

BHF Environmental, spol. s r.o.

Dúbravská cesta 9, 842 37 Bratislava

tel.: 02/54774689, 02/54792287, 02/59411188, fax: 02/54774689

e-mail: bhf@bhf.sk, web: www.bhf.sk

IČO: 31384331, IČ DPH: SK2020320797

Obchodný register vedený pri Okresnom súde Bratislava I, oddiel Sro, vložka číslo 7974/B

Diaľnica D1 Turany - Hubová

Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum

Výsledky geofyzikálnych meraní metódami ERT a VES
na profiloch K5 a K7b

Objednávateľ:	DPP Žilina, s.r.o. Legionárska ulica č. 8203 010 01 Žilina
Zhotoviteľ:	BHF Environmental, spol. s r.o. Dúbravská cesta 9 842 37 Bratislava
Zodpovedný riešiteľ:	RNDr. Julián Filo
Vypracovali:	RNDr. Julián Filo RNDr. Peter Zverka Mgr. Karin Brngálová RNDr. Vladimír Hrubý



Bratislava, máj 2019

1. Úvod

Na základe objednávky číslo 03_2_2019 spoločnosti DPP Žilina, s.r.o. Žilina, zo dňa 25. 02. 2019 vykonala spoločnosť BHF Environmental, spol. s r. o. Bratislava, geofyzikálny prieskum pre podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum na stavbe "Diaľnica D1 Turany - Hubová" v mieste geofyzikálnych profilov K5 a K7b (obr. 1).

Úlohou prieskumu bolo prispieť k upresneniu geologickej stavby v priestore geofyzikálnych profilov K5 a K7b.

Úloha bola riešená geoelektrickými metódami ERT (Elektrická Rezistivná Tomografia) a VES (Vertikálne Elektrické Sondovanie).

2. Stručný popis lokality

Skúmaná oblasť sa nachádza v severnom výbežku pohoria Veľká Fatra južne od kóty Kopa medzi obcami Turany a Hubová. (obr. 1).

Reliéf terénu je kopcovitý so svahmi so strmostou do cca 35°. Nadmorská výška terénu v mieste realizácie geofyzikálnych profilov sa pohybuje medzi 560 a 1 140 m.

Na geologickej stavbe skúmaného územia sa podľa dostupných informácií (mapový server ŠGÚDŠ (www.geology.sk) a ústna informácia od geologického riešiteľa úlohy) podieľajú mezozoické súvrstvia vápencov, dolomitov a slieňovcov, prípadne ílovcov a slienitých vápencov.

Povrch skúmaného územia je pokrytý prevažne hlinítokamenitými suťami, prípadne zvetralinami spomínaných podložných hornín.

Podrobnejší popis geologickej stavby daného územia bude uvedený v geologickej správe.

3. Metodika terénnych geofyzikálnych prác a spracovanie nameraných hodnôt

Na riešenie zadanej úlohy boli zvolené geoelektrické metódy v modifikácii ERT a VES.

Metóda ERT (Elektrická Rezistivná Tomografia / Electrical Resistivity Tomography), tiež nazývaná odporová tomografia, ERI (Electrical Resistivity Imaging) alebo multikábel (MES = Multi Electrode System) patrí v súčasnosti na Slovensku k najpoužívanejším geoelektrickým metódam.

Nahrádza dve staršie odporové metódy súčasne – symetrické odporové profilovanie (SOP) a tzv. vertikálne elektrické sondovanie (VES).

Sleduje odporové zmeny horninového prostredia ako vo vertikálnom, tak aj v horizontálnom smere.

Hĺbkový dosah uvedenej metódy závisí od meniacej sa konfigurácie rozloženia elektród.

Pre danú úlohu boli merania ERT realizované na dvoch geofyzikálnych profiloch K5 a K7b v celkovej dĺžke 3 630 m (obr. 1).
Krok merania bol 5 m, hĺbkový dosah do cca 100 m.

Merania boli uskutočnené aparátúrou ARES (Automatic Resistivity System) a multielektródovým káblom so 48 elektródami vyrobenými spoločnosťou GF Instruments.

Meraním boli získané hodnoty zdanlivého merného odporu ρ_z . Tie boli programom RES2DINV prepočítané do hĺbkových rezov rozšírenia merných odporov v horninovom prostredí - tzv. inverzný odporový model.

Merania metódou VES (Vertikálne Elektrické Sondovanie) boli uskutočnené na 8 stanovištiach s cieľom získať informácie o odporových pomeroch pre hĺbky do cca 500 m.

Bolo aplikované Schlumbergerovo usporiadanie elektród s maximálnou vzdialenosťou sýtnych elektród $AB = 1\,700$ m.

Meraním VES boli získané hodnoty zdanlivého merného odporu ρ_z . Tie boli interpretované programom IPI2WIN.

Konečné výsledky interpretácie sú zobrazené v geologicko-geofyzikálnych rezoch (obr. 2 a 3).

4. Výsledky

Výsledky geofyzikálnych prác sú prezentované formou inverzných odporových modelov z meraní ERT a geologicko-geofyzikálnych rezov (obr. 2 a 3).

Geologicko – geofyzikálne rezy dávajú informáciu o geologickej stavbe územia v miestach rezov v smere približne kolmom na povrch terénu.

Ich tvorba vychádzala z meraní ERT a VES s využitím poznatkov získaných zo starších geologických a geofyzikálnych prác, rekognoskácie terénu a iných doplnkových informácií.

Na danom území boli interpretované štyri geofyzikálne odlišné prostredia, vo vysvetlivkách ku geologicko-geofyzikálnym rezom označené číslami 1 až 4.

Geofyzikálne prostredia 2 – 4 boli priradené mezozoickému sedimentárnemu komplexu (súvrstvia vápencov, dolomitov a slieňovcov, prípadne ílovcov a slienitých vápencov) a prostredie 1 pokrývnym kvartérnym sedimentom.

Geofyzikálne prostredie 4 sa odlišuje od prostredí 2 a 3 výrazne nižšími hodnotami interpretovaných merných odporov $\rho = 50 - 500 \Omega\text{m}$. Bolo zaznamenané len v južnej časti profilu K5 od metráže cca 2 600 m po koniec profilu (2 755 m). Zrejme reprezentuje súvrstvie s prevahou slieňovcov, prípadne ílovce a slienité vápence.

Ostatnú plochu skúmaného územia podľa vyššie uvedených zdrojov budujú dva základné typy sedimentárneho prostredia:

- súvrstvie s prevahou dolomitu a
- súvrstvie s prevahou vápenca.

Geologický význam bol geofyzikálnym prostrediam 2 a 3 priradený na základe tzv. parametrického merania VES uskutočneného v blízkosti vrtu TKB-7 a geologickej mapy s využitím výsledkov starších geofyzikálnych prác realizovaných spoločnosťou GEOPAS Žilina.

Ako súvrstvie s prevahou dolomitu bolo interpretované geofyzikálne prostredie 3 a ako súvrstvie s prevahou vápenca prostredie 2.

Geofyzikálne prostredie 3 sa vyznačuje najvyššími hodnotami merného odporu $\rho = 3\,000 - 20\,000\ \Omega\text{m}$ zaznamenanými na danom území.

Geofyzikálne prostredie 2 má priradené hodnoty merného odporu $\rho = 500 - 5\,000\ \Omega\text{m}$.

Pre skalné horniny obecné platí, že ich porušenosť hodnoty merného odporu znižuje a kompaktnosť / celistosť zvyšuje.

Porušené dolomity sa odporovo pohybujú na spodnej úrovni intervalu merných odporov priradených geofyzikálnemu prostrediu 3 a masívne vápence na hornej úrovni intervalu merných odporov priradených prostrediu 2. To znamená, že na danej lokalite sú porušené dolomity a masívne vápence odporovo veľmi príbuzné. V prípade, že dochádza k ich priamemu kontaktu, stanovenie hranice medzi nimi je komplikované.

Ich rozlíšenie v niektorých prípadoch bolo možné predovšetkým vďaka skutočnosti, že dolomity a vápence majú na danej lokalite odlišný odporový prejav – vápence sú odporovo homogénnejšie.

Pri rozlišovaní v sporných prípadoch boli využité aj skalné východy.

Obzvlášť zaujímavé je výrazné zvýšenie hodnôt merného odporu v úseku metráže 950 – 1100 m profilu K5, kde skalné východy sú tvorené vápencami. V tomto prípade však môže mať vplyv na výrazné zvýšenie hodnôt merného odporu aj pravdepodobná prítomnosť súvrstvia dolomitov východne od profilu K5 (v jeho tesnej blízkosti).

Na základe priebehu odporových kriviek získaných meraniami ERT na profiloch K5 a K7b boli pre hĺbky do 100 m od povrchu terénu zistené nasledovné skutočnosti:

- Geologická stavba zistená na profile K7b je analogická s úsekom metráže 0 – 550 m profilu K5. Pri povrchu vystupuje súvrstvie s prevahou vápencov (geofyzikálne prostredie 2), ktorého podložie tvorí súvrstvie s prevahou dolomitov (prostredie 3). Súvrstvie s prevahou dolomitov sa najbližšie približuje k povrchu v severných častiach profilov (začiatky profilov) a smerom na juh (smerom k vyšším metrážam) sa ponára do väčších hĺbok. Z odporových kriviek sa tu horninové prostredia javia pomerne homogénne. Odporový prejav porušených, resp. tektonických zón je málo výrazný (obr. 2 a 3).

- V úseku metráže 550 – 2 600 m profilu K5 dochádza pomerne často k odporovým zmenám. To nasvedčuje na nehomogenitu horninových prostredí a ich výraznú tektonickú porušenosť.
- Odporovo sa v danom úseku profilu K5 najvýraznejšie prejavila zóna široká cca 50 m s centrom na metrži 1540 m.
- Okrem nej boli na profile K5 zistené zóny výrazne znížených hodnôt merného odporu (výrazné tektonické / porušené zóny) v okolí metrží 710, 950, 1 120, 2 100 a 2 500 m a jedna výrazná zmena odporových pomerov (bez zníženia merných odporov) na metrži 2 100 m – predpokladaná tektonická línia, prípadne môže ísť len o kontakt odporovo výrazne odlišných horninových prostredí.
- Úsek metráže 1 100 – 1 500 m je odporovo komplikovaný a s tým súvisí aj nejednoznačnosť interpretácie nameraných údajov. V tomto úseku dochádza k zásadným odporovým zmenám, a teda zrejme aj k zmenám horninového prostredia – výrazné súvrstvie s prevahou vápencov hrubé vyše 100 m interpretované severne od tohto úseku smerom na juh už nepokračuje, resp. pokračuje v inej hĺbkovej úrovni. V rámci tohoto úseku bolo na metrži cca 1 300 – 1 400 m zaznamenané výrazné zníženie hodnôt merného odporu na usporiadaniach s hĺbkovým dosahom viac ako 50 m, ktoré sa na usporiadaniach s menším hĺbkovým dosahom takmer neprejavilo. V geologicko-geofyzikálnom reze (obr. 2) je prezentovaná jedna z možností interpretácie tohoto komplikovaného úseku.
- Ostatné interpretované tektonické / porušené zóny majú menej výrazný odporový prejav. To však nemusí znamenať, že sú menej významné.
- Úklon interpretovaných porušených, resp. tektonických zón a línií sa javí veľmi strmý. Z uskutočnených geofyzikálnych meraní sa ho nepodarilo stanoviť. Preto sú dané zóny zobrazené len vo vertikálnom smere.
- V súvrství s prevahou dolomitov interpretovanom južne od metrže 1 500 m sa pravdepodobne nachádza viacero polôh vápencov hrubých niekoľko metrov až niekoľko desiatok metrov. Ich interpretácia nie je vzhľadom na ich odporový kontrast, hrúbku a hĺbku uloženia jednoznačná. Dve z takýchto možných polôh sú naznačené v geologicko-geofyzikálnom reze na obrázku 2.
- V rámci prostredia 2 (súvrstvie s prevahou vápenca) boli miestami zaregistrované zóny zvýšených a výrazne zvýšených hodnôt merného odporu.
- Zóny zvýšených hodnôt merného odporu (bodkovaná šrafáž v geologicko-geofyzikálnych rezoch) indikujú oblasti so zvýšeným obsahom masívneho vápenca, prípadne obsah dolomitu a zóny výrazne zvýšených hodnôt merného odporu (krúžkovaná šrafáž) masívne vápence, prípadne dolomity.

Geofyzikálne prostredie 1 s hodnotami merného odporu $\rho = 50 - 5\,000 \, \Omega\text{m}$ tvorí povrchovú / pokryvnú vrstvu prostrediam 2 – 4. Spravidla ide o hlinitokamenité sute, prípadne silne zvetrané prostredia 2 – 4, teda vápence, dolomity, slieňovce ílovce a slienité vápence.

Prostredie 1 dosahuje interpretované hrúbky do 10 m. Vzhľadom na skutočnosť, že materiálovo má obdobné zloženie ako jeho podložie, dá sa

predpokladať, že skutočné hrúbky kvartérnej povrchovej vrstvy sú menšie, ako je znázornené v geologicko-geofyzikálnych rezoch (obr. 2 a 3).

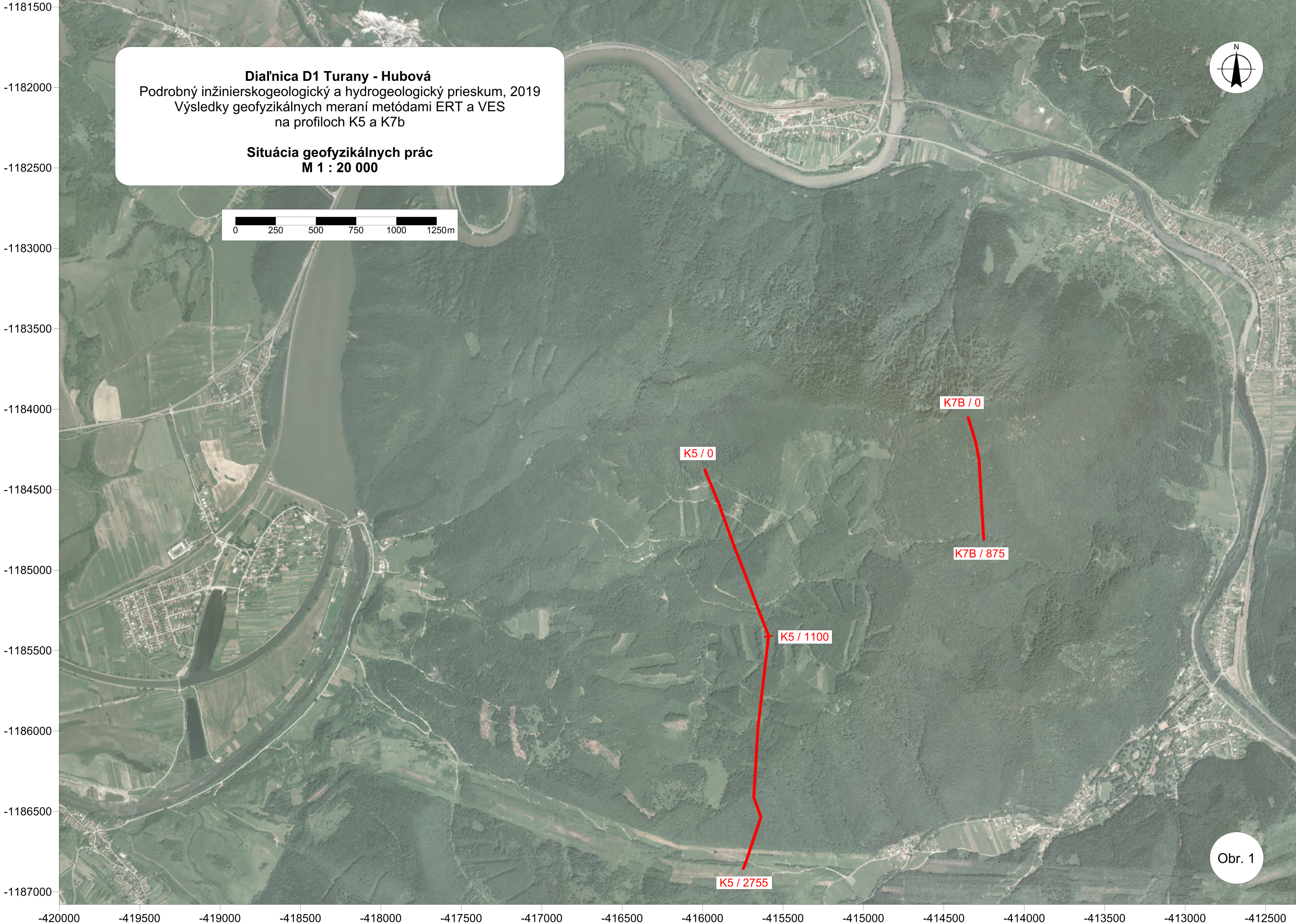
5. Záver

Prezentovaným geoelektrickým prieskumom na profiloch K5 a K7b pre podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum na stavbe "Diaľnica D1 Turany – Hubová" boli dosiahnuté nasledovné výsledky:

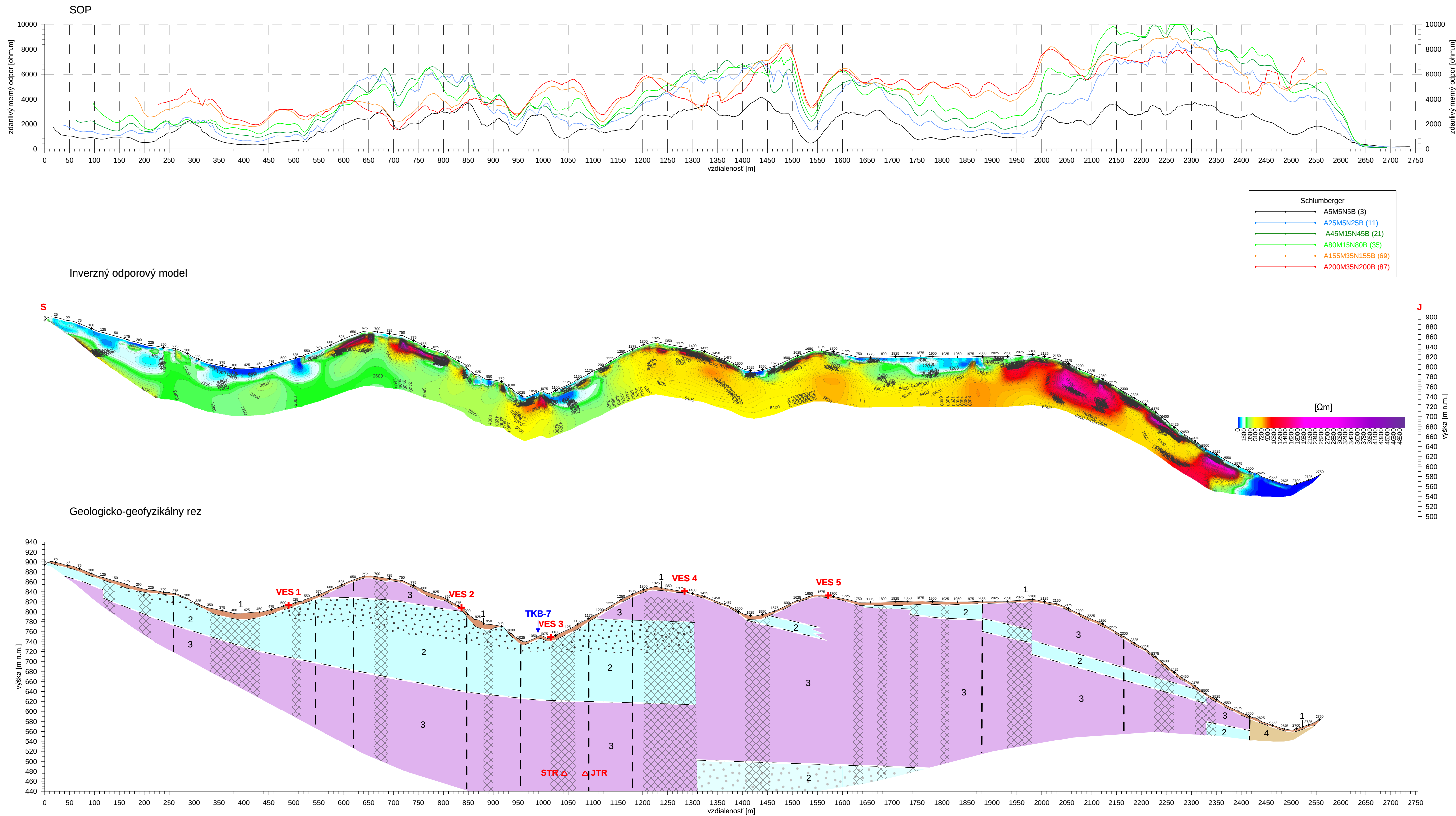
- Na danom území boli interpretované štyri geofyzikálne odlišné prostredia, z ktorých majú dominantné zastúpenie prostredia 2 a 3.
- Prostredie 2 reprezentuje súvrstvie s prevahou vápenca a prostredie 3 súvrstvie s prevahou dolomitu.
- Geologická stavba zistená na profile K7b je veľmi príbuzná s úsekom metráže 0 – 550 m profilu K5. Pri povrchu vystupuje súvrstvie s prevahou vápencov, ktorého podložie tvorí súvrstvie s prevahou dolomitov. Horninové prostredia sa tu javia pomerne homogénne. Odporový prejav porušených, resp. tektonických zón je málo výrazný (obr. 2 a 3).
- V úseku metráže 550 – 2 600 m profilu K5 dochádza pomerne často k odporovým zmenám. To nasvedčuje na nehomogenitu horninových prostredí a ich výraznú tektonickú porušenosť.
- Zóny výrazne znížených hodnôt merného odporu (výrazné tektonické / porušené zóny) boli zaznamenané v okolí metráží 710, 950, 1 120, 1 540, 2 100 a 2 500 m.
- Na metráži 2 100 m bola zistená výrazná zmena odporových pomerov (bez zníženia merných odporov). Pravdepodobne ide o tektonickú líniu, prípadne môže ísť len o kontakt odporovo výrazne odlišných horninových prostredí.
- Úsek metráže 1 100 – 1 500 m je odporovo komplikovaný a s tým súvisí aj nejednoznačnosť interpretácie nameraných údajov. V tomto úseku dochádza k zásadným odporovým zmenám, a teda zrejme aj k zmenám horninového prostredia – výrazné súvrstvie s prevahou vápencov hrubé vyše 100 m interpretované severne od tohto úseku smerom na juh už nepokračuje. V geologicko-geofyzikálnom reze (obr. 2) je prezentovaná jedna z možností interpretácie tohoto komplikovaného úseku.
- Ostatné interpretované tektonické / porušené zóny majú menej výrazný odporový prejav.
- Úklon interpretovaných porušených, resp. tektonických zón a línií sa nepodarilo z uskutočnených geofyzikálnych meraní jednoznačne stanoviť. Preto sú zobrazené vertikálne.

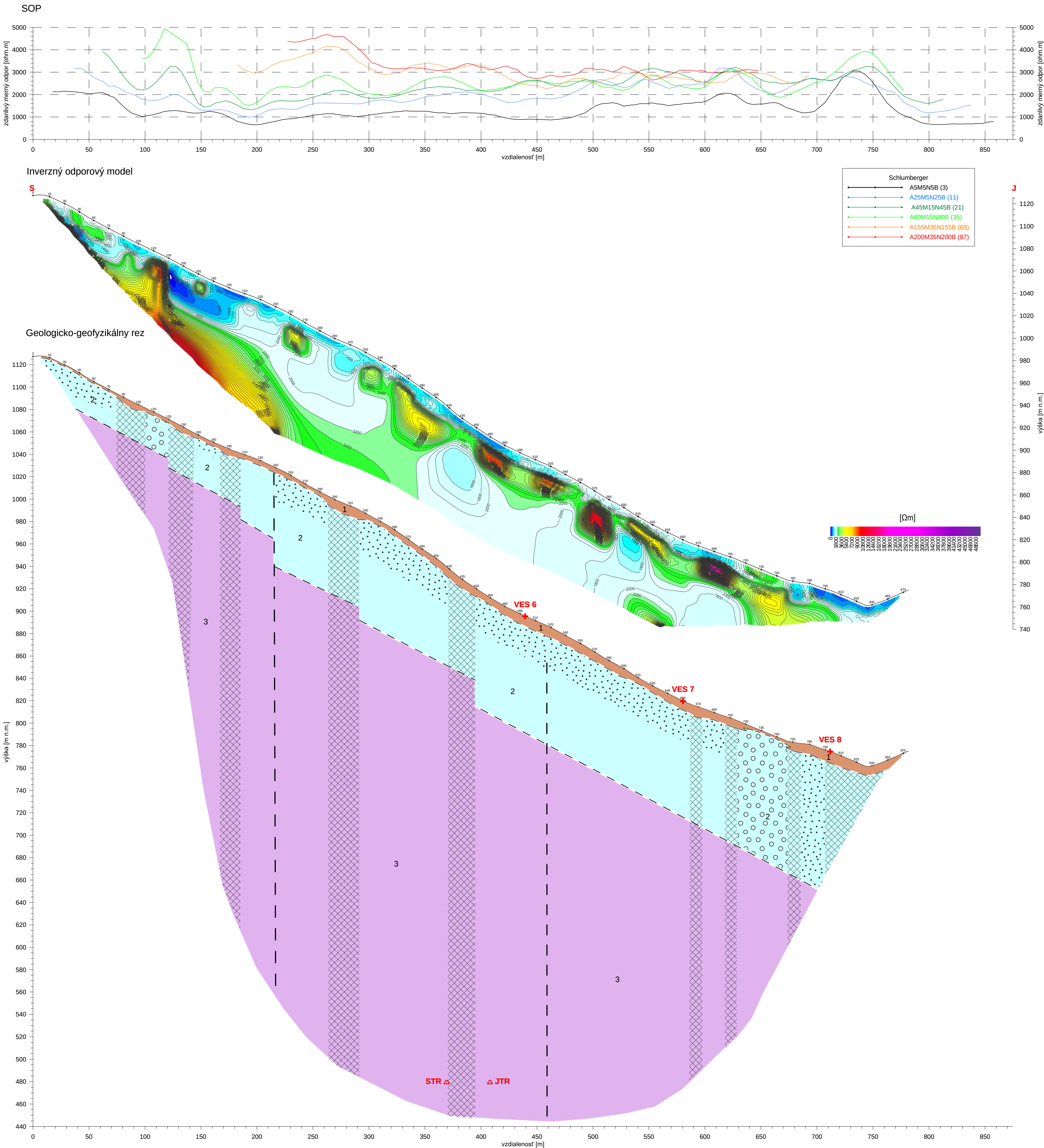
Diaľnica D1 Turany - Hubová
Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, 2019
Výsledky geofyzikálnych meraní metódami ERT a VES
na profiloch K5 a K7b

Situácia geofyzikálnych prác
M 1 : 20 000



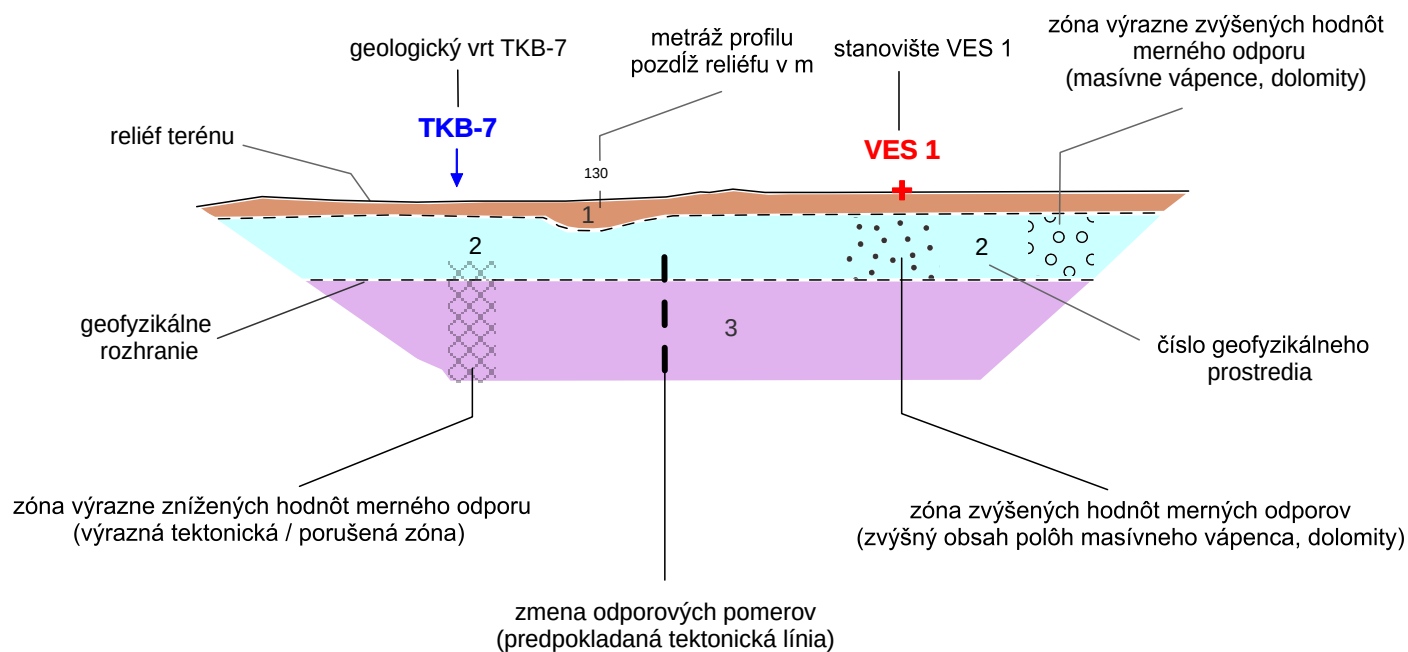
Obr. 1





Diaľnica D1 Turany - Hubová
 Podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum, 2019
 Výsledky geofyzikálnych meraní metódami ERT a VES
 na profiloch K5 a K7b

Vysvetlivky ku geologicko - geofyzikálnym rezom



Geofyzikálne prostredie	Merný odpor ρ [Ωm]	Popis
1	50 - 5000	hlinitokamenité sute, silne zvetrané vápence, dolomity, slieňovce, ílovce, slienité vápence
2	500 - 5000	súvrstvie s prevahou vápenca
3	3000 - 20 000	súvrstvie s prevahou dolomitu
4	50 - 500	súvrstvie s prevahou slieňovcov, ílovce, slienité vápence