



**VYUŽITIE PLYTKÉHO GEOFYZIKÁLNEHO PRIESKUMU PRI POSUDZOVANÍ  
VÁPENCOVÉHO PODLOŽIA V BÝVALOM KAMEŇOLOME**  
**SHALLOW GEOPHYSICAL SURVEY IN REVIEWING OF THE LIMESTONE MASSIF  
BEDROCK IN THE FORMER STONE QUARRY**

*Bibiána Brixová<sup>1</sup>, René Putiška<sup>2</sup>, Ivan Dostál<sup>3</sup>, Martin Bednarik<sup>4</sup>*

**Abstrakt**

Cieľom úlohy bolo pomocou geofyzikálnych metód overiť homogenitu vápencového masívu v bývalom kameňolome a prípadne zistiť prítomnosť krasových prejavov. Prieskum prebiehal v opustenom lome na severných svahoch najjužnejšej časti Malých Karpát na území Slovenska. Využilo sa meranie elektrickej odporovej tomografie (ERT), seizmické metódy a georadar. Výsledky z jednotlivých metód navzájom pekne korešpondujú. Meranie ERT a seizmickej refrakčnej tomografie potvrdzuje, že prostredie je vo vrchnej časti do 1.5m tvorené navážkou, pod ktorou sa nachádza pravdepodobne rozrušený vápencový masív. Neporušený vápencový masív sa na základe nameraných hodnôt odporu a seizmických rýchlostí predpokladá v hĺbke 3m pod povrchom. Seizmické merania nezachytili žiadne zjavné tektonické porušenie. Na ERT záznamoch sú dve výrazné anomálie. Vysokoodporová je pravdepodobne prejavom kopanej sondy v blízkosti profilu, nízkooporová zachytená v hĺbke cca 2 m pod povrchom sa plánuje overiť kopanou sondou.

**Abstract**

The aim of the task was to verify the homogeneity of the limestone massif in the former stone quarry using geophysical methods and to find the presence of karst. The survey was carried out in the abandoned quarry on the northern slopes of the southernmost part of the Malé Karpaty Mts. on the territory of Slovakia. Measurement of electrical resistivity tomography (ERT), seismic methods and georadar has been used. The results from the individual methods correspond to each other very well. Measurement of ERT and seismic refraction tomography confirms that the upper part of environment is up to 1.5m created by embankment under which the segregated limestone mass is probably located. The intact limestone mass is assumed at a depth of 3 m below the surface, based on measured resistance values and

seismic velocities. Seismic measurements did not detect any apparent tectonic fractures. ERT shows two significant anomalies. The high-resistance anomaly is probably the result of a coped probe near the profile, the low-resistance anomaly captured at a depth of about 2 m beneath the surface is planned to be verified by a coped probe.

### **Kľúčové slová**

*elektrická odporová tomografia, seizmické metódy, georadar, Malé Karpaty, inžiniersko-geologický prieskum*

### **Key words**

*electrical resistivity tomography, seismic methods, georadar, Malé Karpaty Mts., engineering-geological survey*

## **1 Úvod**

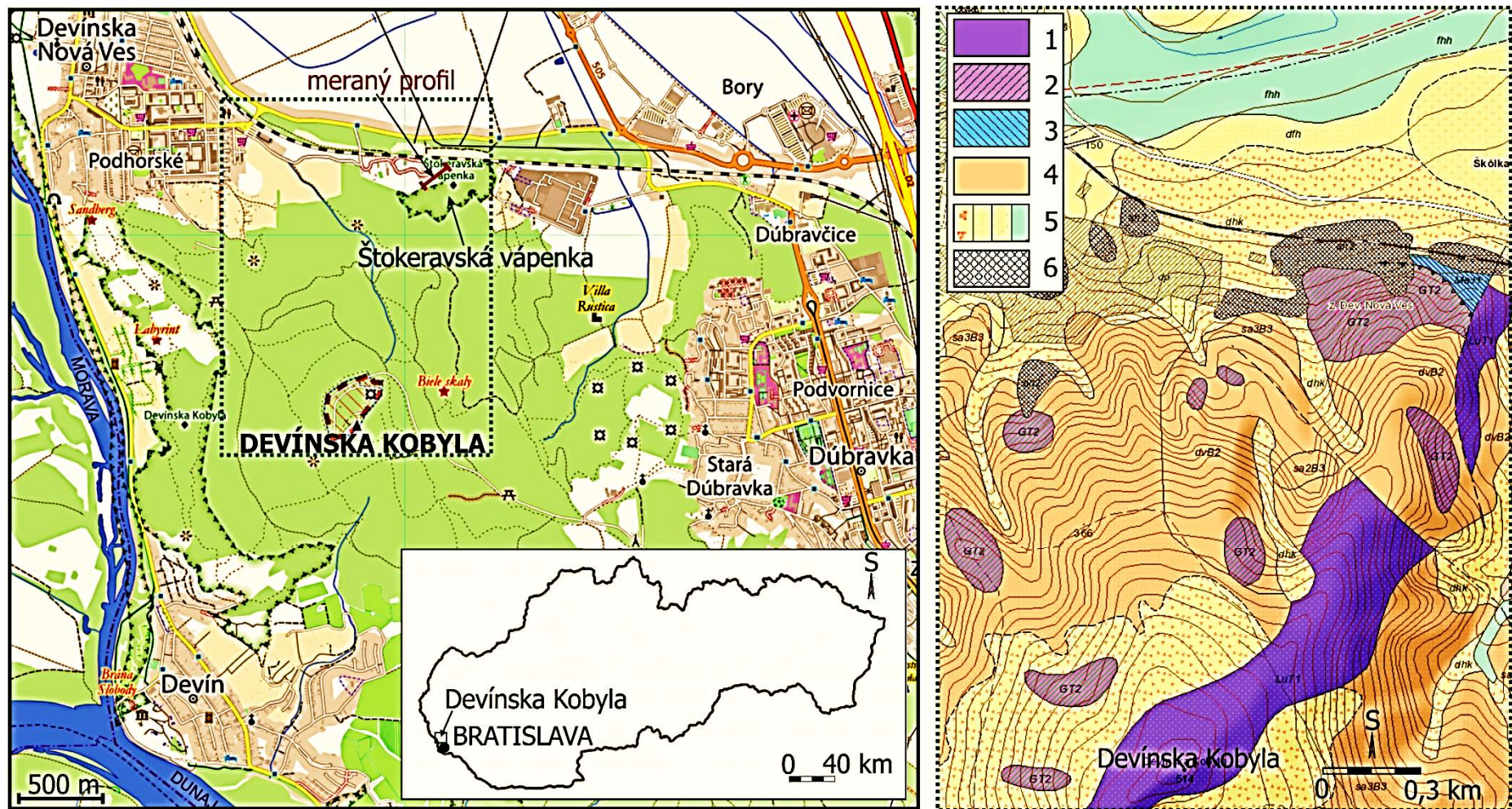
Plytké geofyzikálne metódy sa čoraz častejšie využívajú na neinvazívny prieskum horninového podlažia. Účel ich využitia je rôzny. Veľmi často ide o geoinžiniersky a hydrogeologický prieskum, no výborné výsledky dosahujú i v archeológii. Prezentované geofyzikálne meranie bolo súčasťou inžiniersko-geologického prieskumu v bývalom lome Štokeravská vápenka na severných svahoch masívu Devínskej Kobyly (najjužnejšia časť Malých Karpát na území Slovenska). Meranie sa realizovalo vo východnom rohu spodného podlažia kameňolomu za účelom overenia stavu a homogenity vápencového masívu a zistenia prítomnosti dutín či iných krasových prejavov. Z geofyzikálnych metód boli použité elektrická odporová tomografia (ERT), seizmické metódy a georadar (GPR).

## **2 Geologické pomery**

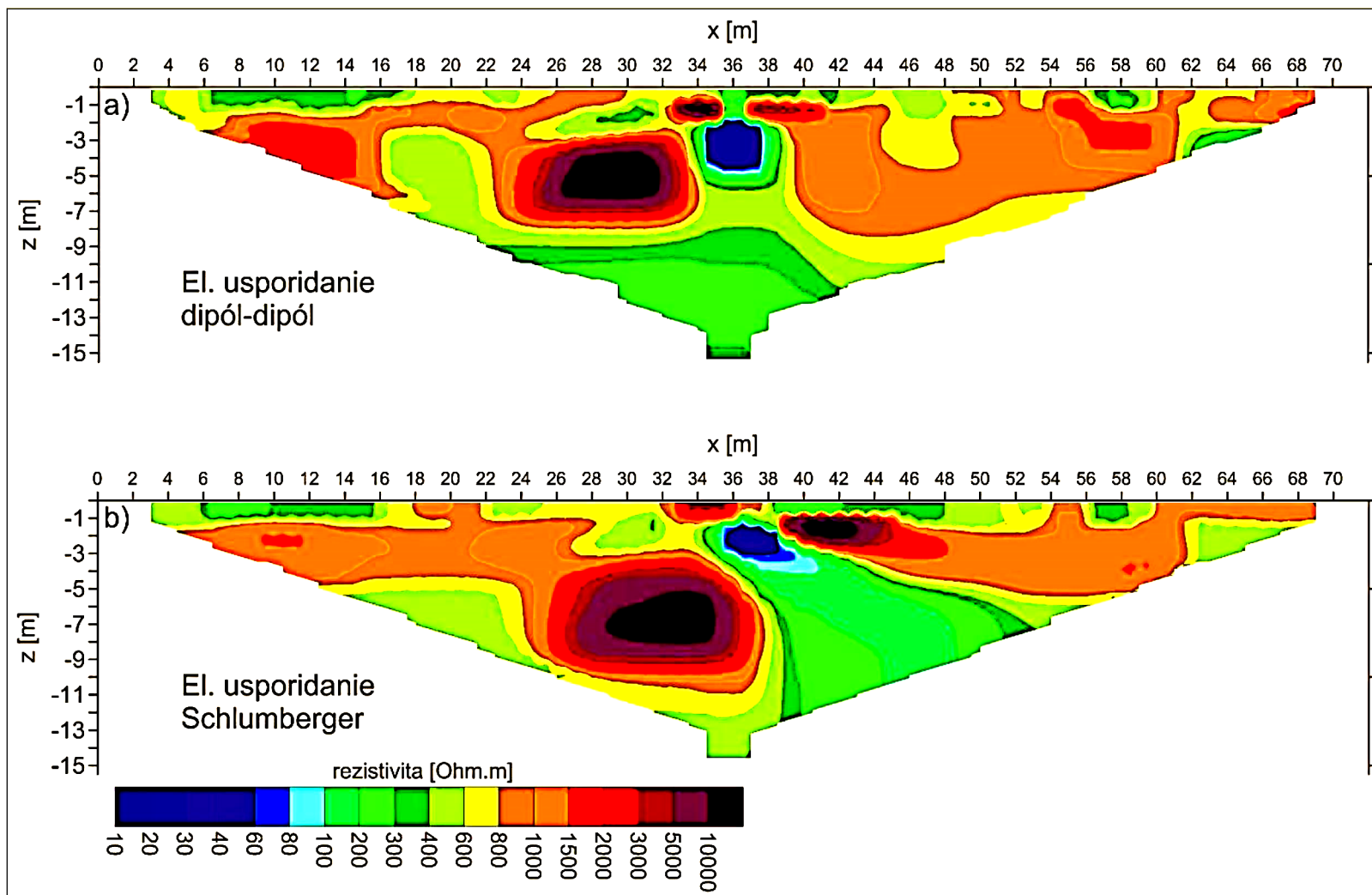
Kameňolom Štokeravská vápenka sa nachádza na východnom okraji Viedenskej panve na úpätí Malých Karpát (Západné Karpaty), konkrétne na severovýchodnom svahu Devínskej Kobyly, ktorá patrí k najjužnejšej časti Malých Karpát na území Slovenska (obr. 1). Holec a Sabol (2004) uvádzajú, že v kameňolome sa ťažili vápence spodnojurského veku. Vápence sú tektonicky porušené, v miestach tektonických porúch sa vyvinuli široké pukliny a iné krasové javy. Oblasť kameňolomu je zaujímavou paleontologickou lokalitou. Nachádza sa tu reliktná jaskynnej steny pokrytý stalaktitmi a sintrom, v ktorom sú otvory vyvrtané morskými lastúrnikmi transgredujúceho vrchnobádenského mora (Mišík, 1980). V puklinách vápencov boli nájdené zvyšky menších aj väčších stavovcov z obdobia stredného miocénu, kedy bolo toto územie vynorené a pukliny fungovali ako prirodzené pasce (Mišík, 1980). Vo vrchnom bádene bola oblasť znova zaplavená, čo sa prejavilo nástupom sedimentácie morských pieskov.

## **3 Metodika**

Geofyzikálne merania pozostávali z merania elektrickej odporovej tomografie (ERT – Electrical Resistivity tomography), reflexnej a refrakčnej seizmiky a z georadaru (GPR – Ground Penetrating Radar). Všetky metódy boli realizované na 170 m dlhom profile vo východnom rohu spodného podlažia kameňolomu.



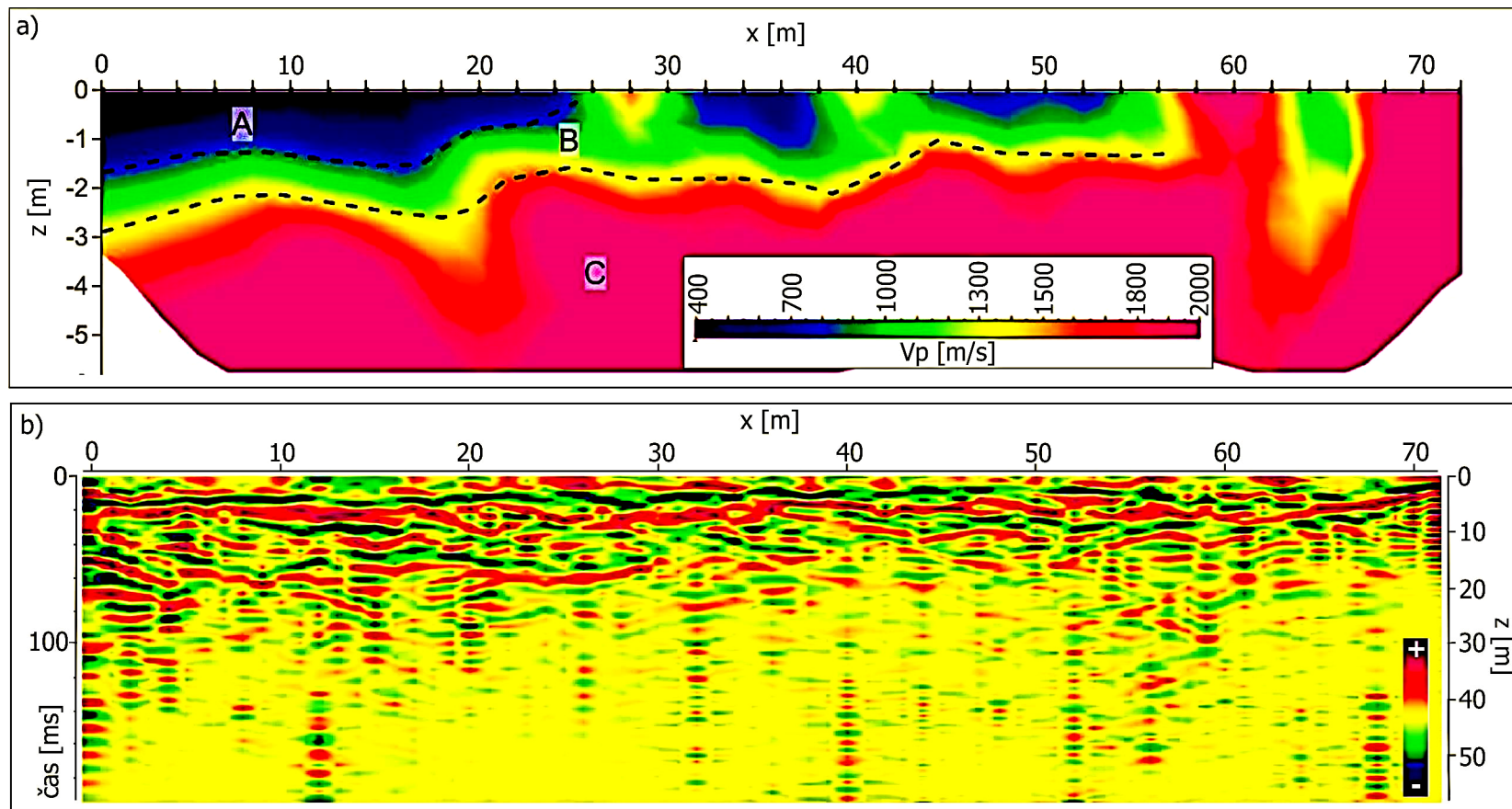
**Obr.1** Lokalizácia prieskumnej oblasti s vyznačeným meraným profilom a geologická mapa širšieho okolí(zdroj:<http://mapserver.geology.sk/pgm/>). 1 – kremence, kremenné pieskovce, zlepenca (trias), 2-tensteinské vápenca a ramsauské dolomity (trias), 3 – čierne ílovité a vápnité bridlice (jura), 4-brekcie(terciér), 5-deluviálne sedimenty (hlinito-kamenité svahoviny a sutiny/splachové hliny/piesčité hliny až hlinité piesky/litofaciálne nečlenené hliny, piesky až štrky dolinných niv riek, kvartér), 6-antropogénne navážky a haldy (kvartér)



*Obr.2 Inverzný odporový rez, spracovaný na základe merania elektrickej odporovej tomografie*

### 3.1 ERT

Metóda 2D elektrickej odporovej tomografie (ERT) je systém komplexného odporového merania s väčším počtom elektród, pričom vzájomná vzdialenosť elektród a typ elektródového usporiadania súvisí s požadovaným rozlíšením a hĺbkovým dosahom prieskumu. Pri meraní v lome bolo použité usporiadanie elektród dipól-dipól, Wenner-alpha a Schlumberger a zvolená elektródová vzdialenosť bola 2 m. Namerané údaje boli spracované v inverznom programe Res2DInv s použitím presného zamerania pozície profilu GPS Trimble GeoXR.



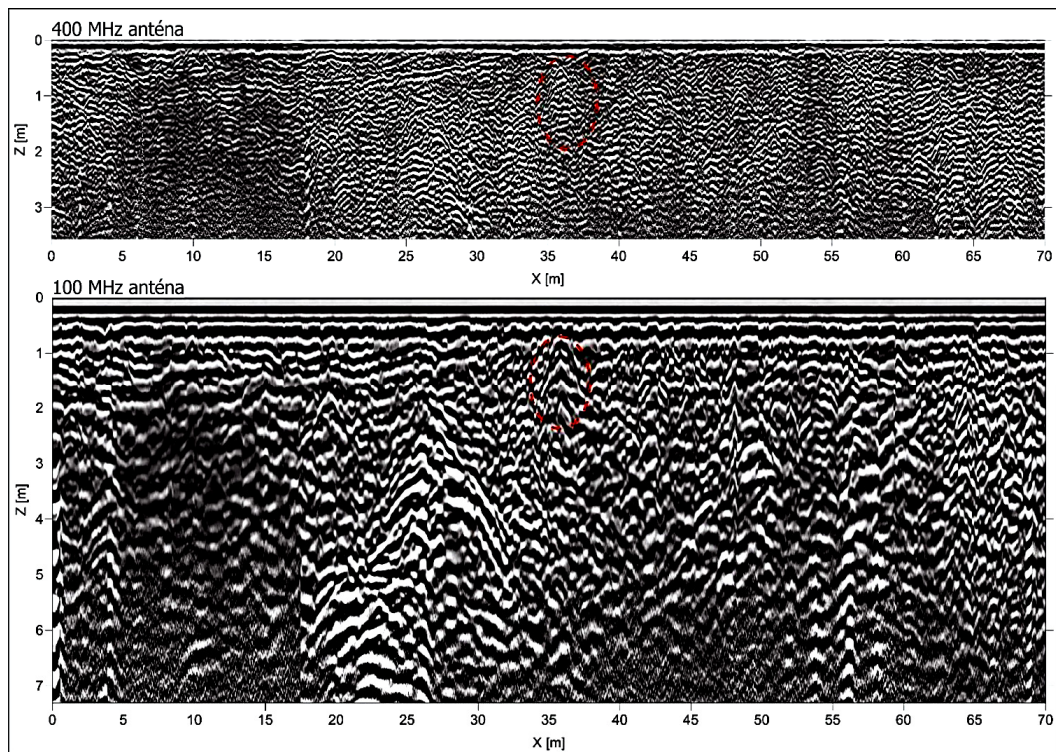
**Obr. 3 a) Refrakčná seizmika – interpretovaný tomografický rez**  
*A – nízkorychlostná vrstva tvorená navážkou ( $v_p < 700$  m/s),*  
*B – prechodná porušená zóna podložia ( 800 – 1000 m/s ),*  
*C – podložie - vápence ( $v_p > 1600$  m/s)*  
**b) Reflexná seizmika**

### 3.2 Seizmické metódy

Seizmické metódy využívajú umelo vybudené seizmické vlny, konkrétne refragovanú a priamu (refrakčná seizmika) a odrazenú vlnu (reflexná seizmika). Výsledkom refrakčných meraní je rýchlostný model prostredia a výsledkom reflexného spracovania je časový, prípadne hĺbkový seizmický reflexný profil, zachytávajúci výrazné seizmické rozhrania vo forme reflexov. Seizmické meranie v lome sa realizovalo 36 kanálovou aparátúrou so 14 Hz vertikálnymi geofónmi. Ako zdroj slúžilo 8 kg kladivo. Rozostúp geofónov bol 2 m a budenie seizmického signálu sa realizovalo každé 4 m. Prvé umiestnenie zdroja bolo na pozícii prvého geofónu a posledné budenie bolo

vo vzdialenosti 2 m za posledným geofónom (obr. 3a). Pre zlepšenie signálu sa záznam na každej pozícii zdroja sumoval z 5 až 7 impulzov. Namerané dáta boli spracované v programe Reflexw Version 8.0 (by Sandmeier, 2017) a to procesingovými metódami pre reflexnú i refrakčnú seizmiku a refrakčnú seizmickú tomografiu.

### 3.3 GPR



**Obr.4 Georadar – interpretovaný rez**

40 m je v hĺbke cca 2m pod povrchom nameraná výrazná vodivá anomália (10 – 20  $\Omega\text{m}$ ). Ďalšia výrazná odporová anomália, na metrži 22 m až 32 m, je pravdepodobne prejavom kopanej sondy v tesnej blízkosti meraného profilu.

Výsledkom refrakčnej seizmiky je rýchlostný profil (obr. 3a). V ľavej časti profilu (metráž 0 – 24 m) bola zaznamenaná nízko rýchlostná vrstva ( $v_p < 700$  m/s) s hrúbkou cca 1,5 m zodpovedajúca silne porušenému, zvetranému horninovému prostrediu - oblasť A. Oblasť B predstavuje prostredie s nižším stupňom porušenia (zvetrania), ktoré je charakterizované seizmickými rýchlosťami v rozmedzí 800 – 1000 m/s. Zasahuje do hĺbky cca 2 - 3 m. Na základe vyšších rýchlostí sa predpokladá menšie porušenie horniny, ale stále ide o pripovrchovú rozrušenú vrstvu. Výrazné rýchlostné rozhranie bolo zistené v hĺbke cca 3 m. Namerané seizmické rýchlosti kde platí, že ( $v_p > 1600$  m/s) môžu zodpovedať plytko uloženému vápencovému masívu - oblasť C. Z meraní reflexnej seizmiky bol vypracovaný

Georadar využíva na zmapovanie štruktúr pod povrchom radarové impulzy a ich odrazy. Vysielané elektromagnetické vlny prechádzajú prostredím. Keď vlna narazí na rozhranie vrstiev s rôznymi dielektrickými vlastnosťami, časť energie sa odrazí a zvyšok sa šíri ďalej prostredím. Odrazená energia sa na povrchu zaznamenáva vo forme časového priebehu a na základné parametre týchto odrazených vln (amplitúda, frekvencia, oneskorenie medzi vyslaním a príjmom) nesú informáciu o diagnostikovanom prostredí. Meranie v lome bolo realizované aparátúrou SIR3000 (GSSI) so 100 MHz a 400 MHz anténou.

### 4 Výsledky

Výsledkom merania ERT je odporový rez prostredia do hĺbky cca 13 m (obr. 2). Hladina podzemnej vody nebola na tomto profile vrtnými prácami zasiahnutá. Prostredie je vo vrchnej časti do cca 1.5 m tvorené navážkou, pod ktorou sa nachádza vápencový masív s odporom 400 až 1000  $\Omega\text{m}$ . Vyššie hodnoty odporu predstavujú viac kompaktné časti, nižšie hodnoty odporu naopak zvetrané časti, ktoré môžu byť vyplnené ílovitými sedimentmi. Na metrži 36 –

hlbkový reflexný rez do hĺbky cca 90 m (obr. 3b), na ktorom sa do hĺbky 25 – 30 m neprejavuje žiadne výrazné tektonické porušenie prostredia.

Výsledkom merania GPR sú dva radargrami (obr. 4) - jeden z merania 400 MHz anténou s maximálnou hĺbkou dosahu 3,5 m a druhý z merania 100MHz anténou s hĺbkovým dosahom do 7 m . Na oboch je na metrácii 36 m vidieť hyperbolu aká býva prejavom samostatných izolovaných objektov (potrubia, rúry, a pod.).

## 5 Záver

Z výsledkov geofyzikálnych meraní vyplýva, že územie nie je postihnuté krasovými útvarmi a v mieste vedenia profilu neboli zachytené ani žiadne prejavy prázdneho priestoru. Výsledky použitých geofyzikálnych metód navzájom korešpondujú a uspokojuvito naplňajú zadané ciele prieskumu. Hlavne výsledky ERT a refrakčnej seizmickej tomografie poukazujú na prítomnosť rozrušenej vrstvy (pravdepodobne navážky) vo vrchnej časti profilu a rozrušenej zóny zvetrania, ktorá je vyplnená ílovitými sedimentmi do hĺbky cca 3 m. Vápencové podložie tieto metódy identifikovali v hĺbke cca 3 m pod povrchom. Napriek veľmi dobrej zhode výsledkov refrakčnej seizmickej tomografie a ERT, v časti profilu, kde je na ERT zachytená výrazná vodivá anomália (metráž 36 – 40 m), na meraniach refrakčnej seizmiky nie je žiaden anomálny prejav. V oblasti tejto anomálie je však zaujímavý prejav aj na radargramoch a tak sa táto oblasť plánuje overiť kopanou sondou.

## Podakovanie

*Príspevok bol riešený za finančnej podpory VEGA 1/0559/17, VEGA 1/0462/16, VEGA 2/0098/18, APVV-0129-12, APVV-16-0146.*

## Literatúra

- HOLEC, P., SABOL, M. Paleontologické nálezy v lome prírodnej rezervácie Štokeravská vápenka. *Biosozologia (conservation biology)*. Bratislava 2004, 2, p. 62 – 70.
- MIŠÍK, M. Miocene sinter crust (speleothems) and calcrete deposits from neptunian dykes, Malé Karpaty Mts. *Geologický zborník – Geologica Carpathica*, Bratislava 1980,2, 31,4, p. 495-512. In Holec and Sabol, 2004.
- SANDMEIER, K. J. Reflexw - GPR and seismic processing software [software], ©Sandmeier geophysical research, 2017 [cit. 2018-01-04]. Available on: <http://www.sandmeier-geo.de/reflexw.ht>

---

## Autoři

<sup>1</sup> RNDr. Bibiána Brixová, PhD. Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prif UK, Ilkovičova 6, Bratislava, [bibiana.brixova@uniba.sk](mailto:bibiana.brixova@uniba.sk)

<sup>2</sup> René Putiška, PhD. Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prif UK, Ilkovičova 6, Bratislava, [rene.putiska@uniba.sk](mailto:rene.putiska@uniba.sk)

<sup>3</sup> Mgr. Ivan Dostál, PhD. . Katedra aplikovanej a environmentálnej geofyziky, Prif UK, Ilkovičova 6, Bratislava

<sup>4</sup> Martin Bednarik , PhD. Katedra inžinierskej geológie, Prif UK, Ilkovičova 6, Bratislava, [m.bednarik@uniba.sk](mailto:m.bednarik@uniba.sk)