitina*. Z vápnitých foriem sú charakteristické ostnaté *Uvigerina*: *U. aculeata orbignyana* CZIZ. a *U. aculeata aculeata* ORB. Planktonickú zložku zastupuje po prvýkrát vo vieliči sa objavujúci druh *Globigerina decoraperta* TAKAY. et SAITO, *G. druryi* AKERS a *G. nepenthes* TODD. Sprevádza ich *Globobulimina mayeri* CUSH. et ELL., *G. siakensis* (LE ROY), *Globigerina praebulloides* BLOW, *G. bulloides* ORB., *G. apertura* CUSH., *Globoquadrina dehiscens* (CHAP., PARR et COLL.), *Globigerinoides quadrilobatus* (ORB.), *G. trilobus* (RSS.), *Orbulina suturalis* BROENN. a i. (Zlinská, 1992).

Zbudzské súvrstvie (Vass a Čverčko, l. c.) reprezentuje vrchnú časť vieliča. Na povrch nevystupuje, ale overili ho vrty pri severnom okraji panvy medzi obcami Sol' a Dlhé Kľčovo, medzi Zbudzou a Veľkými Zalužicami, ako aj v strednej časti panvy (Krásnovce, Rakovec, Albinov, Ložín a Trebišov).

Zbudzské súvrstvie obsahuje chudobné spoločenstvo drobných foraminifer s *Globigerina* aff. *bulloides* ORB., *Globobulimina scitula* BRADY, *Globigerinoides trilobus* (RSS.), *Uvigerina* aff. *aculeata* ORB., *Bulimina* sp., *Trilobulina* sp., *Elphidium* sp., *Porosononion* sp. (Gašpari-



Obr. 1 Orientačná schéma vrtu P-3

ková, 1963). Opísaná fauna sa vyskytuje iba v podloží a nadloží evaporitov. Všeobecne sa pripúšťa, že v podloží zbudzského súvrstvia sú sedimenty s mikrofaunou zóny *Spiroplectamina carinata* (Grill, 1941), t. j. vranovské súvrstvie. V nadloží sú sedimenty s mikrofaunou *bulimínovo-bolivínovej zóny*, t. j. vrchný bádén (kosov) – lastomírské súvrstvie. Gašpariková (l. c.) kladie zbudzské evapority do *bulimínovo-bolivínovej zóny*. Podľa nej foraminiférové spoločenstvá v podloží a nadloží evaporitového súvrstvia pri Zbudzi sú totožné.

Analýza predchádzajúcich výskumov a ich revízia

V rámci prieskumu ložiska kamennej soli v okolí obce Zbudza robila Gašpariková (1963) mikropaleontologické analýzy vrtných vzoriek. Celá skúmaná oblasť stratigraficky predstavuje vrchný morský bádén, v ktorom vyčlenila dva hlavné horizonty: *bulimínovo-bolivínový* a *rotálievový*.

Bulimínovo-bolivínový horizont prerušuje soľná sedimentácia. Tesné nadložie aj podložie ložiska soli charakterizuje veľmi drobná mikrofauna, vyčlenená ako *globigerínovo-globorotálievový* subhorizont. Ani staršie, spodnobádenské, prípadne vrchnokarpatské, ani mladšie, sarmatské sedimenty v spracúvaných vrtoch nezistila.

Bulimínovo-bolivínový horizont charakterizujú bohaté mikrospoločenstvá, v ktorých prevláda planktonická zložka s *Globigerina bulloides* ORB., *Globigerinoides triloba* (REUSS), prípadne *Globorotalia ex gr. scitula* (BRADY). V asociácii z hĺbky 720,00 m (vrt Zbudza-32) sú zastúpené: *Globigerina bulloides* ORB., *Bulimina elongata subulala* C. et P., *Globigerinoides triloba* (REUSS), *Uvigerina venusta* FRANZ., *Cibicides pseudoungerianus* (CUSH.), *Bolivina dilatata* REUSS, *Cibicides lobatulus* (WALK. et JAC.), *Virgulina* sp., *Sphaeroidina*

bulloides ORB., *Orbulina suturalis* BRONN., *Valvulineria complanata* (ORB.), *Nonion pompilioides* (FICHTEL et MOLL), *Bulimina inflata* SEGUENZA, *Amphimorphina hauerina* NEUGEUB., *Bulimina elongata* ORB. a *Cyclammina deflata* VENGL.

Smerom k ložisku *Globigerina bulloides* ORB. ustupuje a prevahu má *Valvulineria complanata* (ORB.) a zástupcovia rodu *Bulimina*: *B. elongata* ORB., *B. intonsa* LIVENTAL, *B. ovata* ORB., *B. inflata* SEGU., *B. sulcata* ORB. Hojný je aj výskyt zástupcov rodu *Uvigerina* – *U. venusta* FRANZ., *U. semiornata* ORB., *U. aculeata* ORB., *U. venusta liesingensis* TOULA, *U. cf. pygmaea* ORB. – a iné druhy, napr. *Bolivina dilatata* REUSS, *Virgulina schreibersiana* CZIZ. a iné.

Z hĺbky 604,00 m (vrt Zbudza-32) uvádza Gašpariková (l. c.) túto asociáciu: *Valvulineria complanata* (ORB.), *Nonion boueanus* (ORB.), *Bolivina dilatata* REUSS, *Nonion* aff. *bagdanowiczi* VOLOSH., *Virgulina schreibersiana* CZIZEK., *Elphidium crispum* (LIN.), *Globorotalia ex gr. scitula* (BRADY), *Glandulina laevigata* ORB., *Bulimina elongata* ORB., *Elphidium* aff. *flexuosum* (ORB.), *Globigerina bulloides* ORB., *Uvigerina* aff. *acuminata* HOSIUS, *Cibicides ungerianus* (ORB.), *Uvigerina venusta liesingensis* TOULA, *Cibicides pseudoungerianus* (CUSH.), *Cibicides lobatulus* (W. et J.), *Bulimina ovata* ORB., *Allomorphina* sp. a *Uvigerina semiornata semiornata* ORB.

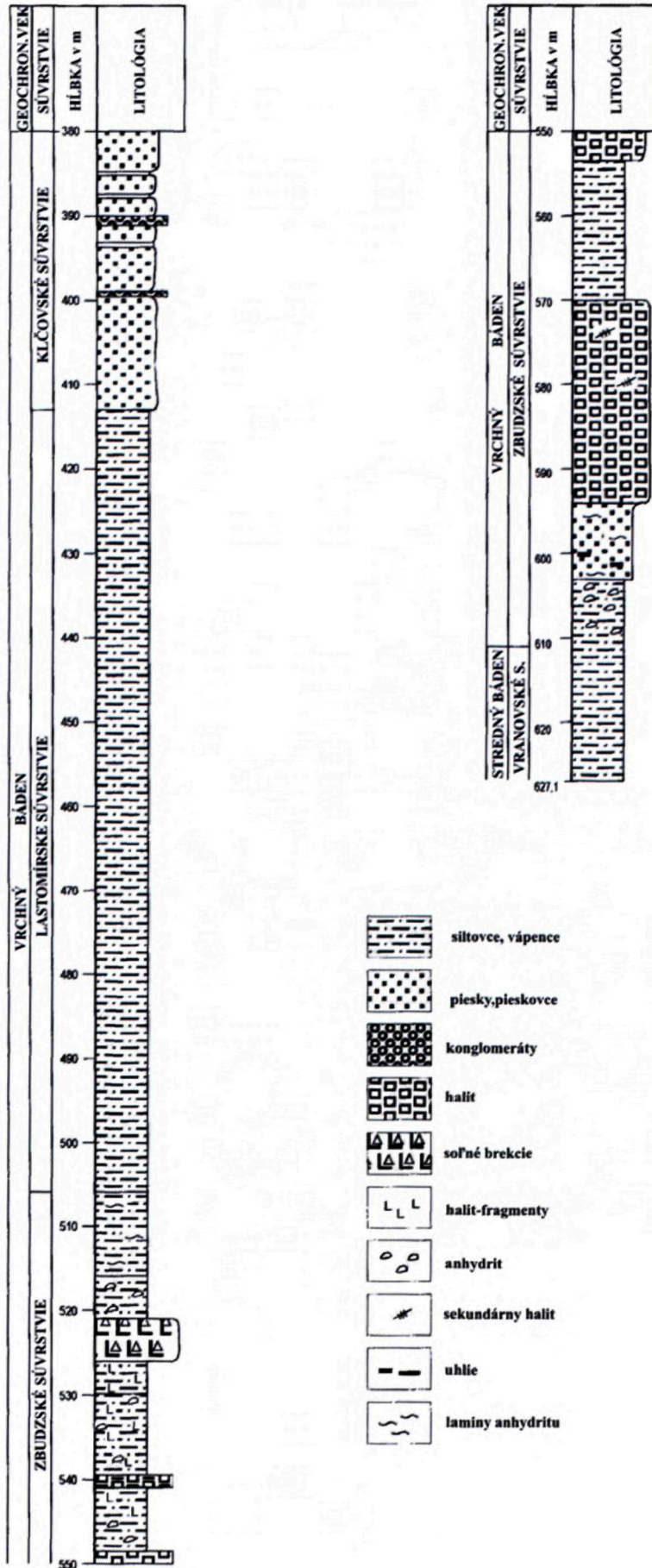
Aglutinované formy vystupujú v podložných mikrosociáciách veľmi ojedinele. Ide o druhy *Spiroplectamina carinata* (ORB.), *Textularia abbreviata* ORB., *Textularia gramen* ORB., *Haplohragmoides* sp., *Bathysiphon* sp., *Cyclammina deflata* VENGL a *Cyclammina* sp.

V nadloží uvedených bohatých mikrosociácií vystupuje *globigerínovo-globorotálievový* subhorizont, odlišený v *bulimínovo-bolivínovom* horizonte len v dôsledku zmeny charakteru mikrosociácií. Vyvinul sa postupným zmenšovaním foriem, ich nedokonalým vývinom a ochudobňovaním mikrosociácií. V nadloží ložiska prechádza do typického *bulimínovo-bolivínového* horizontu postupným zväčšovaním foriem, ich dokonalejším vývinom a obohacovaním mikrosociácií. Tento charakter subhorizontu súvisí priamo so zvyšujúcou sa (resp. znižujúcou sa) salinitou v období vzniku soľného ložiska.

Globigerínovo-globorotálievový subhorizont charakterizujú: *Globigerina* aff. *bulloides* ORB., *Globorotalia ex gr. scitula* (BRADY), *Globigerinoides* sp., *Globigerinoides triloba* (REUS), *Nonion* sp., *Bulimina* sp., *Uvigerina* aff. *aculeata* ORB., *Triloculina* sp. a *Elphidium* sp.

Soľné súvrstvie vrátane hrubších medzivrstvičiek ílov je úplne sterilné. Nad nadložným *globigerínovo-globorotálievým* subhorizontom mikrosociácie postupne nadobúdajú charakter typického *bulimínovo-bolivínového* horizontu. Ide o spoločenstvá, na základe ktorých možno usudzovať o pokojných sedimentačných podmienkach v období ich vzniku. Vedúcou formou je druh *Bulimina elongata* ORB., sprevádzaný hojným *Cibicides dulemplei* (ORB.). V asociáciách sú ojedinele zastúpené euryhalinné formy, napr.: *Bulimina elongata* (ORB.), *Elphidium* sp., *Nonion bogdanowiczi* VOLOSH., *Elphidium macellum* (FICHT. et MOLL), *Nonion boueanus* (ORB.) a *Elphidium crispum* (LIN.). Vystupujú tu aj druhy *Bolivina dilatata* REUSS, *Asterigerina planorbis* ORB., *Globigerina bulloi-*

Vrt P-3 Zbudza



Obr. 2 Profil vrtu

des ORB., *Glandulina laevigata* ORB., *Reussella spinulosa* (REUSS), *Valvulineria complanata* (ORB.), *Orbulina suturalis* BRONN., *Quinqueloculina akneriana* ORB., *Triloculina consobrina* ORB. a iné.

V nadloží *bulimínovo-bolivínového* horizontu vystupuje *rotáliový* horizont. Má brakický charakter a predstavuje najvyšší stratigrafický obzor v študovanej oblasti ložiska soli pri obci Zbudza. Vytvára sa postupne z *bulimínovo-bolivínového* horizontu postupným ubúdaním morských foriem a pribúdaním brakických foriem. Vedúcou formou je druh *Rotalia beccarii* (L.), vo vrte Zbudza-12 (120 m) sprevádzaný druhmi *Elphidium crispum* (L.), *E. macellum* (FICHT. et MOLL), *E. flexuosum* (ORB.), *Nonion bogdanowiczi* VOLOSH., *N. boueanus* (ORB.) a *N. commune* (ORB.). Spolu s uvedenými formami vystupujú drobné zakrpatené druhy, ktoré sú reliktnými *bulimínovo-bolivínového* horizontu [napr. *Asterigerina planorbis* ORB., *Bulimina elongata* ORB., *Globigerina bulloides* ORB., *Globorotalia* ex gr. *scitula* (BRADY), *Reussella spinulosa* (REUSS), *Cibicides dutemplei* (ORB.) a iné].

Za najvyšší stratigrafický člen v sledovanej oblasti považuje Gašpariková (1963) práve *rotáliový* horizont, zodpovedajúci najvrchnejšiemu bádenu, prípadne spodnému sarmatu. Detailne spracované spoločenstvo foraminifer vo vrte Zbudza-6 však poukazuje na vrchný bádén.

V asociácii foraminifer *bulimínovo-bolivínovej* zóny sme pri revízii našli väčšinou v miocéne priebežné formy, ako aj formy obmedzené iba na bádén. Jediným druhom, stratigraficky viazaným na jeden z jeho podstupňov, kosov, je *Uvigerina venusta liesingensis* TOULA, ktorá bola emendovaná do rodu *Pappina* (Haunold, 1990). Neskôr sa považovala za synonymum druhu *neudorfensis*. Druh *Pappina neodorfensis* (TOULA), taký je dnes správny názov tohto taxónu, je teda v panvách centrálnej Paratetýdy obmedzený na kosov (Cicha et al. 1998). To korešponduje s výsledkami Gašparikovej (l. c.) o morskom vrchnobádenskom veku sedimentov. Litostratigraficky ide o lastomírsku súvrstvie v zmysle členenia Vassa a Čverčka (1985, obr. 3).

V nadložnej *rotálievej* zóne (= amóniovej) sa síce tiež vyskytujú priebežné formy, ale jedna z nich je výlučne sarmatská. Ide o *Nonion bogdanowiczi* VOLOSH., ktorý sa v panvách centrálnej Paratetýdy vyskytuje len v sarmate (Cicha et al., 1998). Podľa Brestenskej (in Papp et al., 1974) je *N. bogdanowiczi* rozšírený v celom sarmate a známy je aj z bádenu východnej Paratetýdy. Táto zóna litologicky prislúcha ku klčovskému súvrstviu (Vass a Čverčko, 1985, obr. 3). Brakický charakter *amóniovej* zóny dopĺňa prítomnosť elfidií. Medzi nimi však chýba typický spodnosarmatský druh *Ephidium reginum* (ORB.), ktorý v jej nadloží vytvára samostatnú rovnomennú zónu. *Amóniová* zóna (Grill, 1941) vo Východoslovenskej panve zasahuje z vrchného bádenu až do najspodnejšieho sarmatu (Zlinská, 1992, 1997; obr. 3). Z mikropaleontologického hľadiska ide tiež o zónu planktonických foraminifer M7 (*Globorotalia peripheroacuta lineage*; Berggren et al., 1995).

Oba horizonty, *bulimínovo-bolivínový* aj *amóniový*, poukazujú na vrchnobádenský vek sedimentov, pričom *amóniový* horizont môže byť aj mladší, spodnosarmatský (obr. 3).

Pri revízii týchto mikrofaunistických analýz sme sa opierali výlučne o publikovaný materiál Gašparikovej v Geologických Prácach, Správach, originálne spoločenstvá foraminifer sme k dispozícii nemali.

Vyhodnotenie foraminiferových asociácií z vrty P-3 (Zbudza) a nové výsledky

Vrt P-3 je lokalizovaný vo Východoslovenskej panve ssz. od obce Zbudza (obr. 1) a dosiahol hĺbku 627,1 m. Soľonosné vrstvy sú v hĺbke 507,3 – 593,6 m. Foraminiferová mikrofauna sa študovala z hĺbky 384,5 až 624,3 m, teda z nadložia aj podložia soli.

Z hĺbky 384,5 – 398,5 m (klčovské súvrstvie; Vass a Čverčko, 1985; obr. 3) sa získali najmä foraminifery, ktoré sú v miocéne priebežné a indikujú osladené prostredie. Len v nepatrnnej miere sa vyskytovali formy obmedzené na bádén, napr. *Globigerinoides quadrilobatus* (ORB.) (pozri tab. 1). Súvrstvie na základe mikrofauny prislúcha k *amóniovej* biozóna (Grill, 1941; obr. 3).

Hĺbkový interval 419 – 504,4 m litostratigraficky predstavuje lastomírsku súvrstvie (Vass a Čverčko, 1985; obr. 2). Taxóny, ktoré sa v ňom zistili, reprezentujú morské prostredie. Podľa kvantity planktónu pomerne dobre komunikovalo s otvoreným morom. Z typických foriem sa v hĺbke 437 m našla napr. *Pappina neodorfensis* (TOULA), viazaná výhradne na kosov. Okrem foraminifer sa vo vzorkách vyskytovali aj ostrakódy *Phlyctenophora farkasi* (ZALÁNYI) a *Cytheridea arcuata* JIRÍČEK, charakteristické pre vrchný bádén. Súvrstvie podľa mikrofauny prislúcha k *bulimínovo-bolivínovej* biozóna (Grill, 1941; obr. 3).

V hĺbke 505 – 601,7 m sa vyskytuje zbudzské súvrstvie (Vass a Čverčko, 1985; obr. 2, 3). Zistené foraminifery sú v bádene väčšinou priebežné. Našli sa napr. *Globoturborotalita druryi* (AKERS), *Praegloborotalia mayeri* (CUSHMAN et ELLISOR), *Globorotalia bykovae* (AISENSTAT), *Globigerina tarchanensis* SUBBOTINA et CHUTZIEVA, *Orbulina suturalis* BROENN., *Globigerinoides quadrilobatus* (ORB.) a iné. V hĺbke 601,7 m sa však zistila *Pappina neodorfensis* (TOULA), ktorá je obmedzená na kosov. Interval 505 až 601,7 m teda priradujeme k vrchnému bádenu – kosovu, na základe mikrofauny k *bulimínovo-bolivínovej* biozóna (Grill, 1941; obr. 3).

V hĺbke 624,3 m (vranovské súvrstvie; Vass a Čverčko, 1985; obr. 2) sa zistil *Globigerinopsis grilli* (SCHMID). Tento taxón sa vo vrchnom bádene nevyskytuje, je rozšírený len v morave a vieliči. Determinované uvigeríny (*U. venusta* Franzenau a *U. semiornata adolphina* v. DANIELS – CICHA) sa viažu na vielič. Preto uvedený hĺbkový interval považujeme za vielič. Z hľadiska výskytu mikrofauny ide v zmysle Grilla (1941) o strednobádenskú zónu *Spiroplectamina carinata* (obr. 3).

Na základe týchto nových mikrofaunistických výsledkov a magnetostratigrafie bola vrchná hranica soľonosných vrstiev zbudzského súvrstvia z pôvodne stredného bádenu situovaná do vrchného bádenu (Túnyi et al., 2005).

STUPEŇ		FORAMINIFEROVÉ BIOZÓNY Grill, 1941	LITOSTRATIGRAFICKÉ JEDNOTKY Vass a Čverčko, 1985
S A	vrch.	Nonion granosum	kochanovské súvrstvie
	str.	Elphidium hauerinum	
M A	spod.	Elphidium reginum (z veľkých elfidií)	stretavské súvrstvie
		amóniová zóna	
B Á	vrch.	bolivínobulimínová	klčovské lastomírske súvrstvie
	str.	Spiroplectamina carinata (z aglutinancií)	zbudzské súvrstvie vranovské súvrstvie

Obr. 3 Korelačná tabuľka bio- a litostratigrafických jednotiek bádenu a sarmatu Východoslovenskej panvy (Zlinská, 1992, 1997)

Záver

Už v r. 1963 Gašpariková na základe štúdia foraminifer z 24 vrto v okolí Zbudze poukázala na možný vrchnobádenský vek zbudzského súvrstvia (Vass a Čverčko, 1985). Vo vrte Zbudza-32 *buliminovo-bolivínový* horizont prenikol až do podložia ložiska soli. V hĺbke 604 m našla v jej členení *buliminovo-bolivínového* horizontu vrchnobádenský *globigerinovo-globorotáliev* subhorizont.

Pri revízii jej štúdií sa táto domnienka potvrdila. Potvrdili ju aj nové výsledky mikrofauzistických analýz zbudzského súvrstvia vo vrte P-3 (Zbudza).

Zbudzské súvrstvie zachytené vrutom P-3 v hĺbke 507,3 – 610 m, pričom soľonosné vrstvy sú v hĺbke 507,3 až 593,6 m, preukázalo jeho vrchnobádenský vek. Z hľadiska mikrofauny ide o *buliminovo-bolivínovú* biozónu (Grill, 1941). Mikrofauna získaná z podložia v hĺbke 624,3 m je už strednobádenská (vranovské súvrstvie; Vass a Čverčko, 1985) a v zmysle členenia Grilla (1941) prislúcha k biozóne *Spiroplectamina carinata* (obr. 3).

V nadloží, v hĺbke 419 – 504 m doloženej mikrofaunou, je lastomírske súvrstvie s indexovým vrchnobádenským taxónom *Pappina neudorfensis* TOULA. Podľa výskytu mikrofauny prislúcha k *buliminovo-bolivínovej* biozóne (Grill, 1941).

Najmladšie súvrstvie zistené na základe mikrofauny je klčovské súvrstvie z hĺbky 384,5 – 398,5 m. Zodpovedá *amóniovej* zóne (Grill, 1941), ktorá z vrchného bádenu zasahuje do najspodnejšieho sarmatu. Charakter mikrofauny poukazuje na osladené prostredie.

Z nových mikrofauzistických výskumov zbudzského súvrstvia vyplýva, že sa neobmedzuje na stredný bádenu,

ako to pôvodne interpretovali Vass a Čverčko (1985), ale je vyvinuté aj vo vrchnom bádene (obr. 2).

Literatúra

- Berggren, W. A., Kent, D. V., Swisher III., C. C. a Aubry, M. P. A., 1995: Revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: Berggren, W. A., Kent, D. V. a Hardenbol, J. (eds.): Geochronology, Time scale and Global stratigraphic correlations: a unified temporal framework for a historical geology. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. 54, s. 129 – 212.
- Cicha, I., Čtyrská, J., Jiříček, R. a Zapletalová, I., 1975: Principal biozones of the Late Tertiary in Eastern Alps and West Carpathians. In: Cicha, I. (ed.): Biozonal Division of the Upper Tertiary Basins of the Eastern Alps and West Carpathians. I.U.G.S. Proceedings of the VI Congress. Bratislava, s. 19 – 34.
- Cicha, I., Rögl, F., Čtyrská, J., Rupp, Ch., Bajraktarevic, Z., Baldi, T., Bobrinskaya, O. G., Darakchieva, St., Fuchs, R., Gagic, N., Gruzman, A. D., Halmaj, J., Krashennikov, V. A., Kalac, K., Korecz-Laky, I., Krhovský, J., Luczkowska, E., Nagy-Gellai, A., Olszewska, B., Popescu, Gh., Reiser, H., Schmid, M. E., Schreiber, O., Serova, M. Y., Szegő, E., Sztrakos, K., Venglinskyi, I. V. a Wenger, W., 1998: Oligocene – Miocene Foraminifera of the Central Paratethys. Abh. Senckenberg. naturforsch. Gesell. (Frankfurt a. Main), 549, s. 1 – 325, 61 obr., 3 tab., 79 fotob.
- Čtyrská, J. a Zlinská, A., 1993: Několik poznámek k taxonomii vybraných aglutinovaných dírkoveců v miocénu Západních Karpat. Nové výsledky v terciéru Západních Karpat. In: Knih. Zem. Plyn Nafta (Hodonín), 15, s. 143 – 155.
- Gašpariková, V., 1963: Mikrobiostatigrafické pomery okolia ložiska Zbudza na východnom Slovensku. In: Geol. Práce, Zpr. (Bratislava), č. 29, s. 105 – 110.

- Grill, R., 1941: Stratigraphische Untersuchungen mit Hilfe von Mikrofaunen im Wiener Becken und den benachbarten Molasse-Anteilen. In: Öl u. Kohle (Berlin) 37, s. 595 – 602.
- Haunold, T. G., 1990: The new Neogene genus *Pappina* in the new family Pappinidae: polymorphine mode of chamber addition in the Buliminacea. In: J. foram. Res. (Washington), 20, s. 56 – 64.
- Karoli, S. a Zlinská, A., 1988: Výsledky litologického a mikrobiostratigrafického výskumu neogénnych sedimentov s. časti Košickej kotliny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Papp, A., Marinescu, F., Seneš, J. et al., 1974: Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys, Bd. IV, Sarmatien. Bratislava, s. 7 – 707.
- Túnyi, I., Vass, D., Karoli, S., Janočko, J., Halásová, E., Zlinská, A. a Beláček, B., 2005: Magnetostratigraphy of Badenian evaporite deposits (East Slovak Basin). In: Geol. Carpath. (Bratislava), roč. 56, č. 3, s. 273 – 284.
- Vass, D. a Čverčko, J., 1985: Litostratigrafické jednotky neogénu Východoslovenskej nížiny. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), č. 82, s. 111 – 126.
- Zlinská, A., 1992: Zur biostratigraphischen Gliederung des Neogens des Ostslowakischen Beckens. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), č. 96, 2 tab., s. 51 – 57.
- Zlinská, A., 1997: Biostratigraphy of Sarmatian Sediments from Košická kotlina depression on the basis of Foraminifers. In: Slovak Geol. Mag. (Bratislava), roč. 3, č. 4, s. 285 – 298.
- Zlinská, A. a Čtyrká, J., 1993: Some remarks to the taxonomy of genera *Spiroplectamina* Cushman, 1927 and *Spiroplectinella* Kiselman, 1972 from the Badenian of the Vienna Basin. In: Západ. Karpaty, Sér. Paleont. (Bratislava), č. 17, s. 89 – 97.

Resumé

Vrt P-3 je lokalizovaný vo Východoslovenskej panve ssz. od obce Zbudza (obr. 1) a dosiahol hĺbku 627,1 m. Jeho podrobný profil je znázornený na obr. 2 (Túnyi et al., 2005). Solonózne vrstvy sú v hĺbke 507,3 – 593,6 m. Foraminiferová mikrofauna sa študovala z hĺbky 384,5 až 624,3 m, z nadložia aj podložia soli.

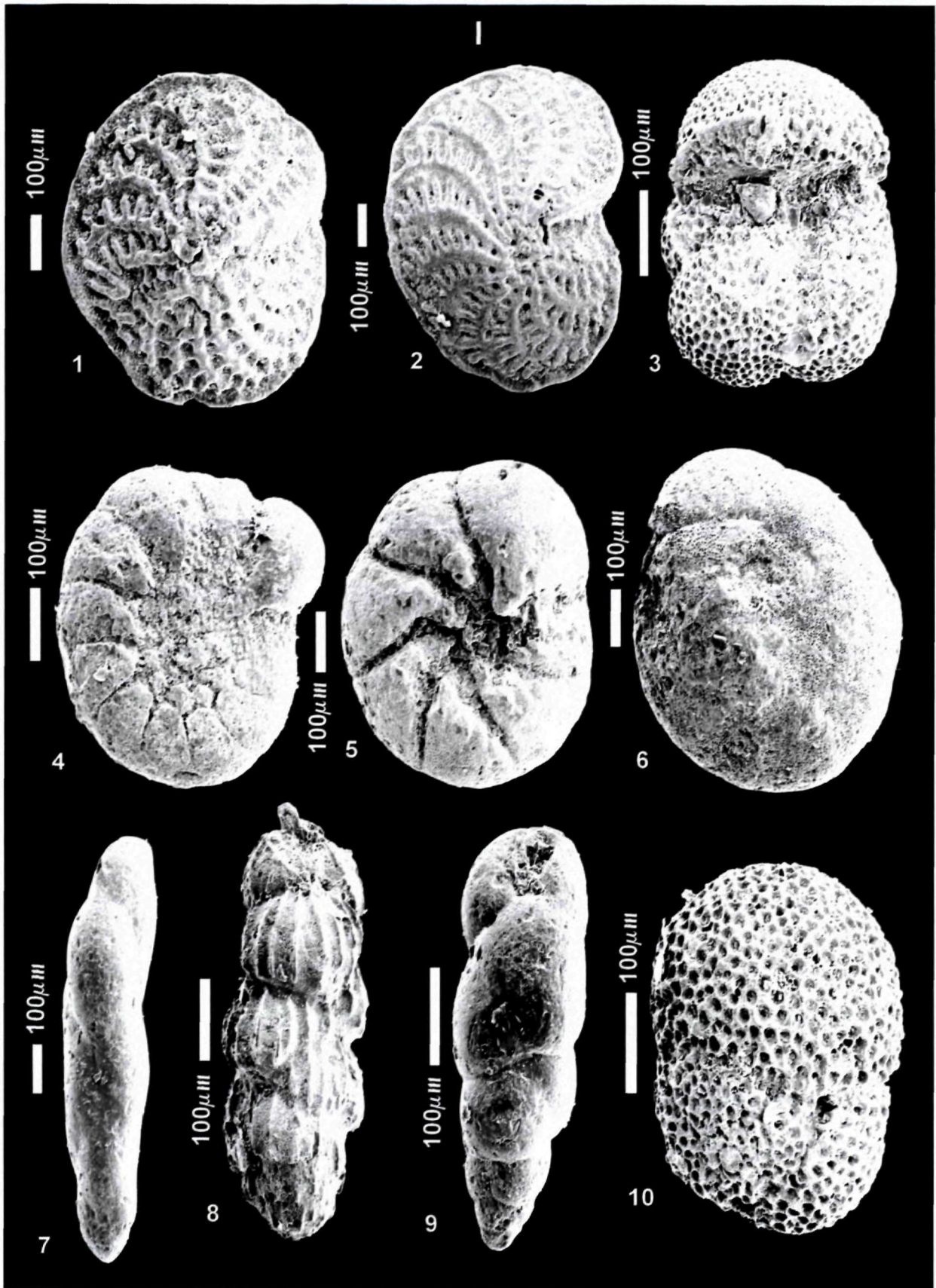
Z hĺbky 384,5 – 398,5 m (klčovské súvrstvie; Vass a Čverčko, 1985; obr. 2, 3) sa získali najmä foraminifery, ktoré sú v miocéne priebežné a indikujú osladené prostredie. Len v nepatrnej miere sa vyskytovali formy obmedzené na bádén, napr. *Globigerinoides quadrilobatus* (ORB.). Súvrstvie podľa výskytu mikrofauny prislúcha k amóniovej biozóne (Grill, 1941; obr. 3).

Hĺbkový interval 419 – 504,4 m litostratigraficky predstavuje lastomírské súvrstvie (Vass a Čverčko, 1985; obr. 3). Taxóny, ktoré sa v ňom zistili, reprezentujú morské prostredie s normálnou salinitou. Podľa kvantitívneho planktónu pomerne dobre komunikovalo s otvoreným morom. Z typických foriem sa v hĺbke 437 m našla napr. *Pappina neudorfensis* (TOULA) (pozri tab. 1), ktorá sa viaže výhradne na kosov. Okrem foraminifer sa vo vzorkách vyskytovali aj ostrakódy *Phlyctenophora farkasi* (ZALÁNYI) a *Cytheridea arcuata* JIRÍČEK, charakteristické pre vrchný bádén. Súvrstvie na základe mikrofauny prislúcha k bulimínovo-bolivínovej biozóne (Grill, 1941; obr. 3).

V hĺbke 505 – 601,7 m sa vyskytuje zbudzské súvrstvie (Vass a Čverčko, 1985; obr. 2, 3). Zistené foraminifery sú v bádéne väčšinou priebežné, napr. *Globoturborotalita druryi* (AKERS), *Praegloborotalia? mayeri* (CUSHMAN et ELLISOR), *Globorotalia bykova* (AISENSTAT), *Globigerina tarchanensis* SUBBOTINA et CHUTZIEVA, *Orbulina suturalis* BROENN., *Globigerinoides quadrilobatus* (ORB.) a iné. (Cicha et al., 1998). V hĺbke 601,7 m sa však zistila *Pappina neudorfensis* (TOULA), ktorá je obmedzená na kosov. Interval 505 – 601,7 m teda priradujeme k vrchnému bádénu – kosovu, podľa mikrofauny k bulimínovo-bolivínovej biozóne (Grill, 1941).

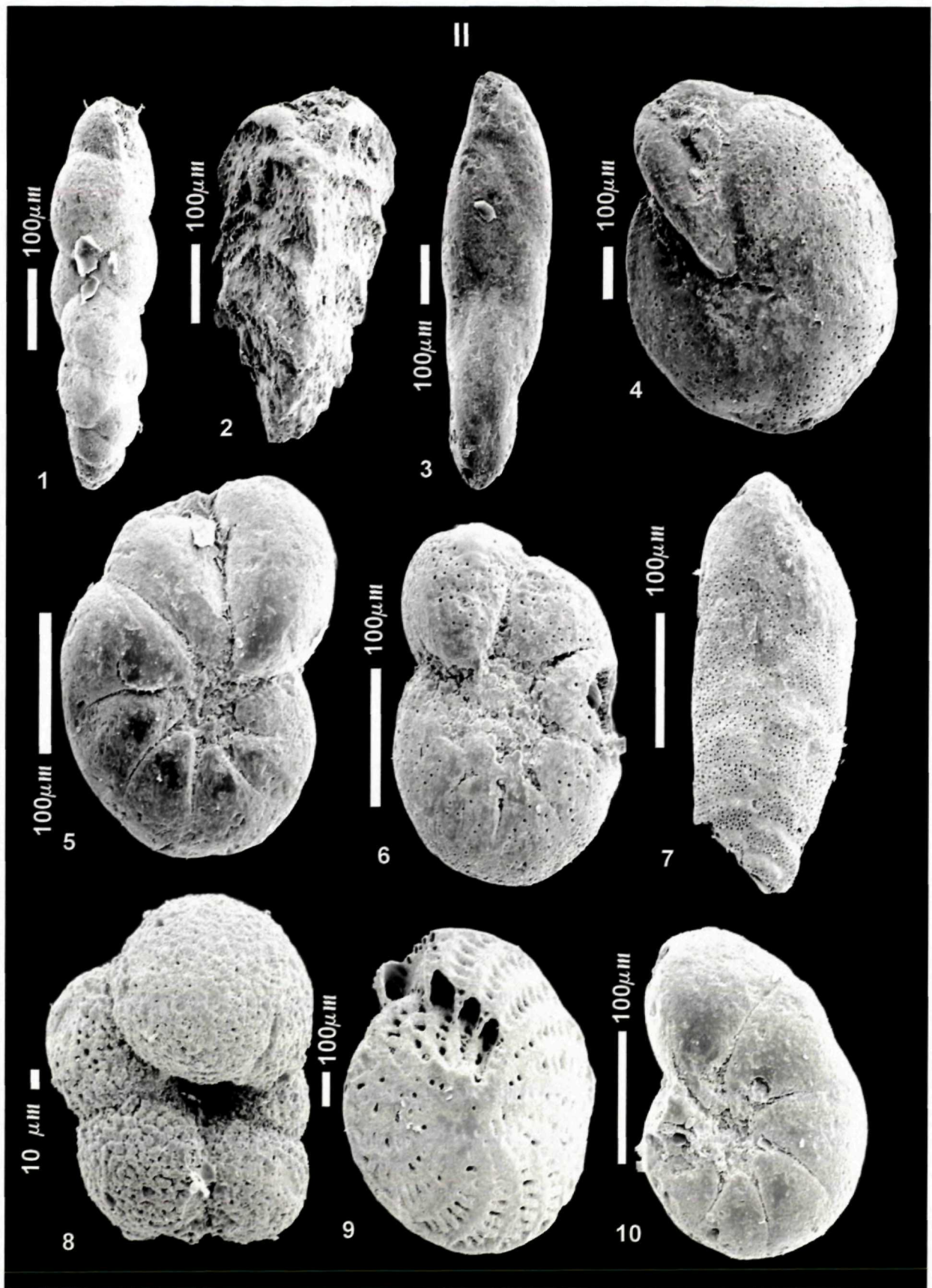
V hĺbke 624,3 m (vranovské súvrstvie; Vass a Čverčko, 1985) sa zistil *Globigerinopsis grilli* (SCHMID). Tento taxón sa vo vrchnom bádéne nevyskytuje, je rozšírený len v morave a vieliči. Determinované uvigeríny (*U. venusta* FRANZENAU a *U. semiornata adolphina* v. DANIELS – CICHA) sa viažu na vielič. Uvedený hĺbkový interval preto považujeme za vielič. Z hľadiska mikrofauny ide v zmysle Grilla (1941) o strednobádenskú zónu *Spiroplectamina carinata* (obr. 3).

Na základe týchto nových mikrofaunistických výsledkov a magnetostratigrafie bolo zbudzské súvrstvie z pôvodne stredného bádénu situované do vrchného bádénu (Túnyi et al., 2005).



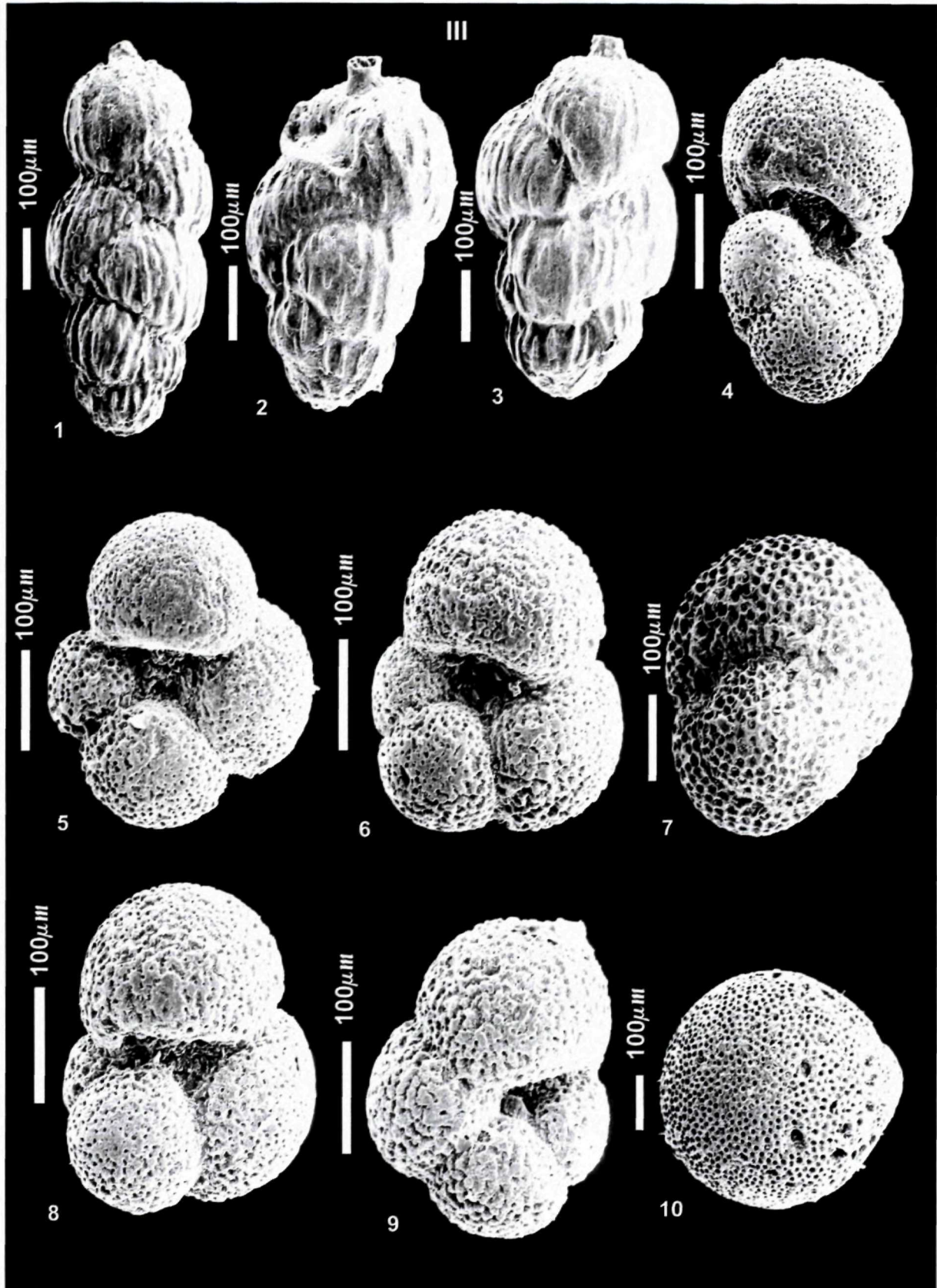
Fototabuľka I

1, 2 *Elphidium fichtellianum* (ORB.), P-3/437 m, vrchný bádén; 3, 10 *Globigerinoides trilobus* (RSS.), P-3/437 m, vrchný bádén; 4 *Porosonion granosum* (ORB.), P-3/437 m, vrchný bádén; 5 – 6 *Ammonia beccarii* (L.), P-3/437 m, vrchný bádén; 7 *Fursenkoina acuta* (ORB.), P-3/437 m, vrchný bádén; 8 *Pappina neudorfensis* (TOULA), P-3/437 m, vrchný bádén; 9 *Bulimina elongata* ORB., P-3/437 m, vrchný bádén.



Fototabl'ka II

1 *Bulimina elongata* ORB., P-3/437 m, vrchný bádén; 2 *Reussella spinulosa* (RSS.), P-3/437 m, vrchný bádén; 3 *Fursenkoina acuta* (ORB.), P-3/437 m, vrchný bádén; 4 *Heterolepa dutemplei* (ORB.), P-3/437 m, vrchný bádén; 5, 10 *Nonion commune* (ORB.), P-3/459,5 m, vrchný bádén; 6 *Porosononion granosum* (ORB.), P-3/459,5 m, vrchný bádén; 7 *Bolivina dilatata dilatata* RSS., P-3/459,5 m, vrchný bádén; 8 *Globigerina tarchanensis* SUBBOTINA et CHUTZIEVA, P-3/459,5 m, vrchný bádén; 9 *Elphidium crispum* (L.), P-3/459,5 m, vrchný bádén.



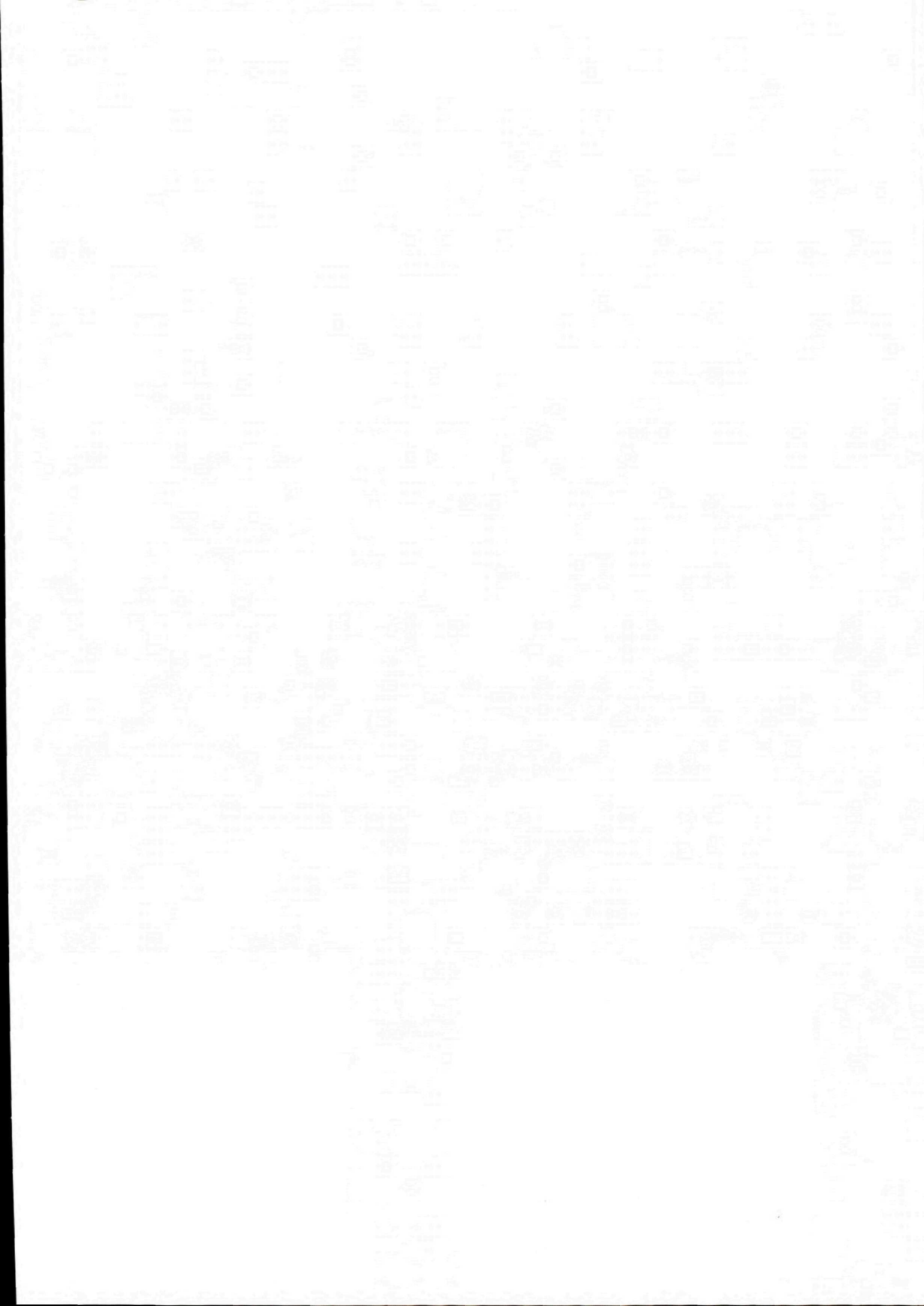
Fototabuľka III

1 *Uvigerina semiornata adolphina* v. DANIELS – CICHA, P-3/624,3 m, stredný báden; 2 – 3 *Uvigerina semiornata semiornata* (ORB.), P-3/624,3 m, stredný báden; 4 *Globigerinella obesa* (BOLLI), P-3/624,3 m, stredný báden; 5 *Globigerina bulloides* ORB., P-3/624,3 m, stredný báden; 6 *Globoturborotalita druryi* (AKERS), P-3/624,3 m, stredný báden; 7 *Globigerinoides trilobus* (RSS.), P-3/601,7 m, vrchný báden; 8 *Globigerina praebulloides* BLOW, P-3/624,3 m, stredný báden; 9 *Paragloborotalia* sp., P-3/624,3 m, stredný báden; 10 *Orbulina suturalis* BROENN., P-3/521,6 m, vrchný báden.

Snímky sú zhotovené elektrónovým mikroskopom scan JSM-840, operátor Dr. I. Holický, grafická úprava autor.

Tab. 1 Prehľadná tabuľka výskytu foraminifer v jednotlivých hĺbkových intervaloch vrtu P-3 (Zbudza)

Foraminifery	METRÁŽ											
	384,5	387	392,7	398,5	419	425	437	446	450,8	459,5	462,6	466,4
<i>Ammonia beccarii</i> (L.)					x	x	x	x	x	x		
<i>Asterigerinata planorbis</i> (Orb.)			x									
<i>Bolivina dilatata dilatata</i> Rss.										x	x	
<i>Bolivina dilatata maxima</i> C.-Z.												
<i>Bolivina pokornyi</i> C.-Z.												
<i>Bolivina</i> sp.												
<i>Bulimina buchiana</i> Orb.												
<i>Bulimina elongata</i> Orb.						x	x	x	x	x		x
<i>Bulimina schischkinskayae</i> (Samoilova)											x	
<i>Cibicoides ungerianus</i> (Orb.)												
<i>Coryphostoma sinuosa</i> (Cushman)												
<i>Elphidium crispum</i> (L.)										x		x
<i>Elphidium fichtellianum</i> (Orb.)					x	x	x	x	x	x	x	
<i>Elphidium macellum</i> (F.-M.)			x			x			x		x	
<i>Fursenkoina acuta</i> (Orb.)						x	x					
<i>Globigerina bulloides</i> Orb.					x							
<i>Globigerina concinna</i> Rss.												
<i>Globigerina diplostoma</i> Rss.												
<i>Globigerina praebulloides</i> Blow					x	x		x		x	x	x
<i>Globigerina</i> sp.												
<i>Globigerina tarchanensis</i> Subbotina & Chutzieva						x		x		x		
<i>Globigerinella obesa</i> (Bolli)												
<i>Globigerinella regularis</i> (Orb.)		x				x		x	x		x	
<i>Globigerinoides quadrilobatus</i> (Orb.)		x									x	
<i>Globigerinoides trilobus</i> (Rss.)	x						x					
<i>Globigerinopsis grilli</i> (Schmid)												
<i>Globoquadrina altispira</i> (Cushman & Jarvis)						x	x					
<i>Globorotalia bykovae</i> (Aisenstat)											x	
<i>Globorotalia transylvanica</i> Popescu												
<i>Globoturborotalia druryi</i> (Akers)								x				
<i>Guttulina communis</i> (Orb.)			x									
<i>Heterolepa dutemplei</i> (Orb.)							x					
<i>Karreriella chilostoma</i> (Rss.)											x	
<i>Lagena</i> sp.												
<i>Lenticulina inornata</i> (Orb.)												
<i>Lobatula lobatula</i> (W.-J.)		x		x								
<i>Melonis pompilioides</i> (F.-M.)									x			
<i>Nonion commune</i> (Orb.)						x		x		x		
<i>Nonion tumidulus</i> Pishvanova								x	x	x		
<i>Orbulina suturalis</i> Broenn.									x			
<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Rss.)												
<i>Pappina neudorfensis</i> (Toula)							x					
<i>Paragloborotalia</i> sp.												
<i>Porosonion granosum</i> (Orb.)					x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Praeglobobulimina pupoides</i> (Orb.)												
<i>Praegloborotalia? mayeri</i> (Cushman & Ellisor)		x										
<i>Pseudotriloculina consobrina</i> (Orb.)					x	x					x	x
<i>Pullenia bulloides</i> (Orb.)		x							x			
<i>Repmanina charoides</i> (J.-P.)				x	x	x	x					
<i>Sigmoilinita tenuis</i> (Czjz.)												
<i>Sphaeroidina bulloides</i> Orb.			x									
<i>Stilostomella adolphina</i> (Orb.)												
<i>Stilostomella advena</i> (Cushm. & Laim.)												x
<i>Turborotalia quinqueloba</i> (Natland)												
<i>Uvigerina aculeata</i> Orb.			x									
<i>Uvigerina</i> cf. <i>venusta</i> Franzenau												
<i>Uvigerina semiornata adolphina</i> v. Daniels-Cicha												
<i>Uvigerina semiornata</i> Orb.												
<i>Uvigerina semiornata semiornata</i> (Orb.)												
<i>Uvigerina</i> sp.												
<i>Uvigerina venusta</i> Franzenau												
<i>Valvulineria complanata</i> (Orb.)												
<i>Virgulopsis tuberculatus</i> (Egger)												
Ostrakódy: <i>Cytheridea arcuata</i> Jiříček	x											
<i>Phlyctenophora farkasi</i> (Zalányi)												
artikulačné bradavky a ostne ježoviek									x	x		



GEOLOGICKÉ PRÁCE, SPRÁVY 115

Vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava 2008

Vedúca redakcie: Gabriela Šipošová

Jazyková redaktorka: Ing. Janka Hrtusová

Grafická úprava a technické spracovanie: Gabriela Šipošová

Tlač a knižárske spracovanie: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava