



G E O P A S s. r. o.

Bytčická 16

01001 ŽILINA

Diaľnica D1 Turany – Hubová

príloha č. 11.1

VÝSLEDKY POVRCHOVÝCH GEOELEKTRICKÝCH MERANÍ (ERT, VES) A SEIZMICKÝCH MERANÍ (IS)

August 2019

Názov úlohy	: „Diaľnica D1 Turany – Hubová, podrobný ighp“
Objednávateľ geol. prác	: DPP Žilina s.r.o., BRATISLAVA
Zhotoviteľ geol. prác	: GEOPAS s.r.o., ŽILINA
Číslo úlohy zhotoviteľa	: 514 12 2018
Zodpovedný riešiteľ	: RNDr. Štefan HULJAK

OBSAH

1	ÚVOD	1
2	PRÍRODNÉ POMERY	1
3	METODIKA GEOFYZIKÁLNYCH MERANÍ	3
3.1	Metodika geoelektrických meraní	3
3.2	Metodika seizmických meraní	4
4	INTERPRETÁCIA GEOFYZIKÁLNYCH MERANÍ	4
4.1.1	Interpretácia geoelektrických meraní	4
4.1.2	Interpretácia seizmických meraní	5
4.2	Výsledky geofyzikálnych meraní a ich geologický výklad	7
5	ZÁVER	15

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. č. 1	Situácia geofyzikálnych profilov v mierke 1 : 50 000	2
Obr. č. 2	Mapa ρ_z v oblasti tunela Korbelka pre AB = 100 m v mierke 1 : 25 000 ..	6

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č. 11.1 / 1	Geofyzikálny profil K1 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 2	Geofyzikálny profil K2 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 3	Geofyzikálny profil K3 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 4	Geofyzikálny profil K4 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 5	Geofyzikálny profil K6 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 6	Geofyzikálny profil K7A (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 7	Geofyzikálny profil K8 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 8	Geofyzikálne profily K9, K10, K11, K12 (M = 1 : 2000 / 2000)
Príloha č. 11.1 / 9	Geofyzikálny profil K13 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 10	Geofyzikálny profil K14 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 11	Geofyzikálny profil K15 (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 12	Korbelka - mapy ρ_z pre rozostup elektród AB 100 m (M = 1 : 10000)
Príloha č. 11.1 / 13	Korbelka – mapy ρ_z pre rozostup elektród AB 180 m (M = 1 : 10000)
Príloha č. 11.1 / 14	Geofyzikálne profily H1, H2, H3 (M = 1 : 2000 / 2000)
Príloha č. 11.1 / 15	Geofyzikálne profily H4, H5, H6, H6A (M = 1 : 5000 / 5000)
Príloha č. 11.1 / 16	Geofyzikálne profily H7 a H-8 (M = 1 : 2000 / 2000)
Príloha č. 11.1 / 17	Geofyzikálny profil H9 (M = 1 : 2000 / 2000)
Príloha č. 11.1 / 18	Geofyzikálne profily K9, K10, K11, K12, H1, H3 seizmické rezy (M = 1 : 1000 / 1000)

1 ÚVOD

Na základe objednávky firmy DPP Žilina s.r.o., BRATISLAVA a na základe schválenej projektovej dokumentácie, boli spoločnosťou GEOPAS s.r.o., Žilina vykonané geofyzikálne merania na úlohe „**Diaľnica D1 Turany – Hubová, podrobný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum**“.

Ulohou geofyzikálnych meraní bolo, v spolupráci s priamymi prieskumnými dielami, upresniť geologickú stavbu v oblasti predpokladanej trasy tunelov Korbelka a Havran. Napomôcť určiť hrúbky a charakter kvartérnych materiálov, dosah intenzívneho zvetrávania, priebeh predkvartérneho podložia, jeho litologickú charakterizáciu, a tiež určenie miest vertikálnych poruchových zón (tektonických línii).

Na vyriešenie zadaných úloh boli použité geoelektrické odporové metódy - realizované v modifikácii multielektrodového merania zdanlivých merných elektrických odporov ME (v literatúre sa tiež používa anglická skratka ERT – electrical resistivity tomography), symetrické odporové profilovanie (SOP) a vertikálne elektrické sondovanie (VES), a merania plytkej refrakčnej seizmiky (IS – inžinierska seizmika).

Terénne práce boli realizované v auguste 2018 až auguste 2019.

Prvotná dokumentácia je archivovaná spoločnosťou GEOPAS s.r.o.

Geofyzikálne merania boli poddodávkou v rámci geologických prác realizovaných objednávatelom. Predkladaná záverečná správa z geofyzikálnych meraní bude zaradená ako samostatná príloha hlavnej záverečnej správy.

2 PRÍRODNÉ POMERY

Oblasť prieskumu sa nachádza v okresoch Martin a Ružomberok – medzi obcou Krpeľany na západe, a obcami Stankovany a Švošov na východe, v miestach zvažovanej trasy diaľnice.

Situácia geofyzikálnych profilov v mierke 1 : 50 000 sa nachádza na obrázku číslo 1.

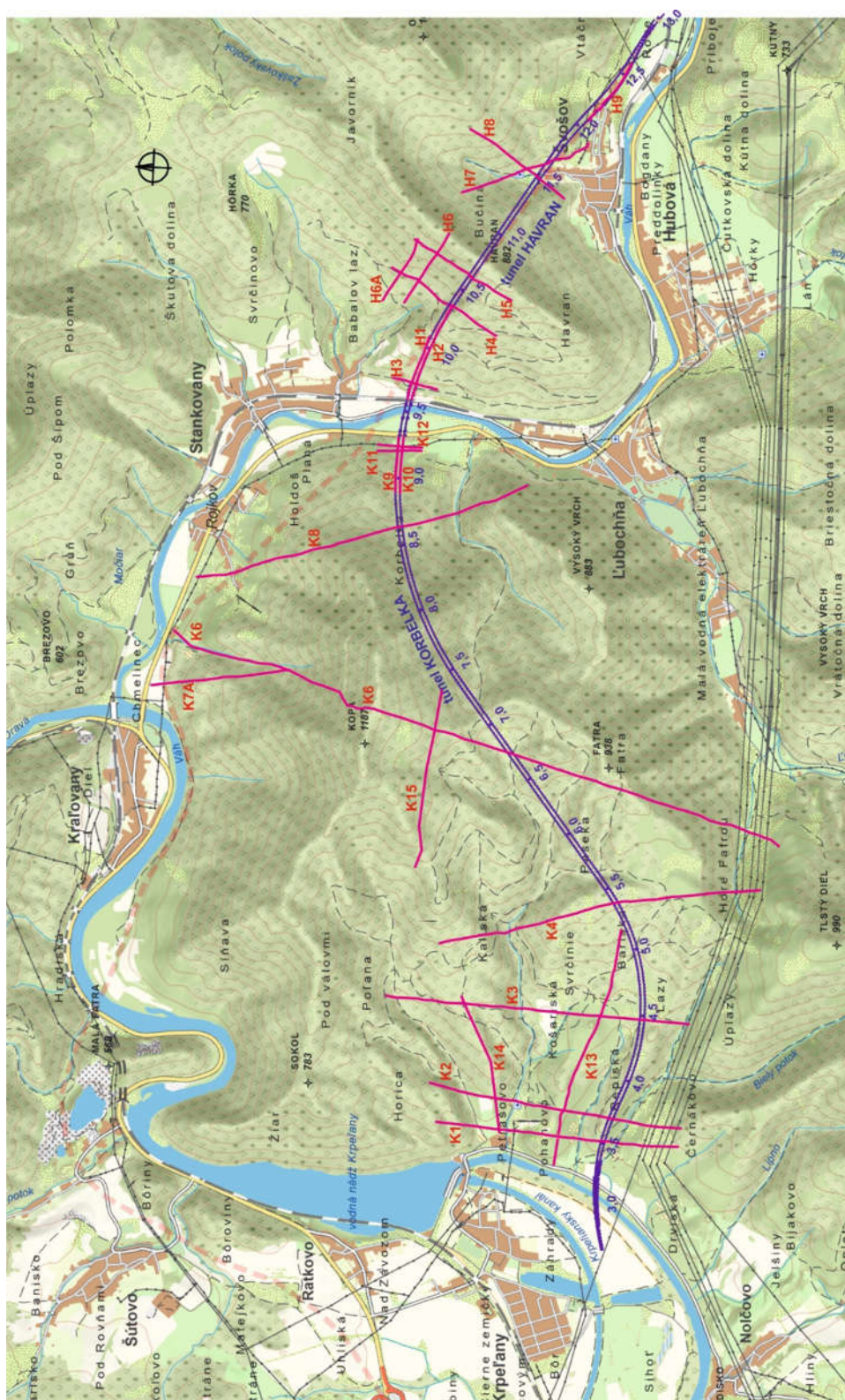
Územie v miestach profilov má prevažne charakter lesných porastov, terén je kopcovitý, nachádzajú sa tu strmé zalesnené svahy, miestami obtiažne schodné. Okrajové časti profilov zasahujú aj do aluviálnej nivy Váhu.

Horninové prostredie v miestach profilov je tvorené rôznymi druhmi kvartérnych zemín - hlinami, ílmi, suťami, štrkopiesčitými zeminami (deluviálnymi, eluviálnymi a fluviálnymi sedimentami). Predkvartérne podložie je tvorené prevažne mezozoickými súvrstviami, na západnom okraji sa nachádzajú tiež paleogénne súvrstvia.

Paleogénne horniny sú predstavované predovšetkým karbonátovými brekciami, zlepenkami a pieskovcami, v menšej miere organogénnymi, organodetrickými a piesčitými vápencami (borovské súvrstvie).

Mezozoické horniny v miestach profilov sú tvorené súvrstviami križňanského a chočského príkrovu. V mezozoických súvrstviach križňanského príkrovu sú zastúpené alľgäuské súvrstvie (staršia jura - tmavosivé až čierne, miestami škvrnité, jemnozrnné ílovité vápence a vápnité ílovce), mráznické súvrstvie (mladšia jura až staršia krieda - slieňe, slieňovce, slienité bridlice, slienité vápence) párnické súvrstvie (staršia krieda - vápnité prachovce, slieňovce, tmavosivé slienité organodetritické vápence s vložkami slienitých bridlíc), porubské súvrstvie (staršia až mladšia krieda - slieňovce, ílovito-piesčité bridlice, pieskovce, piesčité vápence, ortokonglomeráty). Chočský príkrov tvoria triasové dolomity a vápence (gutensteinské dolomity a vápence, ramsauské dolomity, reflinské vápence)

Podrobné zhodnotenie prírodných pomerov je uvedené v hlavnej záverečnej správe, ktorej prílohou je správa z geofyzikálnych meraní, vzhľadom k tomu sa všeobecnými prírodnými pomermi táto správa obšírnejšie nezaobrá.



Obr. č. 1 – Situácia geofyzikálnych profilov v oblasti tunela Korbeka a Havran v mierke 1 : 50 000

3 METODIKA GEOFYZIKÁLNYCH MERANÍ

Povrchové geofyzikálne merania boli realizované v miestach zvažovanej trasy diaľnice a jej dotknutom okolí na 24 geofyzikálnych profiloch. Profily boli lokalizované podľa pokynov geologického riešiteľa úlohy. Profily boli realizované v okolí vybraných úsekov projektovanej diaľnice s tunelmi Korbeka a Havran. Celková dĺžka profilov je 31324 m po teréne.

Geoelektrické merania boli vykonané na celej dĺžke všetkých profilov. Seizmické merania boli realizované v oblasti východného portálu tunela Korbeka, na častiach profilov K9, K10, K11 a K12, a v oblasti západného portálu tunela Havran na profiloch H1 a H3. Celková dĺžka seizmických meraní na týchto profiloch je 1210 m po teréne.

Situácia geofyzikálnych profilov v mierke 1 : 50 000 sa nachádza na obrázku číslo 1.

Merania priamo nadväzujú a dopĺňajú povrchové geofyzikálne merania na úlohe v rámci predchádzajúcich etáp prieskumu. V tesnom okolí boli spoločnosťou GEOPAS s.r.o. realizované povrchové geofyzikálne merania v rámci úloh:

„Diaľnica D1 Turany – Hubová, Variant V2 s tunelom Korbeka, orientačný inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum (CADECO a.s. 2014)

„Diaľnica D1 Turany – Hubová (úsek 2), doplnkový inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum (GEOFOS s.r.o., 2010)

„Diaľnica D1 Turany – Hubová, doplnkový inžiniersko-geologický a hydrogeologický prieskum – II. etapa“ (GEOFOS s.r.o., 2010)

„D1 Turany – Hubová“, podrobný inžinierskogeologický prieskum (INGEO - ighp , s.r.o., Žilina, 2008)“

„D1 Turany – Hubová, tunel Rojkov“ (GEOFOS , s.r.o., Žilina, 2007)

„D1 Martin - Ľubochňa“, podrobný inžinierskogeologický prieskum (INGEO a.s., Žilina, 1998)“

Zadaná problematika bola v súlade s projektom riešená geoelektrickými odporovými metódami - multielektródovým meraním zdanlivých merných elektrických odporov (ME), symetrickým odporovým profilovaním (SOP) a vertikálnym elektrickým sondovaním (VES), a meraním plytkej refrakčnej seizmiky (inžinierska seizmika - IS). Na profiloch, kde boli súčasne realizované geoelektrické aj seizmické merania, boli na seizmických aj geoelektrických profiloch zachované rovnaké staničenia vzdialeností.

3.1 Metodika geoelektrických meraní

Úlohou geoelektrických meraní bolo rozčleniť profily z hľadiska priebehu zdanlivého merného elektrického odporu (ρ_z) vo vertikálnom i horizontálnom smere, vyčleniť rovnomerné úseky, alebo odporovo kontrastné prostredia, resp. indikovať zmeny hrúbky a charakteru geoelektrických vrstiev, a tiež indikovať poruchové zóny. Na úsekoch s požadovaným hĺbkovým dosahom do cca 100 – 120 m boli realizované merania ME a VES, pri väčších požadovaných hĺbkových dosahoch boli použité merania SOP s dvomi hĺbkovými dosahmi a VES.

Multielektródový systém používa poloautomatické meranie odporov, pri stabilnom uzemnení väčšieho množstva elektród. V literatúre býva tento systém označovaný aj ako ERT (electrical resistivity tomography). Sieť takto získaných údajov je oproti klasickému meraniu SOP s dvomi rozstupmi, doplnením meraniami VES, mnohonásobne hustejšia, čo umožňuje presnejšiu vertikálnu i horizontálnu lokalizáciu geoelektrických vrstiev, resp. odporových anomálií. Pravidelná vzdialenosť elektród ME bola na profiloch K11, K12 a H3, v miestach portálov bola zvolená 3 m, pre presnejšie rozčlenenie pripovrchových vrstiev, inde bola 5 m. Merací systém využíval Schlumbergerov typ usporiadania elektród. Vzdialenosť AB_{max} pre multielektródový systém na profiloch K11, K12 a H6 s krokom elektród 3 m bola 141 m, inde

od 235 m do 480 m, v závislosti od hĺbky nivelety. Na úsekoch s väčším požadovaným hĺbkovým dosahom ako 100 – 120 m boli najprv realizované merania SOP s dvomi hĺbkovými dosahmi – usporiadania elektród s dĺžkou sýtného dipólu AB 100 a 180 m. Namerané údaje boli vynesené do profilových kriviek ρ_z zo SOP. Po predbežnom vyhodnotení ME a SOP boli zvolené miesta VES tak, aby čo najlepšie popisovali sledované prostredie. Na meranie boli použité geoelektrické aparatúry ARES, a ARES II/10 (výrobca GF Instruments, s.r.o., Brno), s pamäťovým médiom a filtráciou vstupných hodnôt, v prípade ME doplnené mnohožilovým káblovým systémom MCC5, alebo aktívnym viackanálovým multielektródovým systémom.

3.2 Metodika seizmických meraní

Úlohou seizmických meraní bolo napomôcť pri rozčlenení horninového prostredia a určiť jeho hrúbky na základe rýchlostí elastického vlnenia, s dôrazom na určenie hĺbky a priebehu skalného podložia. Merania boli uskutočnené metódou lomených vĺn v plytkom variante (inžinierska seizmika). Použitie seizmických metód vychádzalo z rozdielov v rýchlostiach elastického vlnenia v kvartérnych uloženinách, a v skalnom predkvartérnom podloží. Seizmické merania boli realizované v oblasti východného portálu tunela Korbelka na častiach profilov K9, K10, K11 a K12, a v oblasti západného portálu tunela Havran na profiloch H1 a H3. Celková dĺžka seizmických profilov je 1210 m po teréne.

Pri meraniach na profiloch bolo použité rozloženie geofónov (snímačov seizmického vlnenia) s dĺžkou 55 m, s pravidelnými vzdialenosťami geofónov od seba (5 m), pričom prvý geofón sa v prípade budenia energie na okraji rozloženia posúval 2 m od zdroja. Celkový čas T bol registrovaný priamo posledným geofónom. Seizmická energia bola budená na okrajoch rozloženia, v strede rozloženia, a vo vzdialenosti rovnjej polovičnej dĺžke rozloženia od jeho okrajov (tzv. „prístrely“). Na každom rozložení tak bolo získaných päť hodochron (grafov času príchodu vybudenej seizmickej vlny k jednotlivým geofónom).

Seizmické merania boli uskutočnené 12-kanálovou digitálnou seizmickou aparatúrou GEODE s príslušenstvom. Ako zdroj vlnenia boli použité údery kladiva na pevnú podložku

4 INTERPRETÁCIA GEOFYZIKÁLNYCH MERANÍ

4.1.1 Interpretácia geoelektrických meraní

Geoelektrickými odporovými meraniami boli získané hodnoty zdanlivého merného elektrického odporu ρ_z . Tieto boli ďalej spracované kvalitatívne a kvantitatívne.

Z meraní ME boli vyseparované hodnoty odporov pre vybrané usporiadania elektród a zobrazené do kriviek SOP (grafu priebehu ρ_z v závislosti na polohe bodu zápisu).

Údaje multielektródového merania (ME) boli kvantitatívne spracované komerčným interpretačným programom RES2DINV firmy Geotomo Softwarwe. Tento program prepočítava namerané zdanlivé merné elektrické odpory na merné odpory vrstiev a priraduje im hĺbkové intervaly. Podrobne sú program a princípy spracovania popísané na stránke www.geoelectrical.com. Výsledky tohto spracovania sú podané v odporových rezoch (inverzných odporových modeloch) RES2DINV.

Na vybraných miestach profilov boli získané VES, ktoré boli kvantitatívne interpretované. Táto interpretácia spočívala v porovnávaní kriviek VES s teoretickými krivkami, vypočítanými pre modelové viacvrstvové prostredia. Výsledkom interpretácie boli merné elektrické odpory a hrúbky geoelektrických vrstiev v mieste merania VES. Tieto slúžili pre porovnanie interpretácie, pre dopresnenie hĺbok rozhraní, resp. podrobnejšie rozčlenenie vrstiev.

Výsledky oboch interpretačných postupov sú spracované do formy geologicko-geofyzi-

kálnych rezov. Vzhľadom na to, že rezy RES2DINV lepšie postihujú variácie odporov v dôsledku litologických zmien, ako diskretná interpretácia v modeloch VES, bol v geologicko-geofyzikálnych rezoch priebeh rozhraní, interpretovaný z VES upresňovaný na základe odporových rezov.

Okrem toho boli pre rozostupy elektród $AB = 100$ m a $AB = 180$ m skonštruované tiež mapy ρ_z , zobrazujúce zmeny odporov na skúmanej ploche v oblasti tunela Korbelka, pre potreby plošného vyčlenenia dielčích celkov a interpretácie smerov tektonických línií. V mapách sú zapracované tiež hodnoty zdanlivých merných elektrických odporov získané meraniami v predchádzajúcich rokoch v oblasti tunelov Korbelka a Rojkov. Mapy boli využívané pri interpretácii smerov tektonických línií a ohraničení geologických celkov.

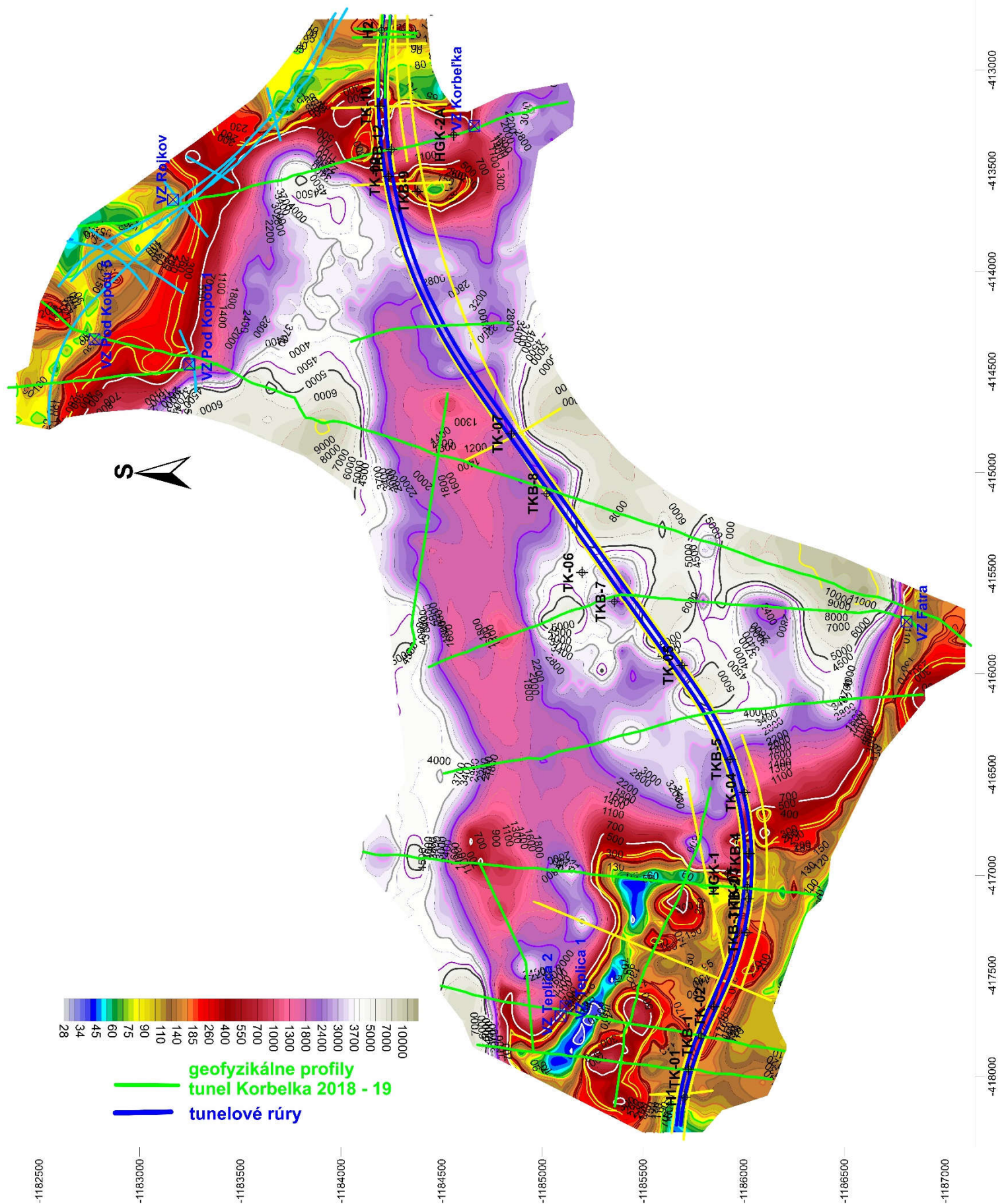
4.1.2 Interpretácia seizmických meraní

Seizmické merania boli navrhnuté na základe svojich dobrých rozlišovacích schopností v prostredí s rozdielnymi rýchlosťami elastického vlnenia. Základnou podmienkou úspešnosti aplikácie metódy lomených vln je rast rýchlostí vlnenia s hĺbkou.

Výsledkom seizmických meraní boli sumované digitálne seizmické záznamy pre každý úder kladiva. Zo záznamov boli odčítané časy prvých nasadení. Tieto hodnoty boli vynášané do grafických závislostí časov príchodu seizmických vln na vzdialenosti od zdroja vlnenia. Hodochrony, získané predchádzajúcim postupom, boli interpretované „klasicky“ metódou t_0 . Výsledkom klasickej interpretácie sú hĺbky lámajúcich rozhraní pod jednotlivými geofónmi, hraničná rýchlosť spodného lámajúceho rozhrania (V_h) a vrstevné rýchlosti nadložia. Hraničnou rýchlosťou je vyjadrená kvalita sledovaného rozhrania a je hlavným ukazovateľom pri geologicko-geofyzikálnej interpretácii. Pri praktickej interpretácii bola miesto strednej rýchlosti použitá efektívna rýchlosť do lámajúceho rozhrania, pre ktoré počítame konštantu, pričom platí vzťah $V_{ef} \geq V_{str}$. Hodochrony, získané predchádzajúcim postupom, boli tiež interpretované programami skupiny SeisImager do formy rýchlostných rezov (seizmická tomografia).

Podrobnejšie vyhodnotenie seizmických meraní je na samostatnej prílohe vo forme rýchlostného rezu (tzv. seizmická tomografia) a seizmického rezu, kde sú podložné materiály rozčlenené na základe rôznych rýchlostí šírenia seizmických vln. Hĺbky vrchnejších rozhraní a vrstevné rýchlosti nadložia boli interpretované tzv. bodovými výpočtami pre každé umiestnenie zdroja. Výpočty boli realizované metódou kritických vzdialeností a metódou tzv. "intercept times". Najhlbšie rozhranie je interpretované formou priebehu spodného lámajúceho rozhrania (SLR), daného obalovou krivkou oblúkov hĺbok vypočítaných metódou t_0 s centrom v mieste príslušného geofónu, s uvedením hraničných rýchlostí. Interpretované hĺbky boli do rezov vynášané v normále na povrch v mieste interpretovaného rozhrania.

Pre prostredia, ktoré sa nachádzajú v miestach merania, bolo možné vo všeobecnosti z literatúry a z praktických skúseností očakávať tieto rýchlostné intervaly: - rozvetraná pôdna vrstva, suchý piesok 100 - 500 m/s, hlíny (kvartérne íly) slabo uľahnuté sute (250 - 800 m/s), uľahnuté sute 1000 - 1700 m/s v závislosti od uľahnutosti a obsahu vody. Rýchlosti 1300 - 2000 m/s môžu tiež zodpovedať silne porušeným predkvartérnym horninám charakteru sutí, resp. poloskalným horninám. Hraničné rýchlosti nad 2200 - 2500 m/s pravdepodobne zodpovedajú slabo porušeným horninám. Vo výsledných geologicko-geofyzikálnych rezoch s geoelektrickými aj seizmickými meraniami je, s ohľadom na ich mierku, pre lepšiu prehľadnosť zapracovaný interpretovaný priebeh spodného lámajúceho rozhrania (SLR), daný obalovou krivkou oblúkov hĺbok vypočítaných metódou t_0 s centrom v mieste príslušného geofónu, s uvedením hraničných rýchlostí.



Obr. č. 2 – Mapa ρ_z [Ωm] v oblasti tunela Korbeltka pre $AB = 100\text{ m}$ v mierke 1 : 25 000

4.2 Výsledky geofyzikálnych meraní a ich geologický výklad

Výsledky interpretácie povrchových geoelektrických meraní na jednotlivých profiloch sú zobrazené na prílohách 11.1/1 – 11.1/11 (tunel Korbelka) a 11.1/13 – 11.1/17 (tunel Havran) vo forme priebehu ρ_z zo SOP vo vrchnej časti, pod ním sa nachádza inverzný odporový model RES2DINV, a v spodnej časti je zobrazený geologicko-geofyzikálny rez, v ktorom sú vyčlenené jednotlivé geoelektrické vrstvy, ktorým bol priradený pravdepodobný geologický význam. V prípade, že boli na profile realizované merania plytkej refrakčnej seizmiky, v geologicko-geofyzikálnom reze sú zahrnuté aj základné výsledky jej spracovania vo forme priebehu spodného lámajúceho rozhrania (SLR) a hraničných rýchlostí pod týmto rozhraním. Na prílohách 11.1/12 a 11.1/13 sa nachádzajú mapy zdanlivých merných elektrických odporov ρ_z pre rozostupy elektród $AB = 100$ m a $AB = 180$ m v oblasti tunela Kotbelka.

Výsledky interpretácie meraní inžinierskej seizmiky sú zobrazené na samostatnej prílohe 11.1/18. V týchto rezoch je zakomponovaný graf interpretovaného priebehu spodného lámajúceho rozhrania, hraničné rýchlosti pozdĺž tohto rozhrania, ako aj vrstevné rýchlosti a hĺbky vrstiev, interpretovaných bodovými výpočtami nad SLR.

Pri interpretácii meraní na jednotlivých profiloch boli zohľadňované aj výsledky priamych prieskumných diel v ich blízkosti.

Geofyzikálny profil K1 (príloha 11.1 / 1)

Na začiatku profilu do vzdialenosti 140 m vystupuje k povrchu vápencovo-dolomitický masív chočského príkrovu, indikovaný maximálnymi hodnotami elektrických odporov na krivkách SOP, ako i v inverznom modeli, výrazne presahujúcimi 1000 Ω m. Od vzdialenosti 150 m sa tento masív ponára pod vrstvy s relatívne nízkymi odpormi (24 – 125 Ω m), ktoré sú pravdepodobne tvorené ílovcami a ílovcovopieskovcovým súvrstvím, ktoré zasahujú do maximálnej hĺbky 43 m vo vzdialenosti 420 – 430 m. Vo vzdialenosti 390 m je interpretovaný kontakt vápencovo-dolomitických súvrství so súvrstviami slienitých vápencov a slieňovcov, ktoré sú interpretované od tejto vzdialenosti až po koniec profilu. V oblasti zvýšených odporov na úseku 490 – 795 m sú vyčlenené v prípovrchových hĺbkach rezu pieskovcové, resp. zlepenkové vrstvy.

Geofyzikálny profil K2 (príloha 11.1 / 2)

Profil prechádza z oblasti nad vodným zdrojom smerom k trase tunela, pričom je vedený približne kolmo na os trasy.

V geologicko-geofyzikálnom reze sú na úseku s najvyššími elektrickými odpormi 0 – 665 m interpretované súvrstvia karbonátov chočského príkrovu (dolomity, vápence). Smerom ku koncu profilu je pokles odporov je sprevádzaný prítomnosťou vrstiev s prevahou slieňovcov a slienitých vápencov v reze profilu. Vo vzdialenosti 665 m je interpretovaný kontakt vápencovo-dolomitických súvrství so súvrstviami slienitých vápencov a slieňovcov, Od vzdialenosti 640 sú v nadloží mezozoických súvrství interpretované ílovcové a ílovcovopieskovcové súvrstvia. V oblastiach zvýšených odporov na úseku 810 – 1170 m sú v blízkosti povrchu interpretované trosky zlepenčov, a možno tu tiež očakávať zväčšenie hrúbok kamenitých sutí,

Geofyzikálny profil K3 (príloha 11.1 / 3)

Na úseku 0 – 1120 m sa zdanlivé merné elektrické odpory zo SOP pohybujú zväčša nad hranicou 1000 Ω m, pričom v maximách sa približujú úrovni 7000 Ω m. Ďalej nasleduje prudký pokles odporov až k úrovni 40 Ω m vo vzdialenosti 1283 m. Masív na úseku 0 – 1120 m je tvorený súvrstviami karbonátov chočského príkrovu (dolomity, vápence).

Zníženie odporov na druhej časti profilu je spôsobené prítomnosťou súvrství slienitých vápencov so slieňovcami v horných hĺbkach geologicko-geofyzikálneho rezu. Pod nimi, sme-

rom do hĺbky na tom to úseku elektrické odpory výrazne narastajú, pravdepodobne v dôsledku prítomnosti kompaktných zlepcových súvrství. V oblasti VES 10 a 11 sú v podloží zlepcov interpretované geoelektrické vrstvy s merným odporom 115, resp. 124 Ωm , ktoré sú pravdepodobne tvorené silne porušenými karbonátmi, avšak bez overenia tu nemožno vylúčiť prítomnosť súvrstvia slienitých vápencov a slieňovcov.

Geofyzikálny profil K4 (príloha 11.1 / 4)

Zdanlivé merné elektrické odpory sa v maximálnych hodnotách približujú 7000 Ωm v oblasti tunelových rúr. Zóny nížených odporov sú na úseku 200 – 780 m, a najvýraznejší pokles odporov na úseku 2100 – 2450 m, kde v miestach lokálnych miním klesajú pod 200 Ωm .

Na úseku 0 – 2222 m je interpretovaný vápencovo-dolomitický komplex, v ktorom sú vrstvy s najvyššími mernými elektrickými odpormi interpretované ako kompaktné dolomity, ktoré sa striedajú s vrstvami vápencov, alebo porušených dolomitov. V závere profilu sú vyčlenené súvrstvia slieňovcov, slienitých vápencov, resp. vápencov so slieňovcami, ktoré vo vzdialenosti 2235 m tvoria vertikálny odporový kontakt.

Geofyzikálny profil K6 (príloha 11.1 / 5)

V mieste profilu K6 boli zaznamenané zdanlivé merné elektrické odpory v rozsahu 50 – 20 000 Ωm , čo predznamenáva tiež široký rozsah interpretovaných merných elektrických odporov od 20 do 40 000 Ωm . Nízkymi mernými elektrickými odpormi sa vyznačujú kvartérne íly a predkvartérne slienité vrstvy (27 – 102 Ωm), pričom s poklesom interpretovaného odporu narastá podiel ílovitej, resp. slienitej zložky v danej geoelektrickej vrstve. Naproti tomu najvyššie hodnoty merných elektrických odporov (3000 – 40 000 Ωm) sú interpretované vo vrstvách kompaktných dolomitov, prípadne guttensteinských vápencov. V prípade vápencovo-dolomitického komplexu je zníženie odporov podmienené zvýšením porušenosti, a zmenou litologického zloženia vápencov. Výlučne súvrstvia slieňovcov a slienitých vápencov sú interpretované na okrajových častiach profilu, na úsekoch 0 – 800 m a 4600 – 5000 m. Vo vzdialenostiach 800, 900 a 4600 m sú interpretované vertikálne elektrické kontakty, pravdepodobne tektonicky podmienené. Medzi nimi je vyčlenený komplex vrstiev vápencov a dolomitov chočského príkrovu. Vysokoodporové, pravdepodobne prevažne dolomitové súvrstvia, vytvárajú medzi masívom Kopy, a údolím v závere profilu synklinálny útvar s najväčším zahĺbením v oblasti tunelových rúr. V hĺbke tunela na tomto mieste, možno očakávať zmenu v litologickom zložení, alebo zvýšenú porušenosť masívu.

Geofyzikálny profil K7A (príloha 11.1 / 6)

Zóna s najnižšími zdanlivými mernými elektrickými odpormi je na úseku 0 – 270 m. Tu sú interpretované výlučne súvrstvia slieňovcov a slienitých vápencov, ktorých odpory sa menia v závislosti od podielu slienitej a vápnitej zložky, pričom pokles odporov je spojený s nárastom podielu slieňovcov. S nárastom odporov na krivkách SOP pribúdajú v geologicko-geofyzikálnom reze vrstvy s relatívne vysokými odporom, tvorené pravdepodobne vápencami. Na úsek 270 – 670 m profil prechádza koso na spádnicu svahu, a možno tu očakávať gravitačné pohyby vápencových blokov na slienitom podloží. Od vzdialenosti 670 m smerom ku koncu profilu sú interpretované relatívne hrubé vrstvy vápencov, avšak tiež tu nemožno vylúčiť výrazný vplyv tektonickej porušenosti v okrajovej časti dolomiticko-vápencového masívu v kombinácii s gravitačnými pohybmi vápencových blokov.

Geofyzikálny profil K8 (príloha 11.1 / 7)

Na úseku 0 – 565 sú zdanlivé merné elektrické odpory najnižšie - pod 200 Ωm (s výnimkou pripovrchovej zóny). Na tomto úseku sú v predkvartérnom podloží interpretované

výlučne súvrstvia slieňovcov a slienitých vápencov.

Nárast zdanlivých odporov na zvyšnej časti profilu predznamenáva prítomnosť vrstiev vápencovo-dolomitického komplexu chočského príkrovu. Tieto sa až po vzdialenosť 2040 m nachádzajú v horných vrstvách rezu, čo je indikované tiež inverzným odporovým modelom. V mieste zníženia odporov na úseku 1400 – 1500 m je dolomitový masív zredukovaný na suťové vrstvy v tesnej blízkosti povrchu. Na úseku 1500 – 2040 m sú bloky dolomitov pravdepodobne doformované gravitačnými pohybmi. Od výrazného lokálneho minima odporov v údolí vo vzdialenosti 2040 m, smerom ku koncu profilu, dochádza pravdepodobne k zaklesnutiu vápencovo-dolomitického pozdĺž tektonickej línie v mieste údolia. Podložie hornín chočského príkrovu je tvorené prevažne súvrstvom s prevahou slieňovcov, v ktorých budú v mieste profilu aj tunelové rúry. V spodných hĺbkach rezu dochádza na úseku 0 – 2040 m k nárastu odporov, spôsobenému pravdepodobne prítomnosťou slienitých vápencov.

Geofyzikálny profil K9 (príloha 11.1 / 8 a 11.1 / 18)

Profil je v oblasti východného portálu tunela Korbelka, pričom je vedený približne v osi severnej tunelovej rúry.

Na úseku 0 – 90 m je krivkami odporov zo SOP ohraničený vysokoodporový blok, v ktorom sa maximálne zdanlivé merné elektrické hodnoty blížia až k úrovni 2000 Ω m. Pod týmto blokom smerom nadol je zaznamenaný prudký pokles odporov až pod úroveň 100 Ω m. Zloženie vrstiev, a je pravdepodobne spojený tiež s tektonickou porušenosťou. Od tohto kontaktu smerom nadol odpory postupne narastajú k úrovni okolo 200 Ω m. Vysoké odpory na začiatku profilu indikujú spodný okraj bloku dolomitov. V podloží dolomitov a kvartérnych vrstiev sú interpretované súvrstvia slieňovcov a slienitých vápencov, ktorých odpory sa menia v závislosti od podielu slienitej a vápnitej zložky, pričom pokles odporov je spojený s nárastom podielu slieňovcov. Tieto súvrstvia sú subhorizontálne uložené. Kvartérne materiály na okraji dolomitového bloku majú pravdepodobne charakter kamenitých sutí, ktoré smerom nadol prechádzajú do ílovitokamenitých sutí, a ílov s úlomkami, ktoré tvoria spodnú kvartérnu vrstvu. Nemožno vylúčiť, že sa v rámci vrstvy ílovitých zemín nenachádzajú tiež rozvetrané horniny slienitého podložia. V spodnej časti svahu je v rámci kvartérnych materiálov vyčlenená štrkopiesčitá terasa.

Na úseku cca 180 – 390 m boli realizované merania IS. Seizmická tomografia (rýchlostný model) indikuje pomerne veľký rozsah (miestami do hĺbky vyše 12 m) zóny so zníženou rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia (do 1800 m/s). Lokálne zníženie hrúbky tejto zóny (do cca 6 – 7 m) je na úseku 280 – 310 m. Rozhranie medzi poloskalnými horninami (miestami až charakteru uľahnutých sutí) a pevnejším podloží bolo interpretované ako priebeh spodného lámajúceho rozhrania v hĺbke 4,9 – 11,6 m. Hraničné rýchlosti sa pohybujú prevažne nad 3000 m/s (2019 – 4910 m/s), čo zodpovedá skalnému podložiu. V nadloží spodného lámajúceho rozhrania sú v seizmickom reze vyčlenené pripovrchové zeminy (s rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia do 344 m/s), siahajúce do hĺbky 0,6 – 1,6 m. Pod nimi je do hĺbok 2,7 – 5,5 m vyčlenená vrstva s rýchlosťami vlnenia do 680 m/s, zodpovedajúca materiálom charakteru sutí. Materiály s vrstevnými rýchlosťami 780 – 1386 m/s, sú pravdepodobne tvorené uľahnutými suťami, prípadne rozvetranými materiálmi podložia.

Geofyzikálny profil K10 (príloha 11.1 / 8 a 11.1 / 18)

Profil je v oblasti východného portálu tunela Korbelka, pričom je vedený približne v osi južnej tunelovej rúry.

Na úseku 0 – 80 m je krivkami odporov zo SOP ohraničený vysokoodporový blok, v ktorom sa maximálne zdanlivé merné elektrické hodnoty blížia až k úrovni 2000 Ω m. Pod týmto blokom smerom nadol je zaznamenaný prudký pokles odporov až pod úroveň 100 Ω m. Od tohto kontaktu smerom nadol odpory postupne narastajú k úrovni okolo 200 Ω m. Vysoké

odpory na začiatku profilu indikujú spodný okraj bloku dolomitov. V podloží dolomitov a kvartérnych vrstiev sú interpretované súvrstvia slieňovcov a slienitých vápencov, ktorých odpory sa menia v závislosti od podielu slienitej a vápnitej zložky, pričom pokles odporov je spojený s nárastom podielu slieňovcov. Tieto súvrstvia sú subhorizontálne uložené. Kvartérne materiály na okraji dolomitového bloku majú pravdepodobne charakter kamenitých sutí, ktoré smerom nadol prechádzajú do ílovitokamenitých sutí a ílov s úlomkami, ktoré tvoria spodnú kvartérnu vrstvu. Nemožno vylúčiť, že sa v rámci vrstvy ílovitých zemín nenachádzajú tiež rozvetrané horniny slienitého podložia. V spodnej časti svahu je v rámci kvartérnych materiálov vyčlenená štrkopiesčitá terasa.

Na úseku cca 182 – 393 m boli realizované merania IS. Seizmická tomografia (rýchlostný model) indikuje pomerne výrazné zmeny rozsahu zóny so zníženou rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia (do 1800 m/s). Najvýraznejšie zahĺbenie bázy tejto zóny (do hĺbok okolo 12 – 15 m) je indikované v závere profilu (od 325 m), menej výrazne (do cca 10 m) aj na úseku 190 – 210 m. Lokálne zníženie hrúbky tejto zóny (do 3 - 5 m) je na úseku 285 – 300 m. Rozhranie medzi poloskalnými horninami (miestami až charakteru ul'ahnutých sutí) a pevnejším podložíom bolo interpretované ako priebeh spodného lámajúceho rozhrania v hĺbke 5,25 – 17,4 m. Hraničné rýchlosti sa pohybujú v rozpätí 2306 – 6317 m/s, čo zodpovedá skalnému podložiu. V nadloží spodného lámajúceho rozhrania sú v seizmickom reze vyčlenené pripovrchové zeminy (s rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia do 381 m/s), siahajúce do hĺbky 0,86 – 2,44 m. Pod nimi je do hĺbok 1,5 – cca 5 m vyčlenená vrstva s rýchlosťami vlnenia do 757 m/s, zodpovedajúca materiálom charakteru sutí. Materiály s vrstevnými rýchlosťami 780 - 1831 m/s, sú pravdepodobne tvorené ul'ahnutými suťami, prípadne rozvetranými materiálmi podložia.

Geofyzikálny profil K11 (príloha 11.1 / 8 a 11.1 / 18)

Profil je v oblasti východného portálu tunela Korbelka, pričom je vedený priečne na jeho os približne 10 m nad okrajom odrezu svahu pre portál.

Na profile boli namerané zdanlivé merné elektrické odpory v rozsahu 60 – 200 Ω m.. Odpory smerom do hĺbky narastajú. Inverzný odporový model indikuje najvyššie odpory v spodných hĺbkach rezu.

Kvartérne materiály sú interpretované do hĺbok 3 – 8, m a prevažujúce zastúpenie v nich majú pravdepodobne íly s úlomkami, resp. ílovité sute.

V podloží kvartérnych vrstiev sú interpretované súvrstvia slieňovcov a slienitých vápencov. V spodných hĺbkach rezu možno očakávať prevahu slienitých vápencov.

Na úseku cca 50 - 270 m boli realizované merania IS. Seizmická tomografia (rýchlostný model) indikuje zónu so zníženou rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia (do 1800 m/s) v rozsahu prevažne 4 – 6 m, pričom najmenšie hĺbky (do 3,5 m) sú na úseku cca 105 – 115 m, najväčšie (nad 6,5 m) sú v závere premeriavaného úseku. Menej výrazné zahĺbenie bázy tejto zóny (do cca 6,5 m) aj na úseku 125 – 145 m. Zvýšený rozsah materiálov charakteru poloskalných hornín (rýchlosti do cca 2350 m/s) je rýchlostným rezom najvýraznejšie indikovaný na úsekoch 160 – 190 m a od 235 m po záver. Rozhranie medzi poloskalnými horninami (miestami až charakteru ul'ahnutých sutí) a pevnejším podložíom bolo interpretované ako priebeh spodného lámajúceho rozhrania v hĺbke 5,2 – 11,25 m. Hraničné rýchlosti sa pohybujú v rozpätí 2412 – 4600 m/s, čo zodpovedá skalnému podložiu. V nadloží spodného lámajúceho rozhrania sú v seizmickom reze vyčlenené pripovrchové zeminy (s rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia do 397 m/s), siahajúce do hĺbky 0,83 – cca 1 m. Pod nimi je do hĺbok 1,25 – cca 2,7 m vyčlenená vrstva s rýchlosťami vlnenia 560 - 753 m/s, zodpovedajúca materiálom charakteru sutí. Materiály s vrstevnými rýchlosťami do 1717 m/s sú pravdepodobne tvorené ul'ahnutými suťami, prípadne rozvetranými materiálmi podložia. Poloskalné podložie možno očakávať vo vrstve s interpretovanými rýchlosťami 1930 – 2526 m/s.

Geofyzikálny profil K12 (príloha 11.1 / 8 a 11.1 / 18)

Profil je v oblasti východného portálu tunela Korbelka, pričom je vedený priečne na jeho os približne v oblasti zaústenia tunelových rúr.

Na profile boli namerané zdanlivé merné elektrické odpory v rozsahu 60 – 200 Ω m.. Odpory smerom do hĺbkych narastajú. Inverzný odporový model indikuje najvyššie odpory v spodných hĺbkach rezu. V geologickogeofyzikálnom reze sú interpretované pri povrchu materiály charakteru kamenitoílovitých sutí a ílov s úlomkami zasahujúcich do hĺbok 1,5 – 10 m. Spodnú kvartérnu vrstvu na prevažnej časti profilu tvorí pravdepodobne štrkopiesčitá terasa. V podloží kvartérnych vrstiev sú interpretované súvrstvia slieňovcov a slienitých vápencov. V spodných hĺbkach rezu možno očakávať prevahu slienitých vápencov

Na úseku cca 45 - 265 m boli realizované merania IS. Seizmická tomografia (rýchlostný model) indikuje do vzdialenosti 237 m výraznú zónu so zníženou rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia (do 1800 m/s) v rozsahu prevažne 11 - 13 m, od vzdialenosti cca 240 m rozsah tejto zóny klesá na 6 – 7 m. Zvýšený rozsah materiálov charakteru poloskalných hornín (rýchlosti do cca 2350 m/s) je rýchlostným rezom indikovaný na úseku 235 - 260 m. Rozhranie medzi poloskalnými horninami a pevnejším podložím bolo interpretované ako priebeh spodného lámajúceho rozhrania na úseku 45 – 240 m v hĺbke 8,5 – 13,5 m a v závere seizmicky premeriavaného úseku profilu v hĺbke okolo 5,6 – 7,7 m. Hraničné rýchlosti sa pohybujú v rozpätí 2050 – 4938 m/s, čo zodpovedá ploskalnému (v_h do cca 2400 m/s) až skalnému podložiu (vyššie rýchlosti). V nadloží spodného lámajúceho rozhrania sú v seizmickom reze vyčlenené pripovrchové zeminy (s rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia do 370 m/s), siahajúce do hĺbky 0,8 – cca 1 m. Pod nimi je do hĺbok 1,25 – cca 2 m vyčlenená vrstva s rýchlosťami vlnenia 560 - 769 m/s, zodpovedajúca materiálom charakteru sutí. Materiály s vrstevnými rýchlosťami do 1417 m/s sú pravdepodobne tvorené uľahnutými suťami, prípadne štrkami. Poloskalné podložie možno očakávať vo vrstve s interpretovanými rýchlosťami okolo 1840 – 2800 m/s.

Geofyzikálny profil K13 (príloha 11.1 / 9)

Priebeh kriviek SOP, ako i inverzný odporový model indikujú členitý priebeh geoelektrických vrstiev, prerušovaný strmo uklonenými odporovými kontaktmi a tektonickými poruchami. Vysokodporové materiály sa po vzdialenosť 1150 m sústreďujú v blízkosti povrchu a sú tvorené pravdepodobne troskami zlepcov, ktorých kontinuita je narúšaná v miestach lokálnych minim elektrických odporov. Vo vzdialenosti 1245 – 1280 m sa nachádza zóna s najnižšími odpormi, ktorá lokalizuje vertikálny odporový kontakt, od ktorého je smerom ku koncu profilu interpretovaná vrstva zlepcov v nadloží chočských vápencov a dolomitov. V blízkosti kontaktu vo vzdialenosti 1280 m je do hĺbky 90 m vyčlenené súvrstvie slieňovcov s vápencami, a slienitých vápencov, ktoré sa smerom k začiatku profilu posúva do väčších hĺbok.

Geofyzikálny profil K14 (príloha 11.1 / 10)

Profil sa nachádza severne od vodného zdroja, prechádza od profilu K1 v údolí, ku profilu K3. Najnižšie zdanlivé odpory sa nachádzajú na úseku 0 – 110 m, kde ohraničujú oblasť nízkooporových, pravdepodobne ílovcocopieskovcových paleogénnych súvrství. Smerom ku koncu profilu odpory narastajú nad úroveň 1000 Ω m, pričom zóny so zníženými odpormi sa sústreďujú v blízkosti povrchu a indikujú zónu zvetrávania. Najvýraznejšie lokálne minimá odporov sú vo vzdialenostiach 253, 358, 696 a 1055 m (križovanie s profilom K3). V geologicko-geofyzikálnom reze sú geoelektrické vrstvy s najvyššími elektrickými odpormi interpretované ako súvrstvia dolomitov chočského príkrovu (nad 3000 Ω m). V blízkosti povrchu je na úsekoch 110 – 405 m, a od 700 po koniec profilu vyčlenená zóna silne porušených karbonátov do hĺbok okolo 5 – 20 m. Vrstvy s nižšími interpretovanými mernými elektrickými

mi odpormi v hlbších častiach rezu indikujú zmenu litológie alebo vyššiu porušenosť vrstiev.

Geofyzikálny profil K15 (príloha 11.1 / 11)

Najvyššie hodnoty zdanlivých merných elektrických odporov boli zaznamenané v oblasti svahu pri bode K15/Z, kde sa blížila k 10 000 Ωm . Smerom na východ odpory pozvoľna klesajú, ale súčasne si udržiavajú nárast smerom do hĺbky. Súčasne s poklesom odporov na krivkách SOP sú v inverznom odporovom modeli indikované telesá so zníženými odpormi, ktoré sa sústreďujú v horných častiach rezu. Lokálne minimá odporov na krivkách SOP lokalizujú strmé poruchové zóny. Najvýraznejšie sa prejavujú vo vzdialenostiach 170, 1150 a 1415 m. V geologicko-geofyzikálnom reze sú geoelektrické vrstvy s najvyššími elektrickými odpormi interpretované ako súvrstvia dolomitov chočského príkrovu (nad 3000 Ωm). Vrstvy s nižšími interpretovanými mernými elektrickými odpormi sa sústreďujú v menších hĺbkach rezu a indikujú zmenu litológie (vápence), alebo vyššiu porušenosť dolomitických vrstiev.

Geofyzikálny profil H1 (príloha 11.1 / 14 a 11.1 / 18)

Profil nachádza v mieste severnej tunelovej rúry tunela Havran, v oblasti západného portálu. Na profile boli zaznamenané zdanlivé merné elektrické odpory v širokom rozsahu, od 40 do 12 000 Ωm . Najnižšie odpory sa nachádzajú na spodnej časti profilu. Približne od 250 m začínajú odpory výrazne narastať, pričom je od tejto vzdialenosti v inverznom odporovom modeli indikované v blízkosti povrchu vysokoodporové teleso, ktorého hrúbka sa smerom ku koncu profilu spolu s nadmorskou výškou zväčšuje.

Na začiatku profilu je interpretovaná vrstva štrkov, ktorá smerom do svahu prechádza do kvartérnych vrstiev charakteru ílovitých, kamenitoílovitých až kamenitých sutí, ktoré vytvárajú zosuvné delúvium zasahujúce pravdepodobne až do vzdialenosti 305 m. V geologicko-geofyzikálnom reze sú na úseku 255 – 600 m, s najvyššími elektrickými odpormi, interpretované súvrstvia karbonátov chočského príkrovu (dolomity, vápence), ktorých hrúbka smerom ku koncu narastá až k 100 m. V podloží kvartéru a chočských vrstiev prevládajú súvrstvia slieňovcov, alebo slieňovcov s vápencami (31 – 99 Ωm), ktoré sa striedajú s vrstvami slienitých vápencov (280 – 613 Ωm).

Na úseku cca 45 - 200 m boli realizované merania IS. Seizmická tomografia (rýchlostný model) indikuje pomerne výrazný rozsah materiálov charakteru slabo až stredne uľahnutých sutí (rýchlosť šírenia seizmického vlnenia do 1300 - 1500 m/s) na úseku 80 – 130 m (s bázou v hĺbke okolo 13 – 14 m). Materiály charakteru uľahnutých sutí sú rezom indikované zónou s rýchlosťami okolo 1500 – 2350 m/s. Báza tejto zóny sa pohybuje do hĺbok okolo 16 – 20 m, pričom jej najväčší rozsah (nad 18 m) je indikovaný na úseku 70 - 115 m. Spodné lámajúce rozhranie má do vzdialenosti okolo 90 m subhorizontálny priebeh na úrovni okolo 445 – 447 m n. m. Hraničné rýchlosti na tomto úseku na úrovni okolo 1400 – 1495 m/s môžu zodpovedať hladine podzemnej vody (v úrovni okolo 445 m n. m.), vyššie rýchlosti indikujú vyšší stupeň uľahnutosti sutí a štrkov. Skalné podložie sa na tomto úseku s použitou metodikou nepodarilo zachytiť, čo indikuje, že toto prostredie sa nachádza v hĺbkach vyše 20 m. Od vzdialenosti okolo 100 m je spodné lámajúce rozhranie interpretované v hĺbke okolo 7 - 12 m. Hraničné rýchlosti na tomto úseku sa pohybujú v rozpätí 1442 - 3149 m/s, čo zodpovedá ploskalnému (v_h do cca 2000 m/s) až skalnému podložíu (vyššie rýchlosti). čo zodpovedá skalnému podložíu. V nadloží spodného lámajúceho rozhrania sú v seizmickom reze vyčlenené pripovrchové zeminy (s rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia do 341 m/s), siahajúce do hĺbky 0,23 – 1,4 m. Pod nimi je na úseku 100 – 200 m do hĺbok 1,2 – cca 4 m vyčlenená vrstva s rýchlosťami vlnenia 338 - 671 m/s, zodpovedajúca materiálom charakteru sutí. Materiály s vrstevnými rýchlosťami 745 - 1678 m/s, sú pravdepodobne tvorené uľahnutými suťami a štrkami, prípadne rozvetranými materiálmi podložia.

Geofyzikálny profil H2 (príloha 11.1 / 14)

Inverzný odporový model, ako i priebeh zdanlivých merných elektrických odporov indikujú na spodnej časti profilu nízke odpory hlavne v blízkosti povrchu, od vzdialenosti 250 m nárast elektrických odporov. Znížené odpory v pripovrchových vrstvách sú podmienené prítomnosťou vrstiev vysokým podielom ílovitých súčastí – ílovitých a kamenitoílovitých sutí, ktoré sú súčasťou zosuvného delúvia, tvoria jeho prevažujúcu zložku a na ich báze možno očakávať šmykové plochy. Na úseku 0 – 65 m je v kontexte s vrtnými prácami vyčlenená na báze kvartéru vrstva štrkov. V geologicko-geofyzikálnom reze sú od vzdialenosti 250 m, na časti profilu s najvyššími elektrickými odpormi, interpretované súvrstvia karbonátov chočského príkrovu (dolomity, vápence), ktorých hrúbka smerom ku koncu narastá až na 120 m. V podloží kvartéru a chočských vrstiev prevažujú súvrstvia slieňovcov, alebo slieňovcov s vápencami (30 – 124 Ωm), ktoré sa striedajú s vrstvami slienitých vápencov (252 – 582 Ωm). V miestach lokálnych miním SOP sú interpretované tektonické poruchy.

Geofyzikálny profil H3 (príloha 11.1 / 14 a 11.1 / 18)

Profil sa nachádza v miestach západných portálov tunela Havran, a je vedený približne kolmo na os trasy. Pre profil sú charakteristické prítomnosť zóny relatívne nízkych elektrických odporov v blízkosti povrchu na úseku 65 – 260 m, a blok vysokých odporov v závere profilu, ktoré sú indikované v inverznom odporovom modeli, ako i na krivkách SOP.

V geologicko-geofyzikálnom reze sú na úseku 65 – 260 m interpretované zeminy charakteru ílov s úlomkami do maximálnej hĺbky 11 m v oblasti južnej tunelovej rúry. Nachádzajú sa tu tiež zeminy charakteru kamenitoílovitých a ílovitokamenitých sutí.

Na úseku cca 65 - 235 m boli realizované merania inžinierskej seizmiky. Seizmická tomografia (rýchlostný model) indikuje výrazný rozsah materiálov charakteru slabo až stredne uľahnutých sutí (rýchlosť šírenia seizmického vlnenia do 1300 - 1500 m/s). Spodné lámajúce rozhranie indikujúce hĺbku skalného podložia sa nachádza v hĺbkach 7 – 15 m. Hraničné rýchlosti sa pohybujú v rozpätí 1844 - 4356 m/s, čo zodpovedá poloskalnému (V_h do cca 2000 m/s) až skalnému podložíu (vyššie rýchlosti). Na prvých cca 7 m sledovaného úseku môže V_h na úrovni 1564 m/s indikovať ešte uľahnuté sute. V nadloží spodného lámajúceho rozhrania sú v seizmickom reze vyčlenené pripovrchové zeminy (s rýchlosťou šírenia seizmického vlnenia do 322 m/s), siahajúce do hĺbky 0,6 – 1,4 m. Pod nimi je do max. hĺbok cca 4,8 m vyčlenená vrstva s rýchlosťami vlnenia 475 - 725 m/s, zodpovedajúca materiálom charakteru sutí. Materiály s rýchlosťami vlnenia 847 - 1564 m/s, sú pravdepodobne tvorené uľahnutými suťami, prípadne rozvetranými materiálmi podložia (úsek 175 – 235 m).

Blok s najvyššími elektrickými odpormi (nad 1000 Ωm) od vzdialenosti 260 m je tvorený pravdepodobne karbonátmi chočského príkrovu (dolomity, vápence). Okrem tohto bloku je v predkvartérnom podloží interpretované striedanie súvrstvia slieňovcov, resp. slieňovcov s vápencami (52 – 83 Ωm) a vrstiev slienitých vápencov (218 – 497 Ωm).

Geofyzikálne profily H4, H5, H6 a H6a (príloha 11.1 / 15)

Profily sa nachádzajú na severozápadnej strane masívu Havrana, nad vodnými zdrojmi Suchá dolinka, a tvoria sieť dvoch párov navzájom sa križujúcich profilov. Profily H4 a H5 pretínajú trasu tunela v kolmom smere, približne v ich centrálnej časti. Profily H6 a H6a sú vedené po spádnici svahu severne od trasy tunela a pretínajú profily H4 a H5 približne v kolmom smere.

Na všetkých profiloch sú vyčlenené vysokoodporové vrstvy (1594 – 49275 Ωm), tvorené karbonátmi chočského príkrovu (dolomity, vápence). Tieto tvoria najvyššie položené časti profilov, pričom ich spodné ohraničenie je interpretované v nadmorských výškach 580 (profil H4) – 735 m (profil H5). Podložie karbonátov chočského príkrovu je interpretované ako súvrstvia slieňovcov, resp. slieňovcov s vápencami (44 – 123 Ωm), a vrstiev slienitých

vápencov (144 – 692 Ω m), ktoré sa zväčša sústreďujú v spodných častiach interpretovaných rezov.

Geofyzikálne profily H7 a H8 (príloha 11.1 / 16)

Najnižšie odpory sa nachádzajú pri povrchu a smerom do hĺbky narastajú. Pripovrchové vrstvy sú interpretované ako súčasť delúvia s prevládajúcim zastúpením kamenitoílovitých a kamenitých sutí s najväčšími hrúbkami v oblasti križovania profilov (okolo 10 m).

V predkvartérnom podloží sa striedajú vrstvy slienitých vápencov (273 – 888 Ω m) a súvrstvia slieňovcov s vápencami (57 – 132 Ω m). V slienitých vápencoch s nárastom elektrického odporu možno očakávať zmenšenie podielu slienitej zložky, pričom okolo hranice 500 – 600 Ω m, sa môže jednať o porušené vápence. Dolomity a vápence chočského príkrovu neboli na profiloch zachytené.

V miestach lokálnych miním SOP sú interpretované tektonické poruchy. Na profile H8 bol zachytený najvýraznejší prejav strmej tektonickej porušenia vo vzdialenosti 455 – 485 m. Obdobný prejav je na profile H7 vo vzdialenosti 300 – 330 m.

Geofyzikálny profil H9 (príloha 11.1 / 17)

Od vzdialenosti 100 m nastáva výrazné zahľbovanie kvartérnych vrstiev, ktoré je spojené s poklesom zdanlivých merných elektrických odporov na krivkách SOP, a súčasne aj v inverznom odporovom modeli. Kvartérne materiály sú pravdepodobne tvorené zosuvným delúviom. V kontexte s vrtnými prácami, je na úseku 115 – 390 m, v podloží zosuvného delúvia vyčlenená vrstva subhorizontálne uložených štrkov, s bázou v nadmorskej výške okolo 490,5 m. Maximálna hrúbka delúvia nad štrkami je okolo 21,5 – 22 m a smerom ku koncu profilu sa znižuje. V deluválnych materiáloch na úseku 100 – 270 m prevažujú íly s úlomkami a kamenitoílovité sute, a smerom ku koncu profilu pravdepodobne narastá podiel kamenitej frakcie. Od vzdialenosti 200 m narastajú zdanlivé odpory na krivkách SOP v dôsledku poklesu hrúbky delúvia a tiež prítomnosťou vápencov v predkvartérnom podloží.

V predkvartérnom podloží sa striedajú súvrstvia slieňovcov s vápencami (69 – 104 Ω m) a vrstvy slienitých vápencov (178 – 904 Ω m). V slienitých vápencoch s nárastom elektrického odporu možno očakávať zmenšenie podielu slienitej zložky, pričom okolo hranice 500 – 600 Ω m, sa môže jednať o porušené vápence. V miestach lokálnych miním SOP sú interpretované tektonické poruchy.

5 ZÁVER

V záverečnej správe z geofyzikálneho prieskumu na úlohe „**Diaľnica D1 Turany – Hubová**“, **podrobný IGHP**, sú uvedené výsledky povrchových geoelektrických a seizmických meraní v miestach a v okolí zvažovanej trasy diaľnice v oblasti tunelov Korbela a Havran, v blízkosti obcí Krpeľany, Ľubochňa, Stankovany a Švošov, v okresoch Martin a Ružomberok.

Povrchové geofyzikálne merania boli realizované na 24 geofyzikálnych profiloch s celkovou dĺžkou 31324 m po teréne. Na riešenie zadaných úloh boli použité geoelektrické odporové merania a merania plytkej refrakčnej seizmiky (inžinierska seizmika). Geoelektrické povrchové merania boli realizované na všetkých 24 profiloch. Seizmické merania boli realizované na vybraných úsekoch profilov v miestach východných portálov tunela Korbela a západných portálov tunela Havran, s celkovou premeranou dĺžkou 1210 m po teréne. Úlohou geofyzikálnych meraní bolo určiť hrúbky a charakter kvartérnych materiálov, priebeh predkvartérneho podložia, jeho litologickú charakterizáciu, a tiež určenie miest vertikálnych poruchových zón (tektonických línii).

Na skúmanom území boli zachytené prostredia s interpretovanými mernými elektrickými odpormi od 17 Ωm , v prípade kvartérnych ílov, až po hodnoty presahujúce 40 000 Ωm , v zlepenoch a dolomitoch. Široký rozsah zistených odporov dokumentuje litologickú, ako i stratigrafickú rozmanitosť skúmaného územia. Najväčšie zastúpenie vrstiev s nízkymi odpormi je v oblasti portálových častí tunelov, tak v kvartérnych materiáloch (íly), ako i v predkvartérnom podloží (súvsrtvia s prevahou slieňovcov). Seizmickými meraniami na lokalite bol na profiloch v miestach západných portálov tunela Korbela a východných portálov tunela Havran zistený pravdepodobný dosah zvetrávania, na väčšine profilov charakterizovaný ako priebeh spodného lámajúceho rozhrania. Metódou t_0 interpretované spodné lámajúce rozhranie sa pohybuje v hĺbkach 5 – 20 m. Na základe hodnôt V_h boli v rámci SLR vyčlenené prevažne úseky, na ktorých toto rozhranie pravdepodobne reprezentuje povrch skalných hornín (V_h nad 2300 - 2400 m/s), nižšie V_h indikujú poloskalné podložie..

Vysokoodporové mezozoické karbonatické súvrstvia tvoria prevažnú časť masívu v oblasti tunela Korbela. V jeho okrajových častiach sú interpretované súvrstvia s prevahou slieňovcov a slienité vápence, a na západnom okraji masívu dolomitov a vápencov sa vyskytujú tiež paleogénne zlepeny a ílovcovopieskovcové súvrstvia. V západnej časti skúmaného územia (západná časť tunela Korbela) nemá vápencovo-dolomitický komplex charakter „čiapky“ uloženej na slienitejšom podloží, ale ponára sa do väčších hĺbok pozdĺž strmých tektonických zlomov. Okrajové časti masívu chočského príkrovu nad východnými portálmi tunela Korbela sú porušené aj gravitačnými pohybmi, a smerom do údolia Váhu prispievajú k vytváraniu potenciálnych zosuvov v miestach portálov.

V miestach tunela Havran boli interpretované vysokoodporové chočské karbonátové súvrstvia vo vrcholových častiach profilov, ktoré do predpokladanej úrovne tunela nezasahujú. Porušené slienité vápence so slieňovcami v podloží chočských karbonátov, a rozpadajúce sa bloky okrajových častí chočských karbonátov, v súčinnosti s eróziou spôsobujú vytváranie blokových deformácií, a tiež zosuvných delúvií charakteru sutí v oblasti západných portálov tunela Havran. Svahové deformácie boli interpretované tiež v oblasti profilu H9 nad východnými portálmi.

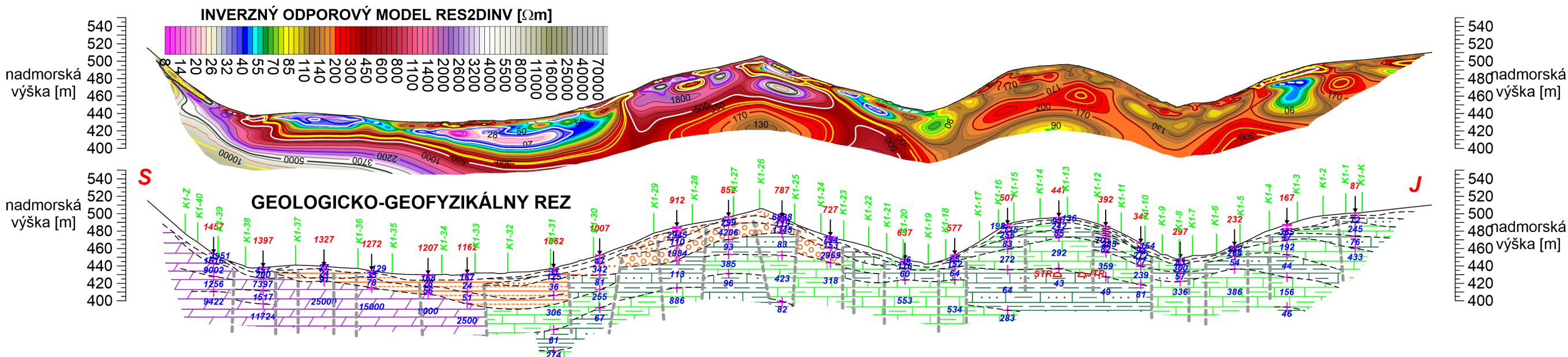
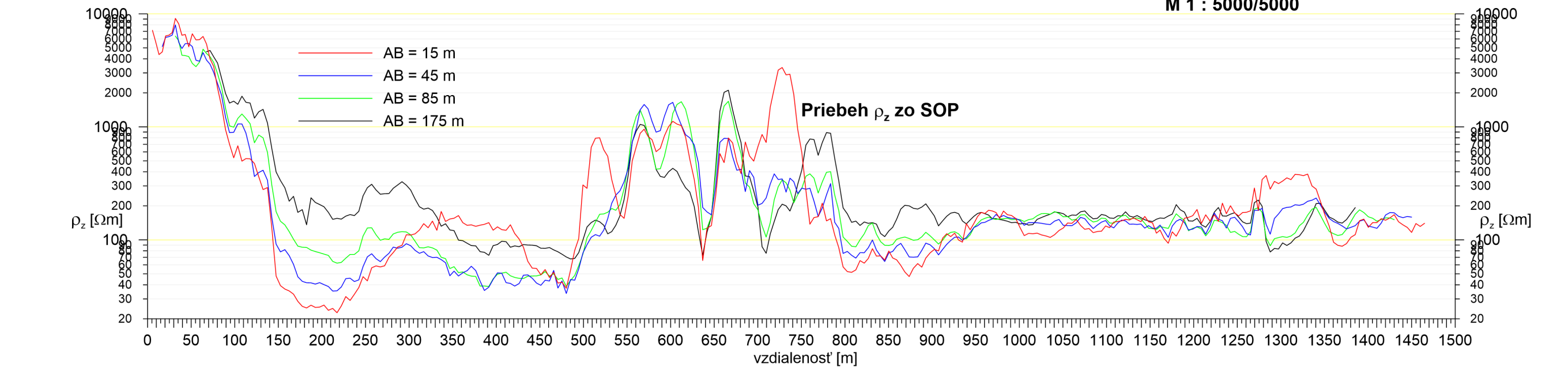
Úlohy kladené na geofyzikálne práce boli splnené, metodika meraní a ich rozsah, daný projektom geologických prác, bol dodržaný.

Vypracoval: RNDr. Štefan HULJAK
konateľ GEOPAS s.r.o.

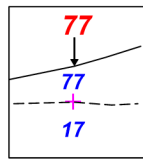
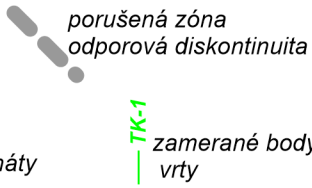
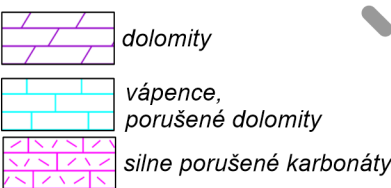
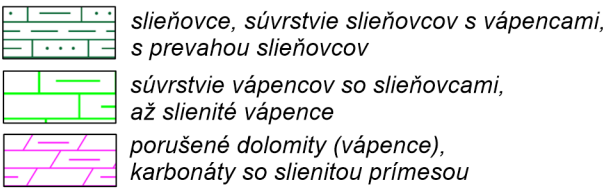
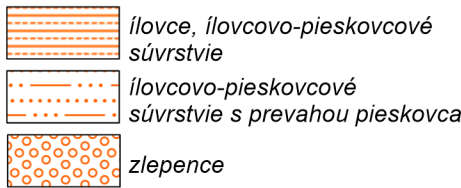
GEOPAS s.r.o.
Bytčická 16, 010 01 Žilina
IČO:31578128 DIČ:2020448705
IČ DPH:SK2020448705



GEOFYZIKÁLNY PROFIL K1
M 1 : 5000/5000



VYSVETLIVKY



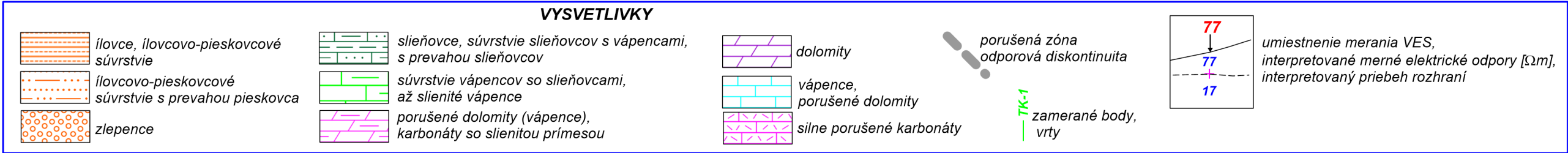
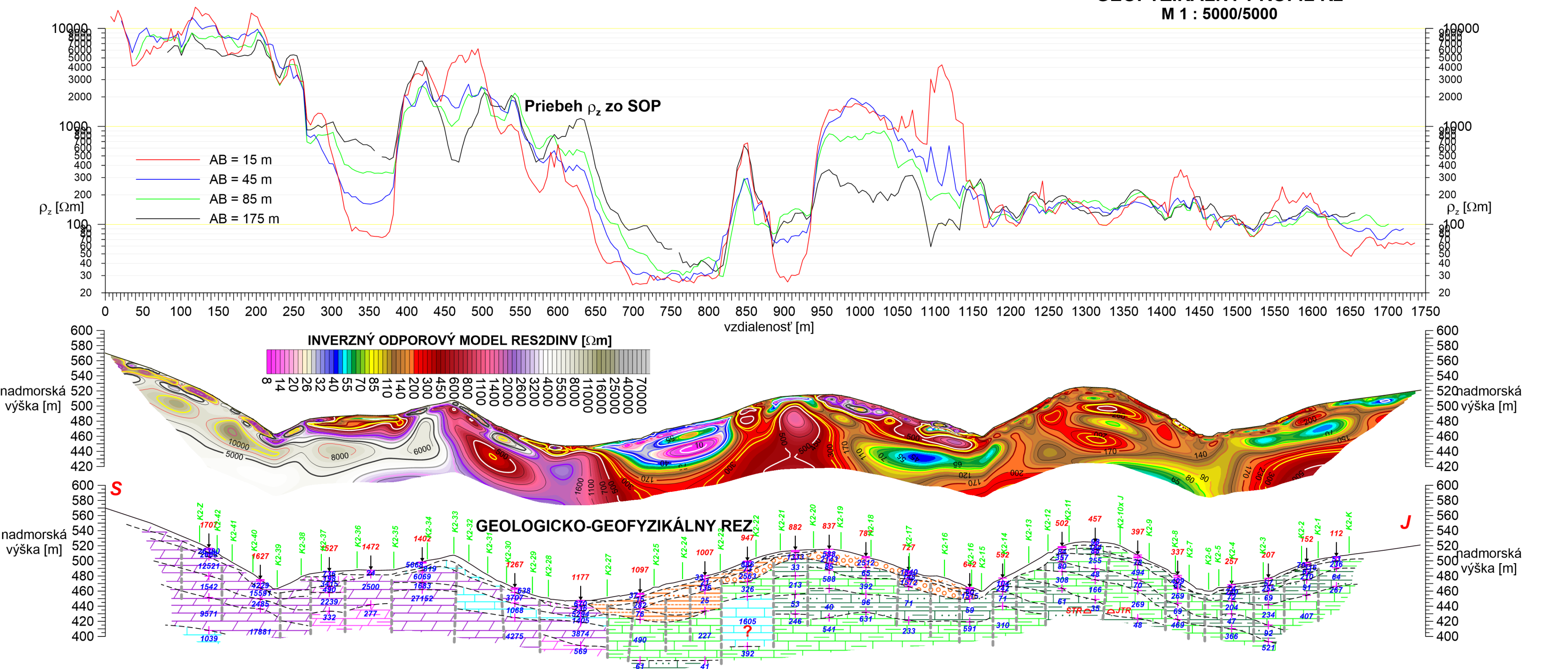
umiestnenie merania VES,
interpretované merné elektrické odpory [Ωm],
interpretovaný priebeh rozhraní



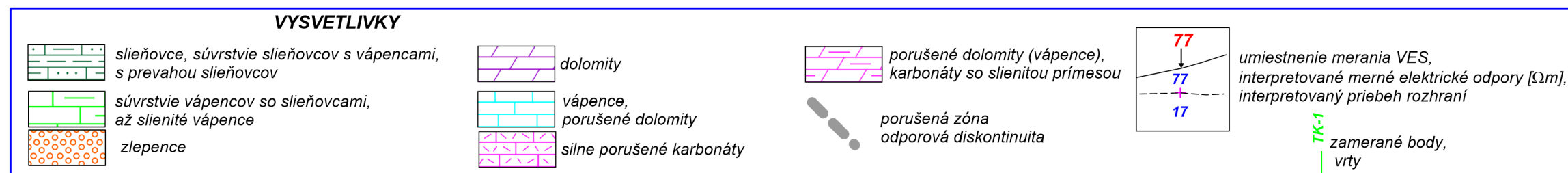
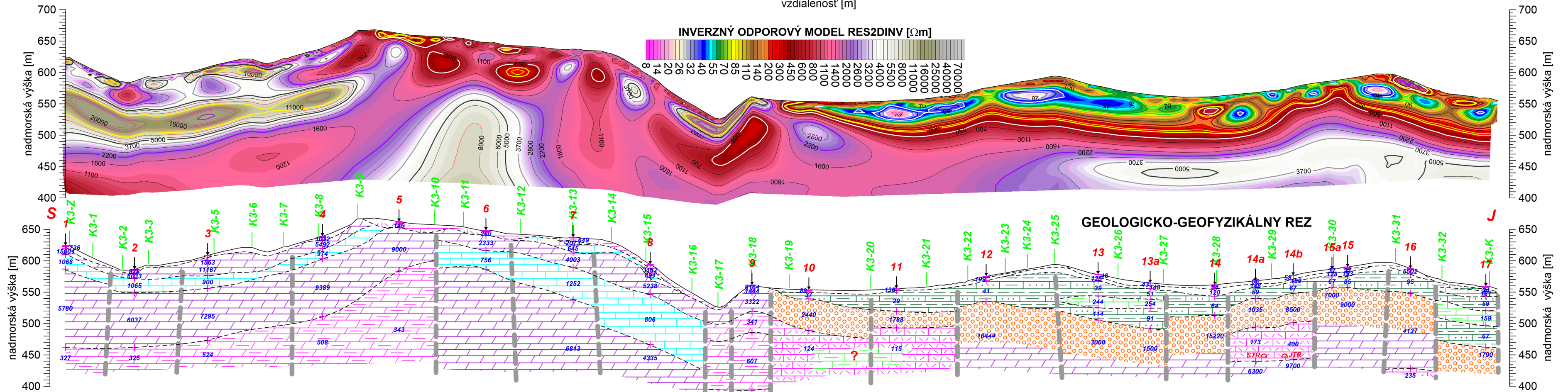
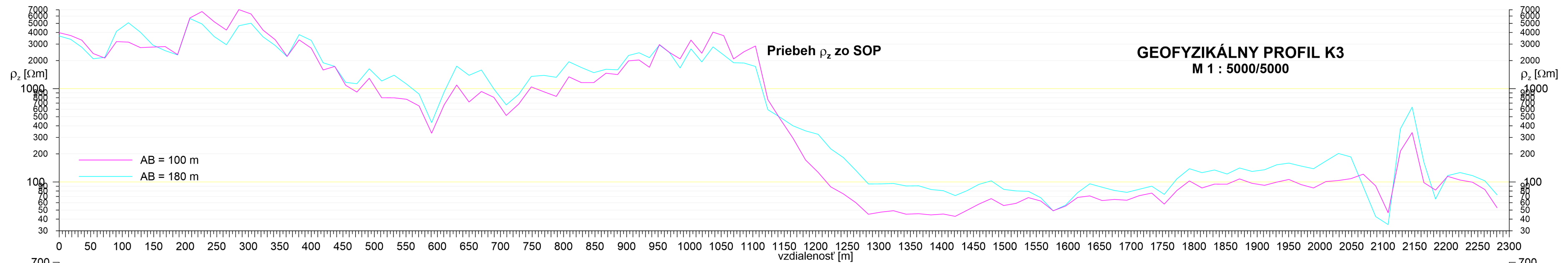
GEOPAS s.r.o., Žilina

názov úlohy	D1 Turany - Hubová Podrobný inžinierskogeologický prieskum		
číslo úlohy	514 12 2018	číslo prílohy	11.1 / 1
vypracoval	RNDr. Štefan HULJAK		

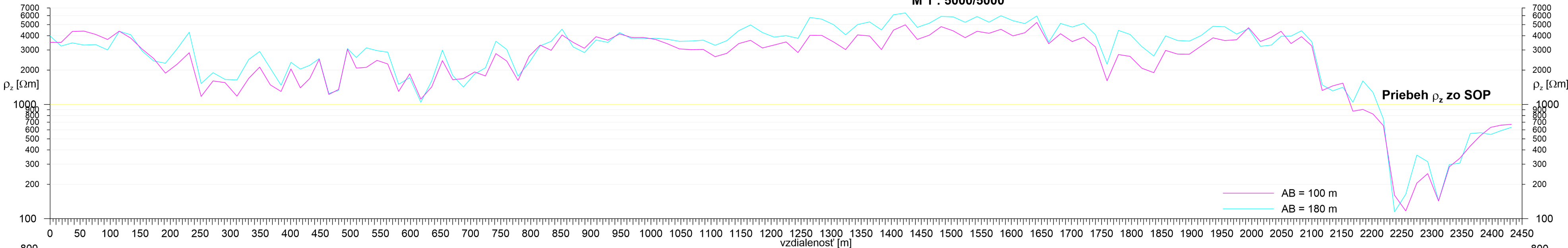
GEOFYZIKÁLNY PROFIL K2
M 1 : 5000/5000



 GEOPAS s.r.o., Žilina			
názov úlohy	D1 Turany - Hubová Podrobný inžinierskogeologický prieskum		
číslo úlohy	514 12 2018	číslo prílohy	11.1 / 2
vypracoval	RNDR. Štefan HULJAK		

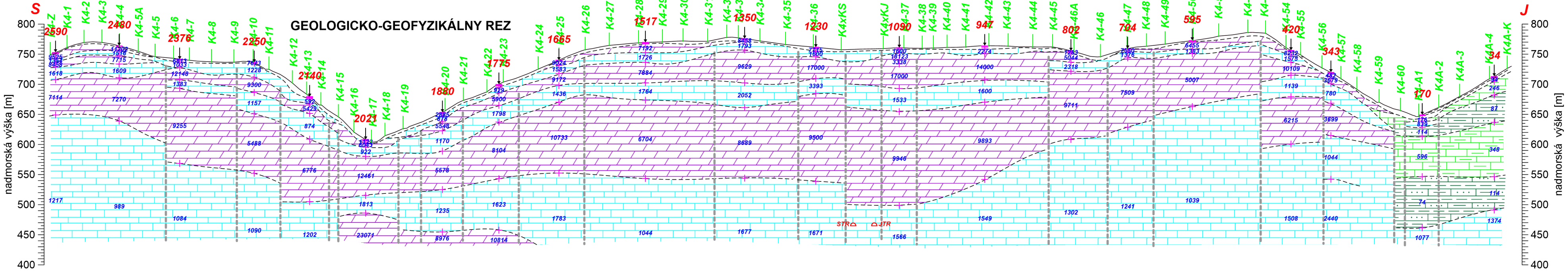


GEOFYZIKÁLNY PROFIL K4
M 1 : 5000/5000



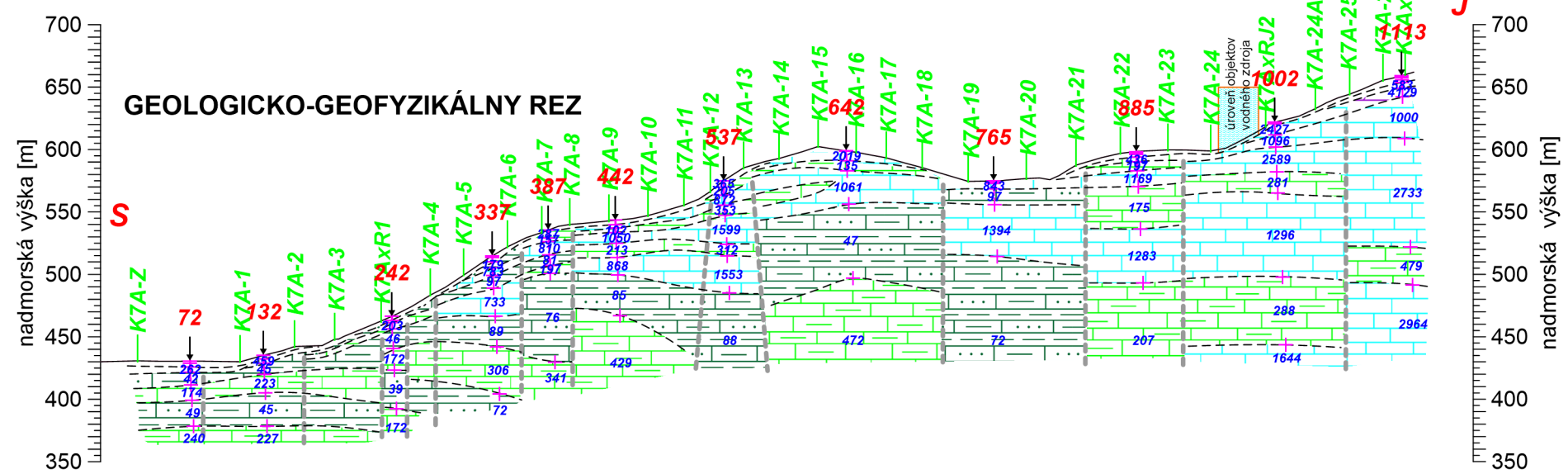
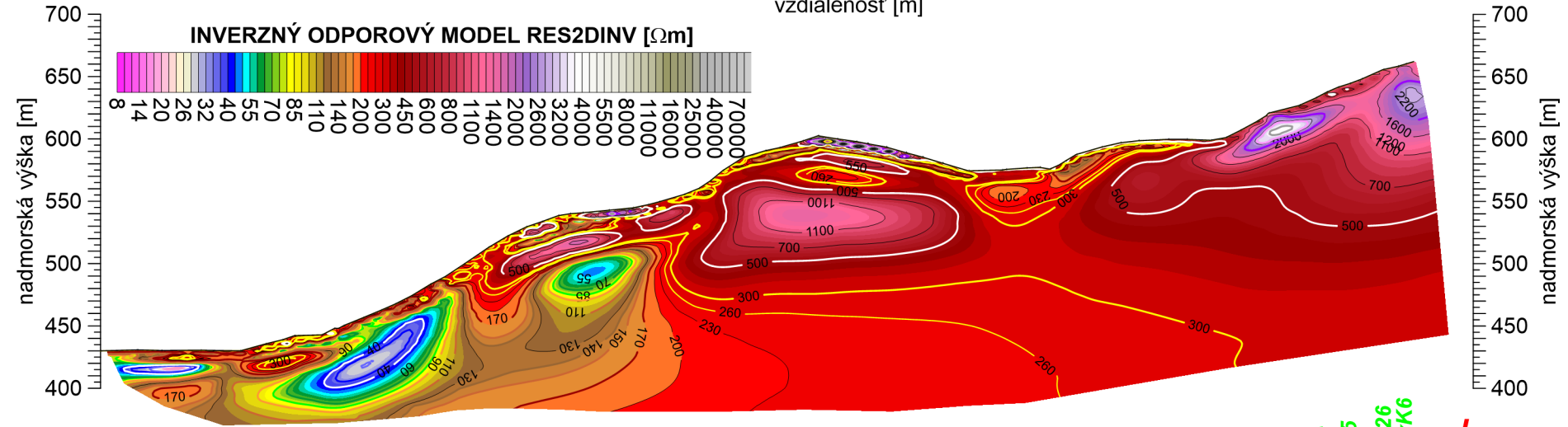
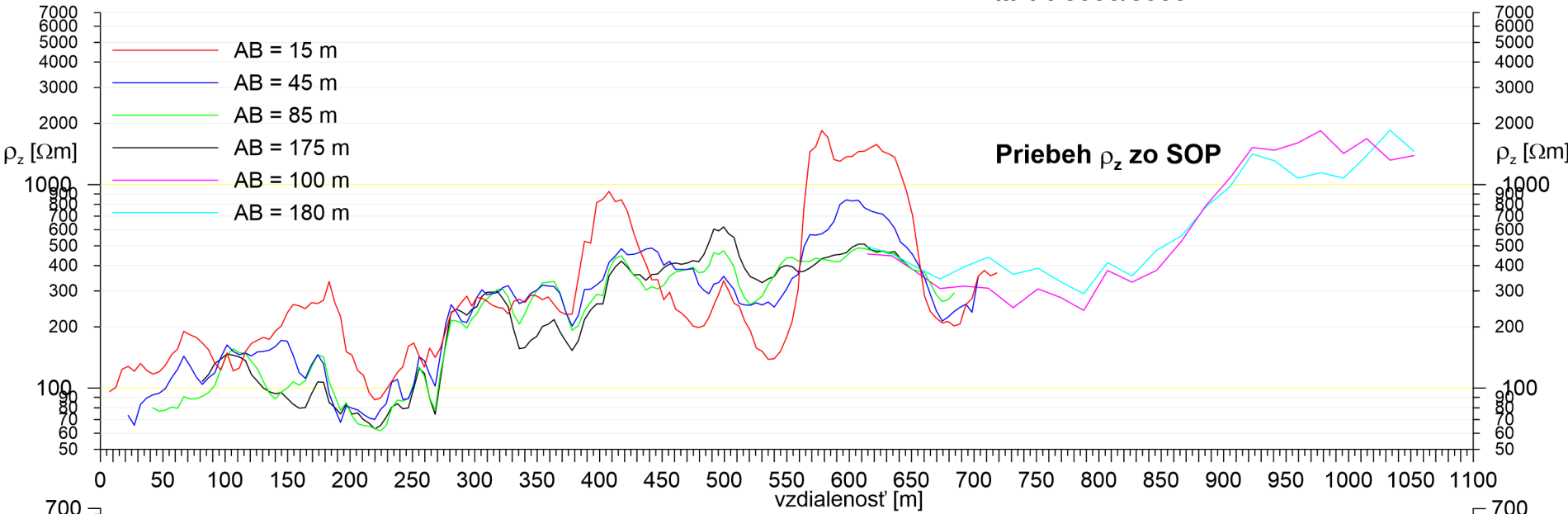
VYSVETLIVKY

- slieňovce, súvrstvie slieňovcov s vápencami, s prevahou slieňovcov
- súvrstvie vápencov so slieňovcami, až slienité vápence
- dolomity
- vápence, porušené dolomity
- porušená zóna odporová diskontinuita
- umiestnenie merania VES, interpretované merné elektrické odpory [Ω m], interpretovaný priebeh rozhraní
- zamerané body, vrty



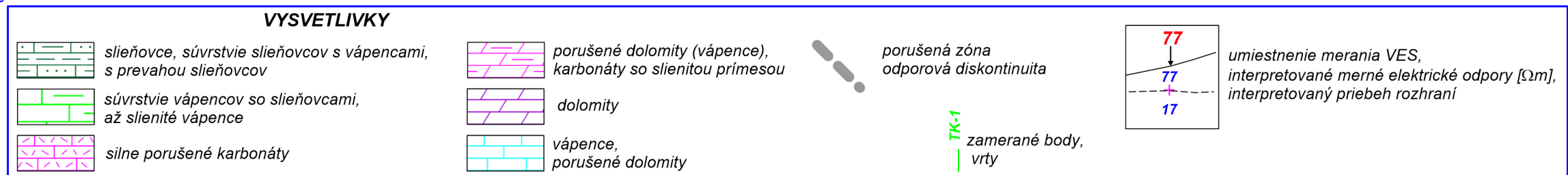
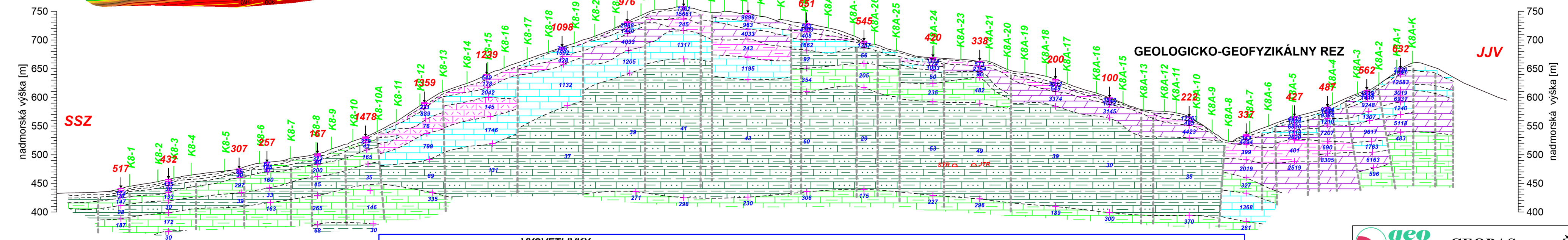
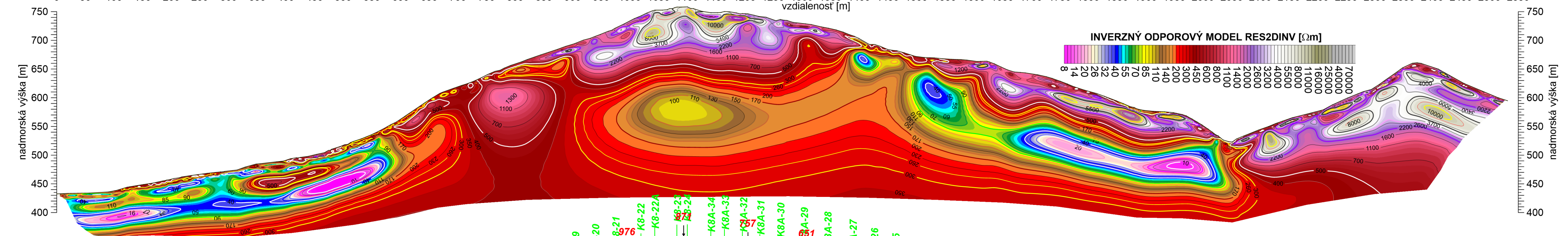
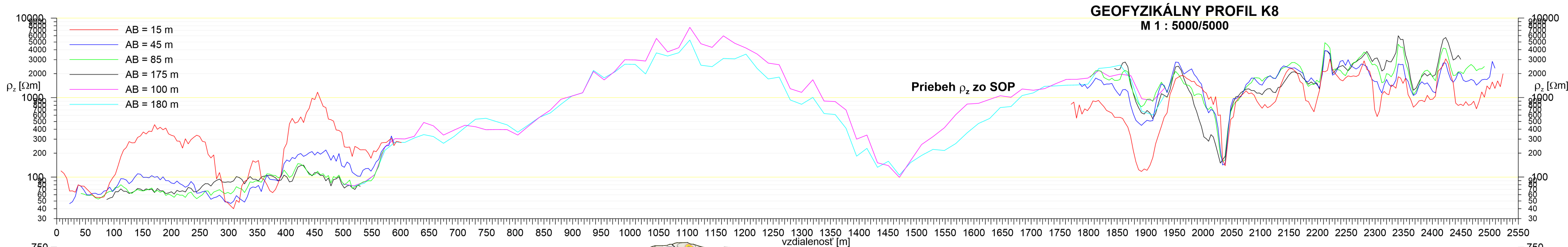


GEOFYZIKÁLNY PROFIL K7A
M 1 : 5000/5000

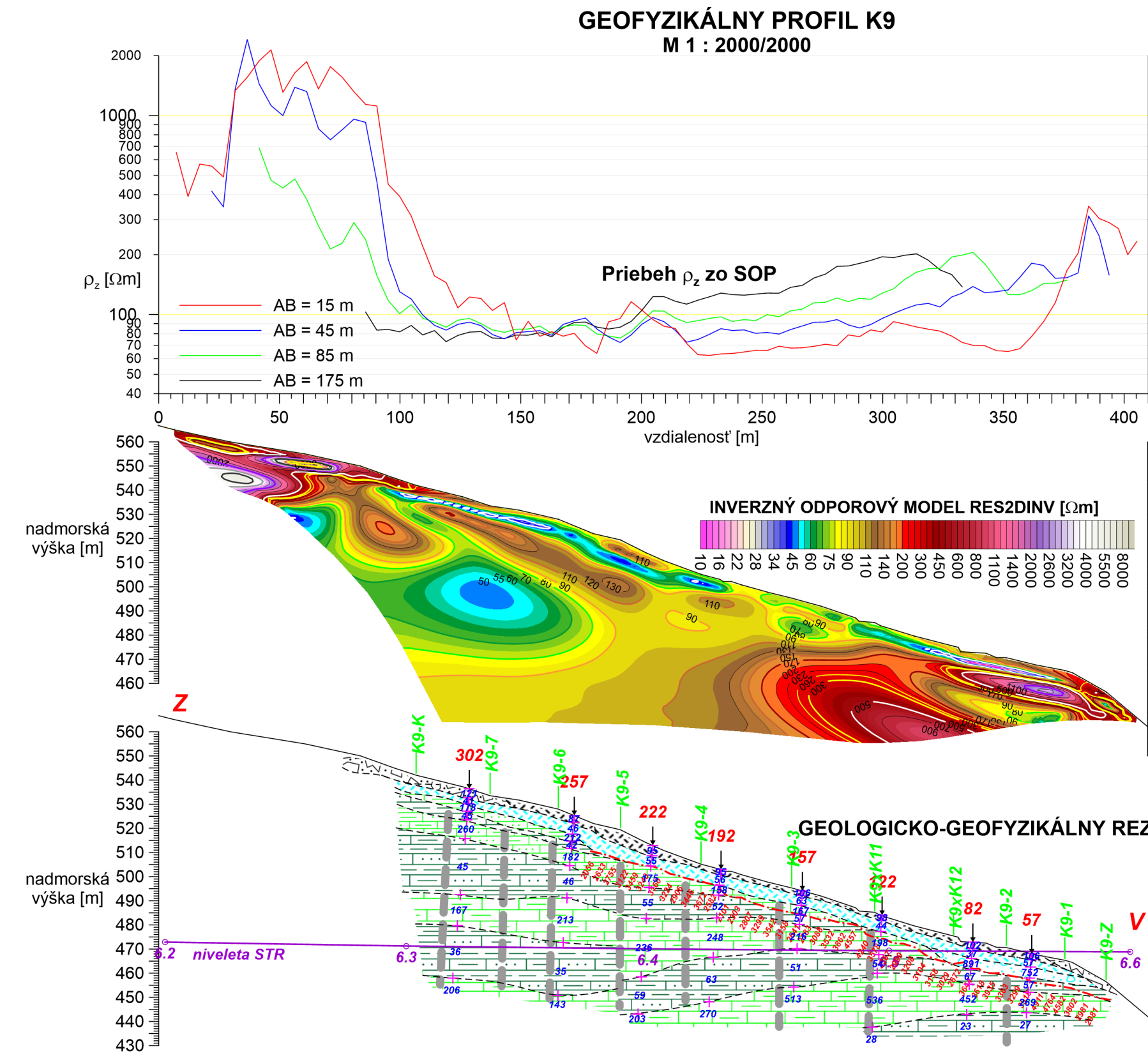


VYSVETLIVKY

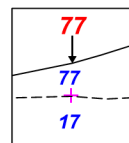
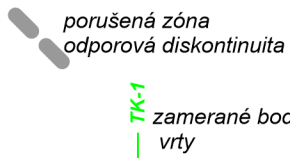
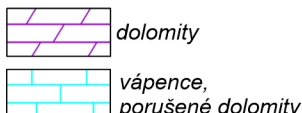
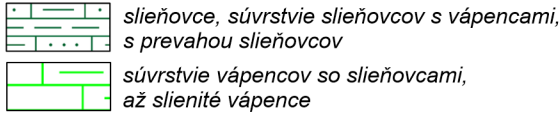
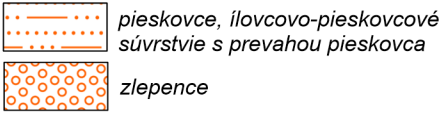
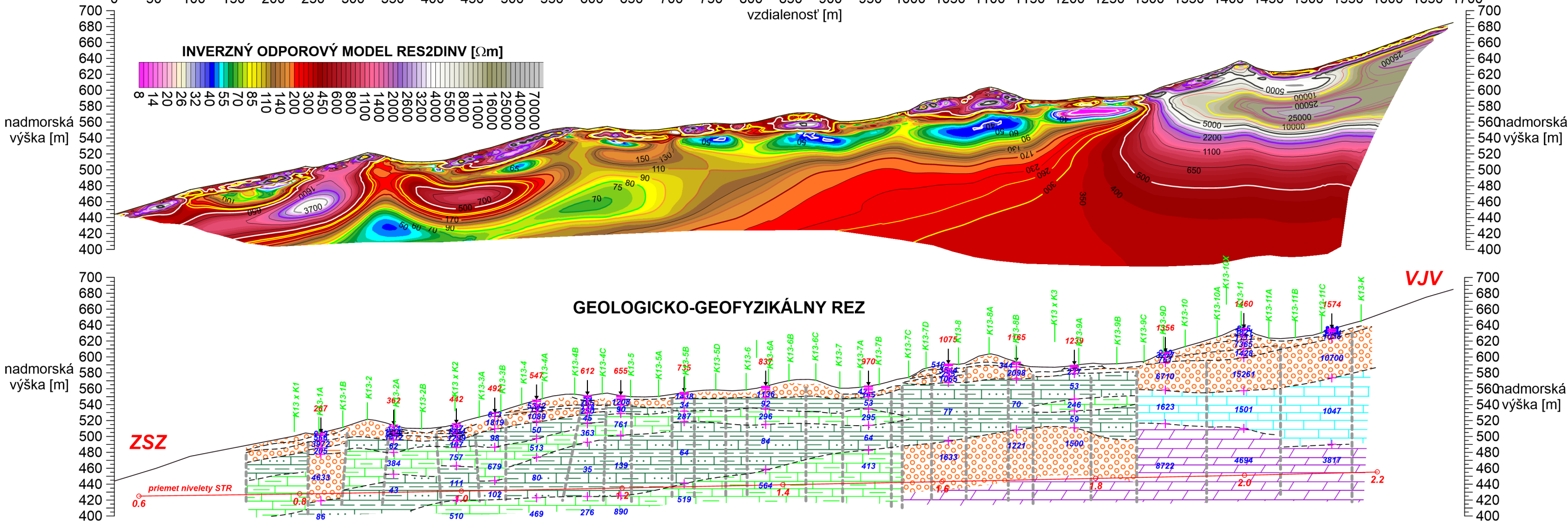
- slieňovce, súvrstvie slieňovcov s vápencami, s prevahou slieňovcov
- súvrstvie vápencov so slieňovcami, až slienité vápence
- dolomity
- vápence, porušené dolomity
- porušená zóna odporová diskontinuita
- umiestnenie merania VES, interpretované merné elektrické odpory [Ωm], interpretovaný priebeh rozhraní
- zamerané body, vrty



 GEOPAS s.r.o., Žilina		
názov úlohy	D1 Turany - Hubová Podrobný inžinierskogeologický prieskum	
číslo úlohy	514 12 2018	číslo prílohy 11.1 / 7
vypracoval	RNDr. Štefan HULJAK	



M 1 : 5000/5000



umiestnenie merania VES,
interpretované merné elektrické odpory [Ωm],
interpretovaný priebeh rozhraní



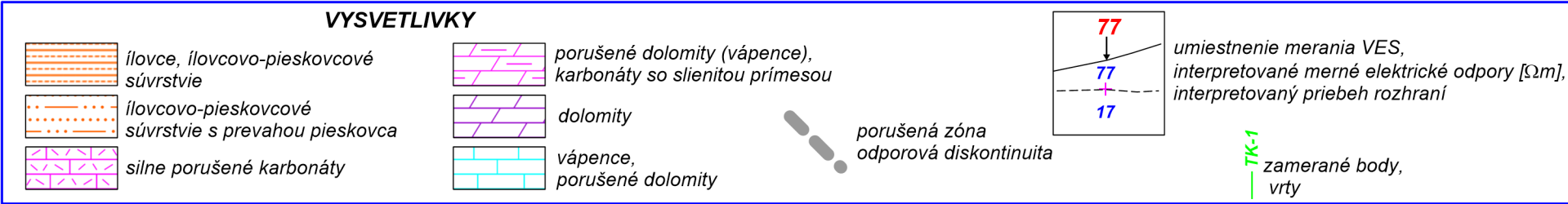
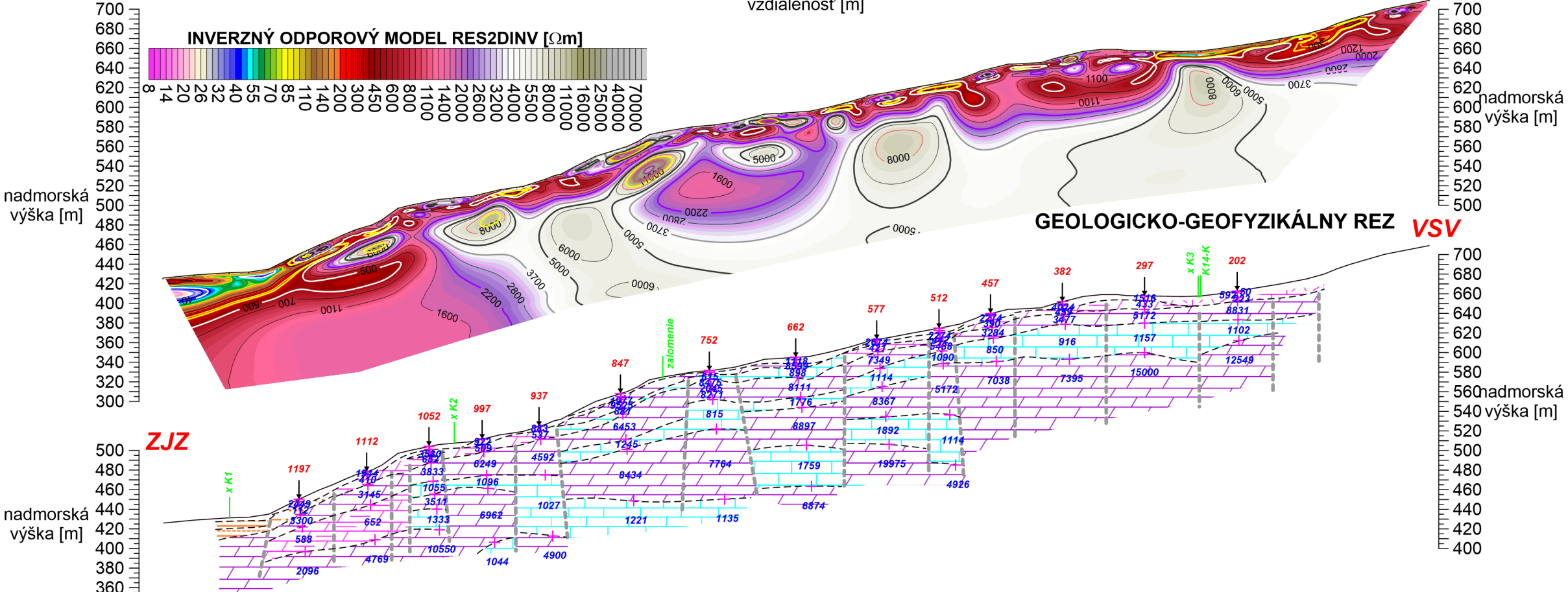
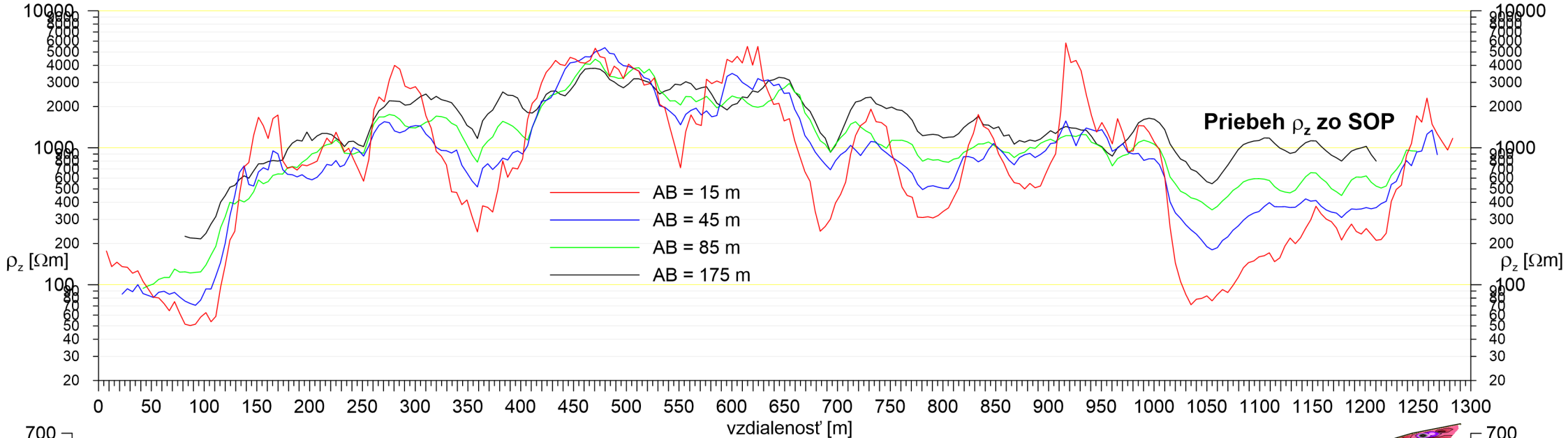
D1 Turany - Hubová

514 12 2018

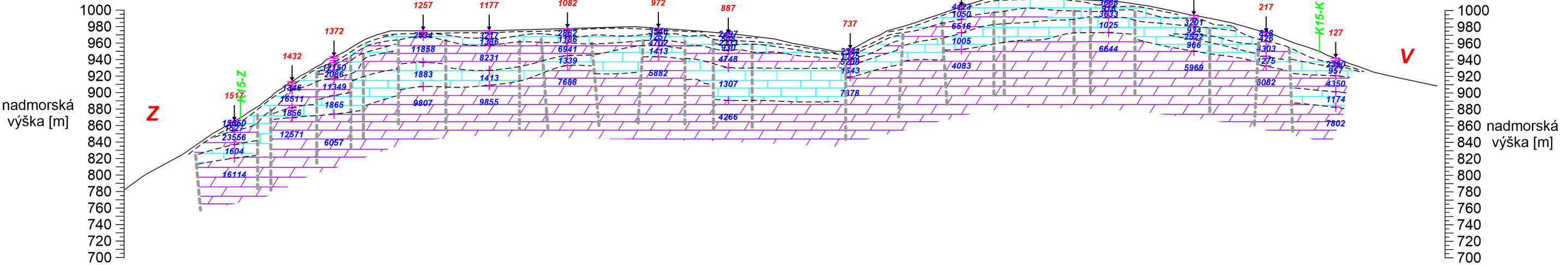
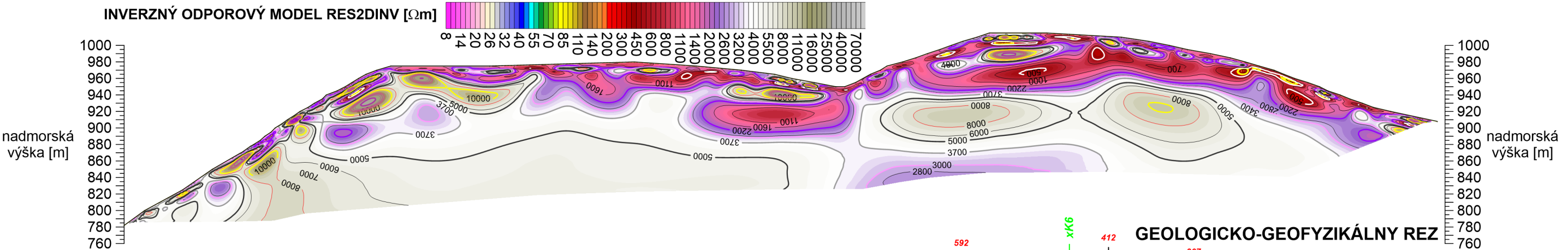
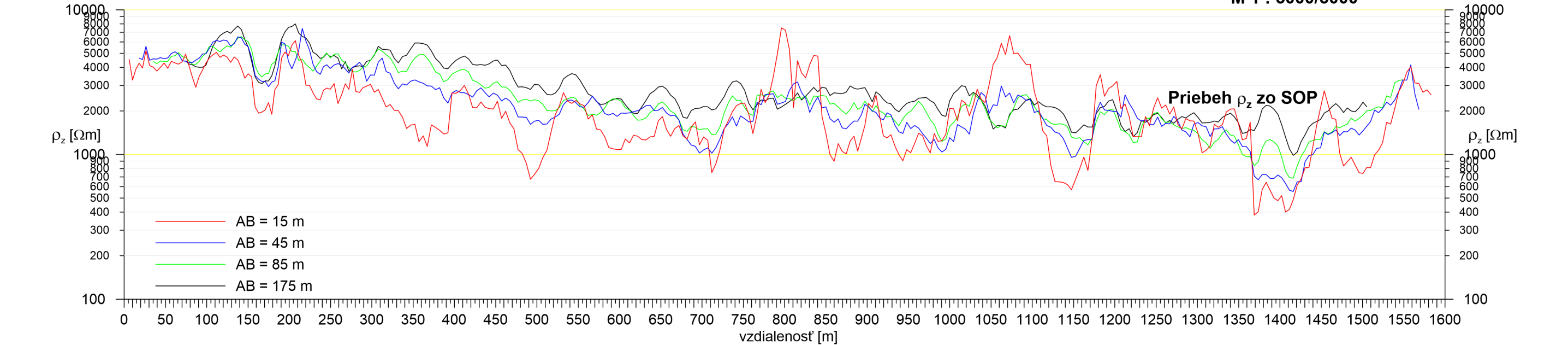
číslo prílohy **11.1 / 9**

RNDr. Štefan HULJAK

M 1 : 5000/5000



GEOFYZIKÁLNY PROFIL K15
M 1 : 5000/5000



VYSVETLIVKY

dolomity

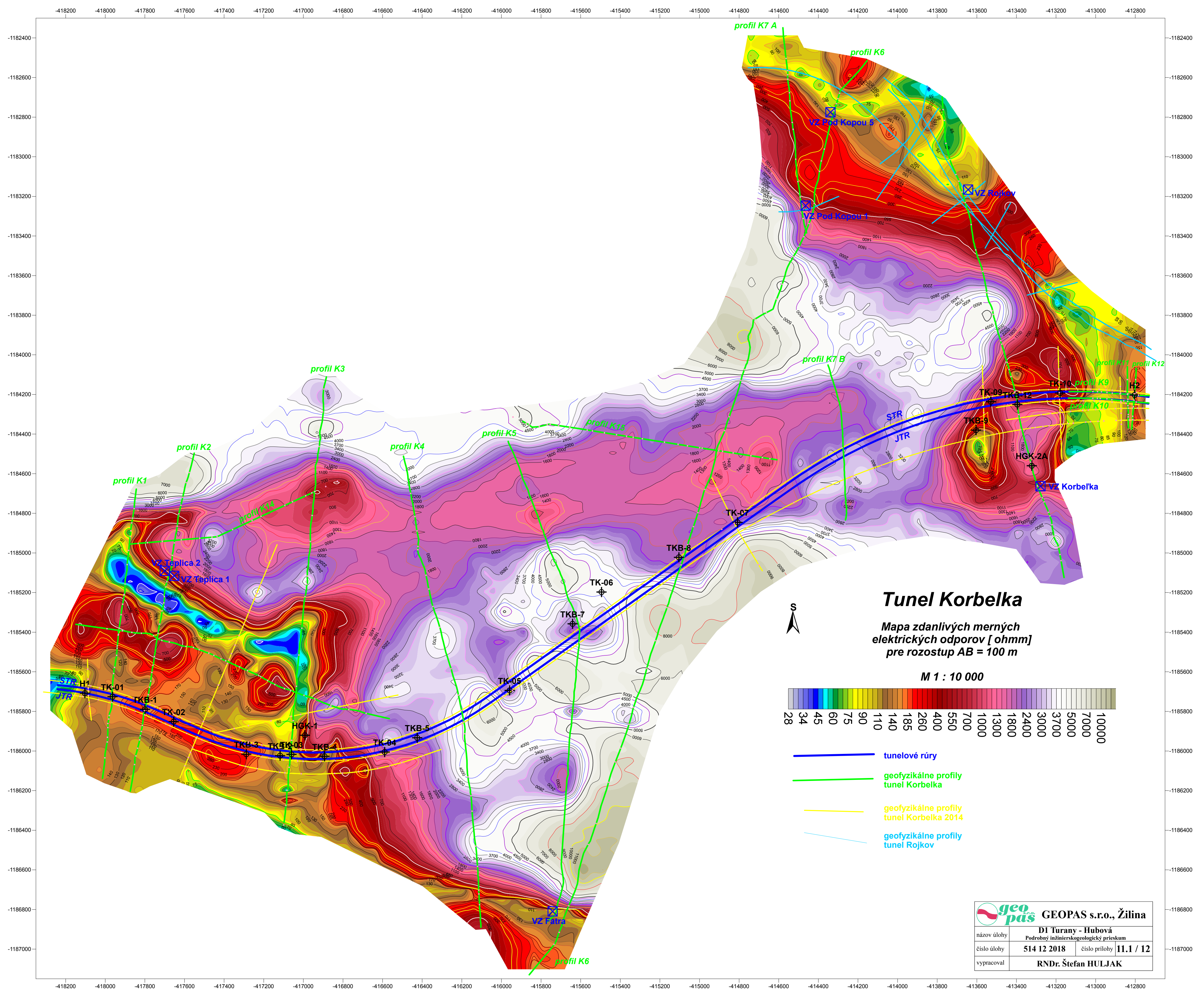
vápence,
porušené dolomity

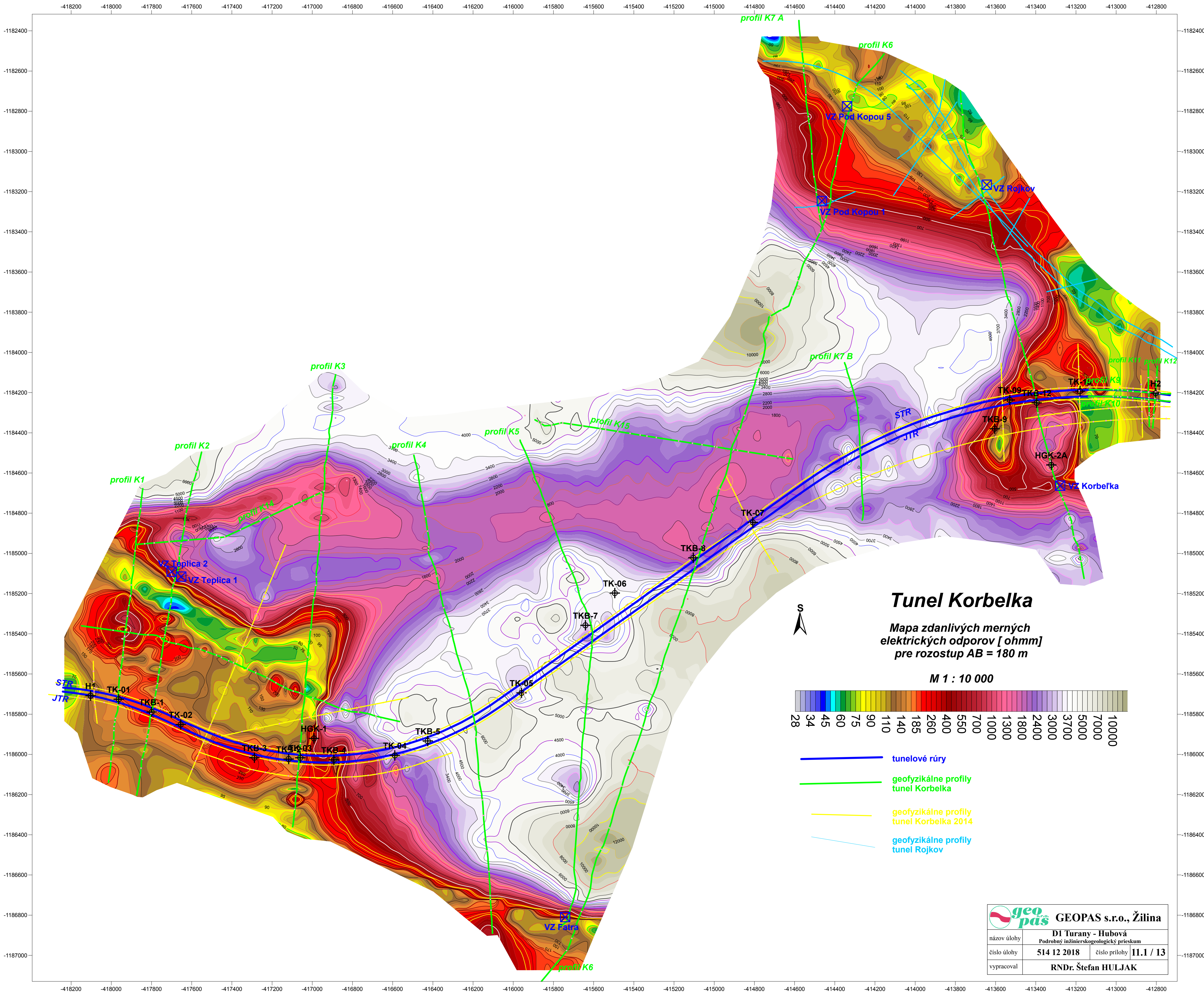
porušená zóna
odporová diskontinuita

umiestnenie merania VES,
interpretované merné elektrické odpory [Ωm],
interpretovaný priebeh rozhraní

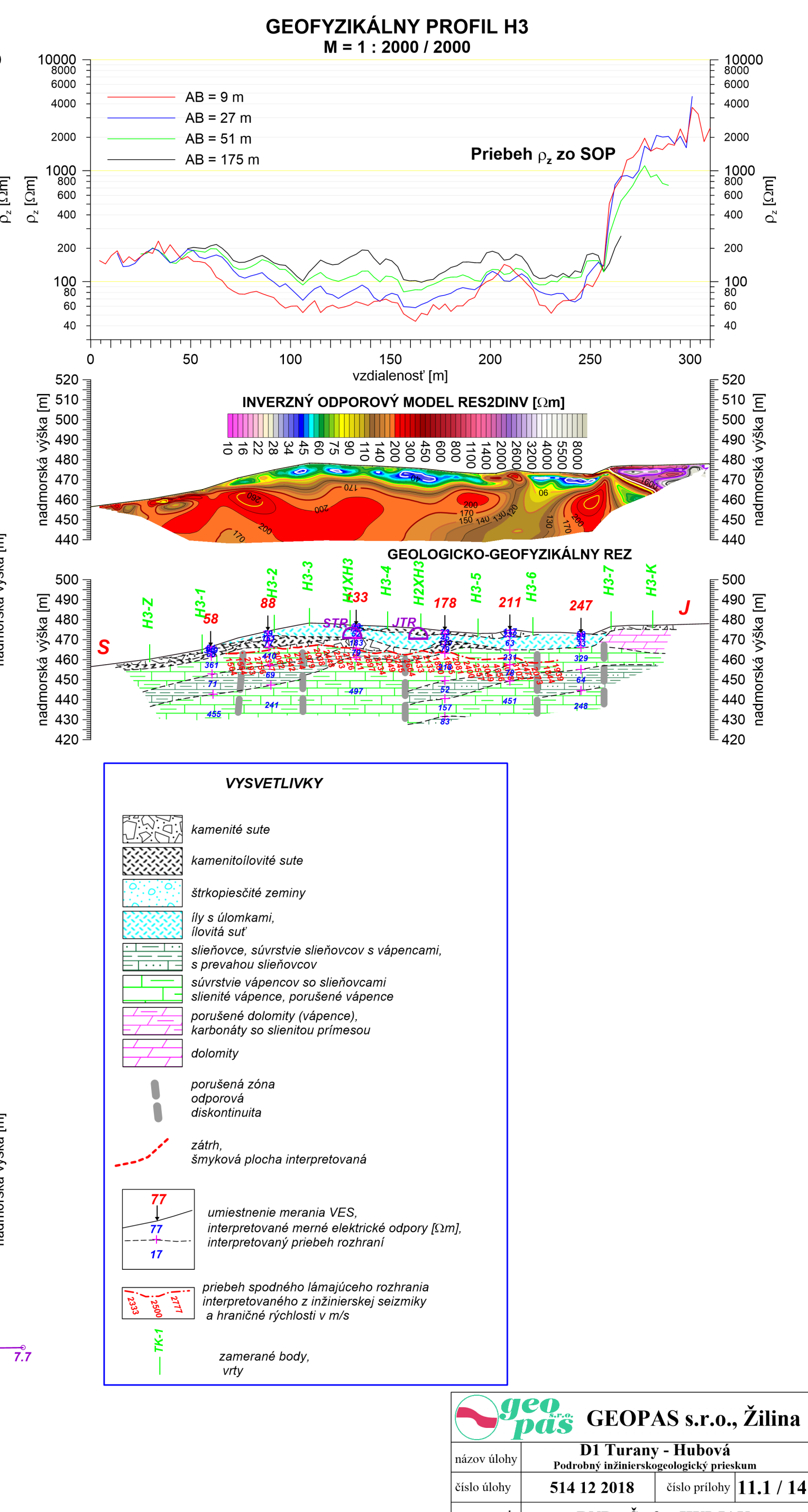
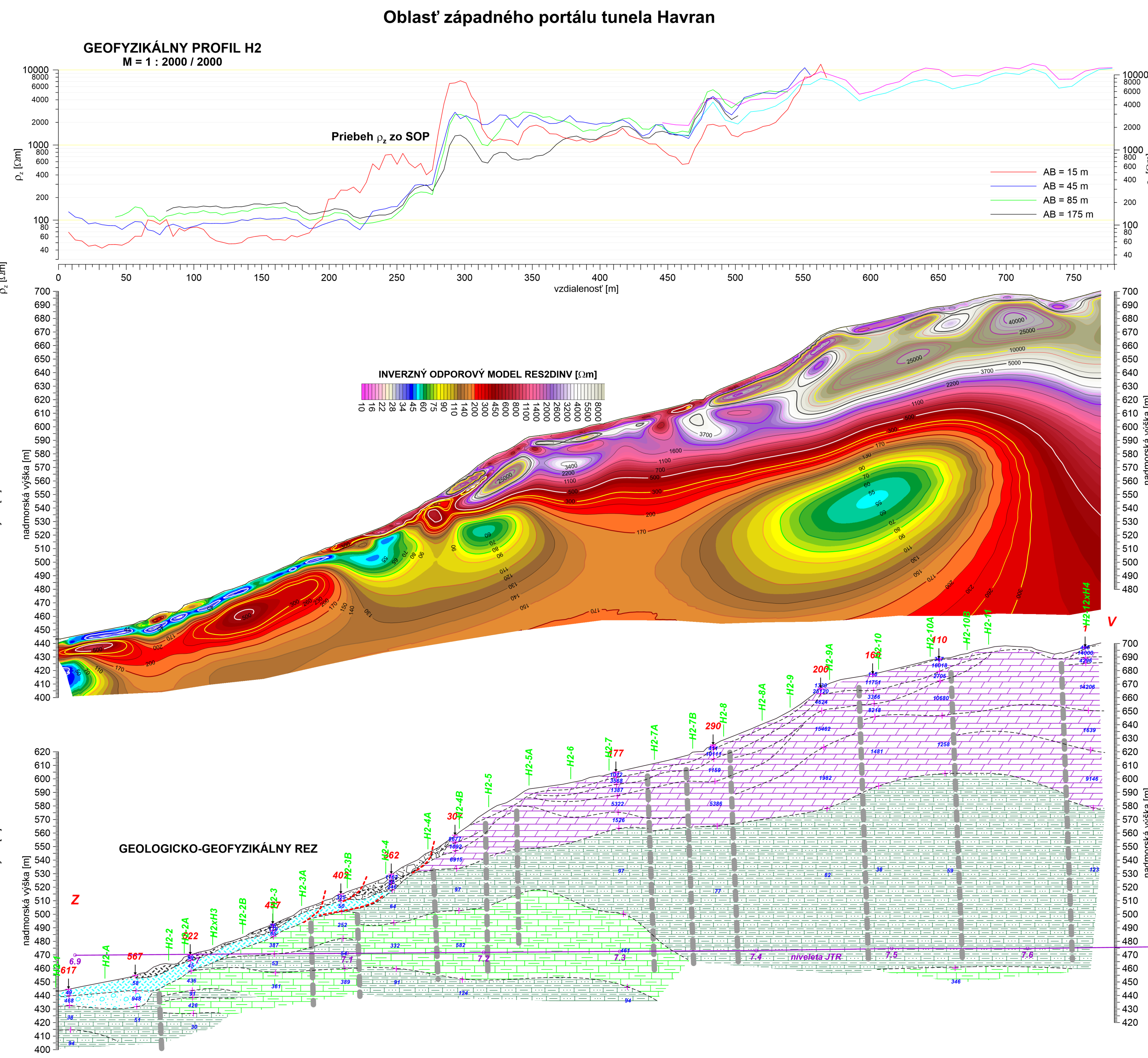
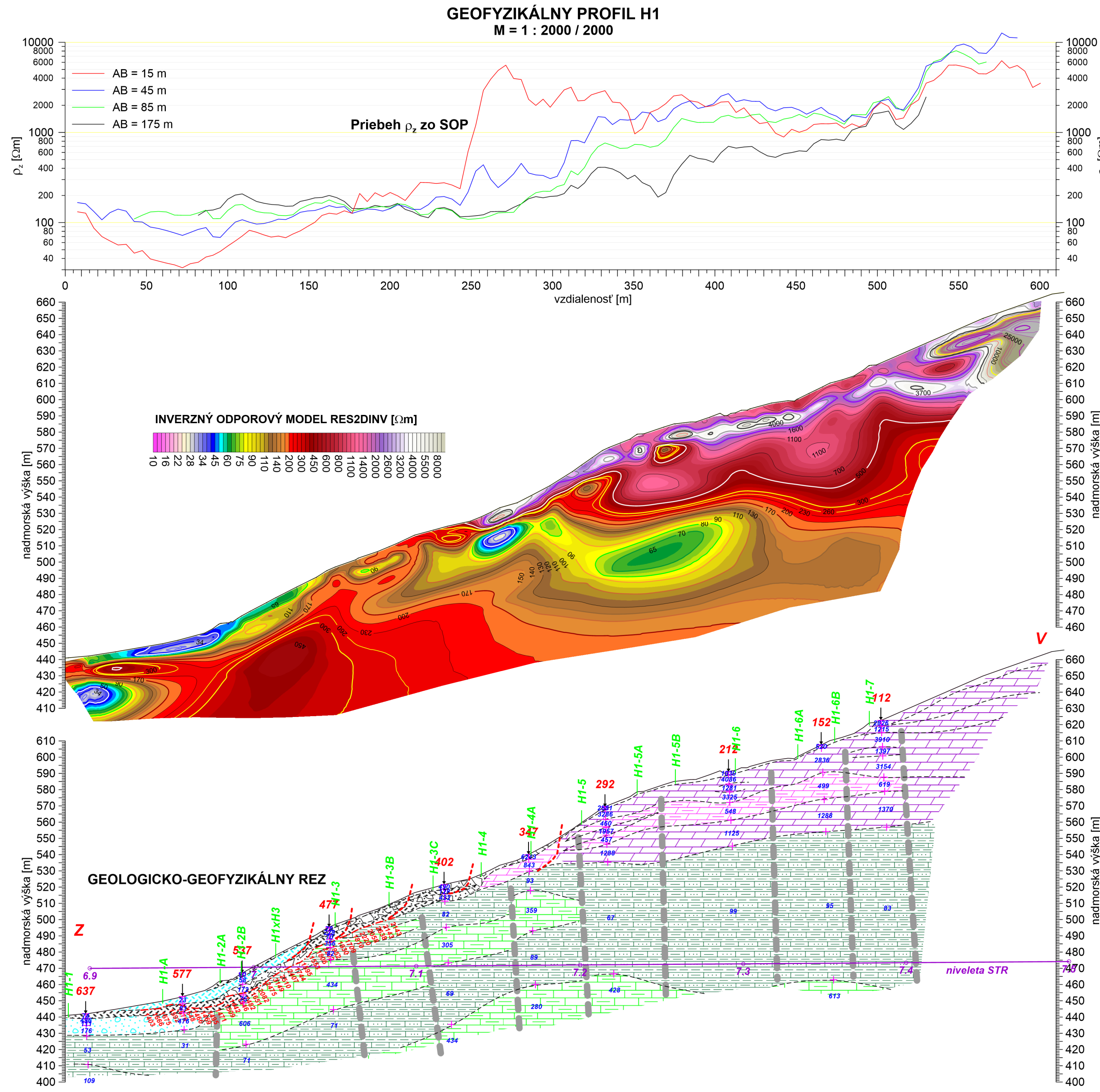
zamerané body,
vrty

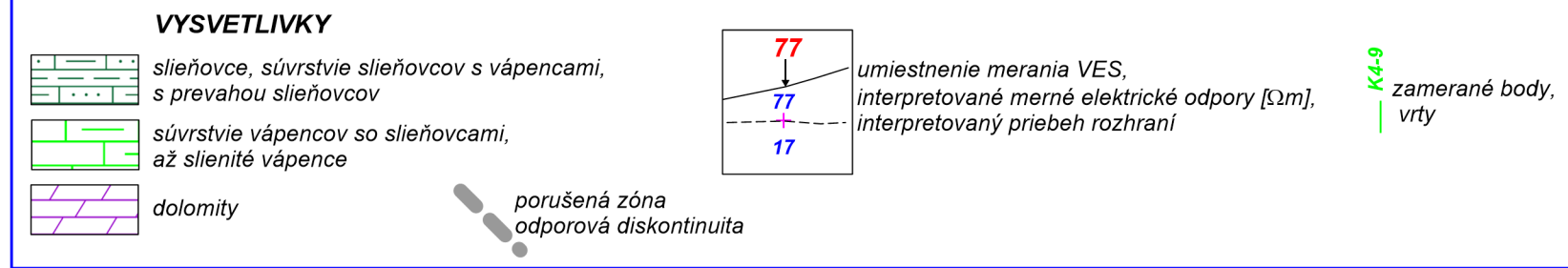
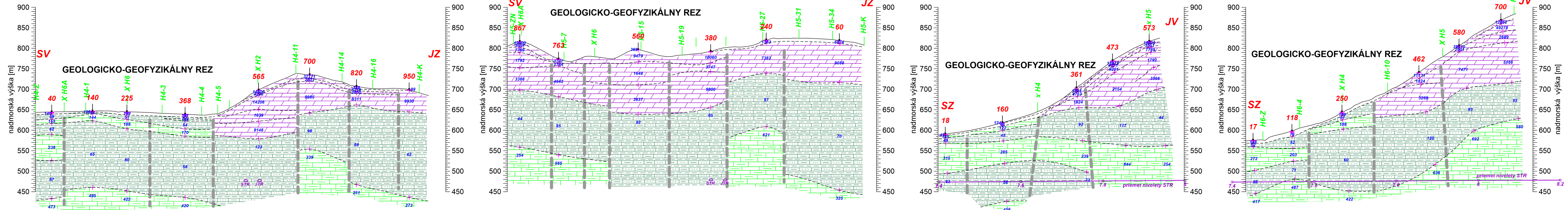
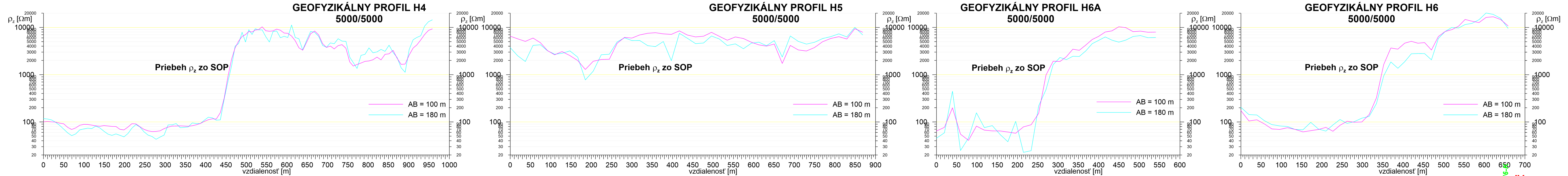
GEOPAS s.r.o., Žilina			
názov úlohy	D1 Turany - Hubová Podrobný inžinierskogeologický prieskum		
číslo úlohy	514 12 2018	číslo prílohy	11.1 / 11
vypracoval	RNDr. Štefan HULJAK		

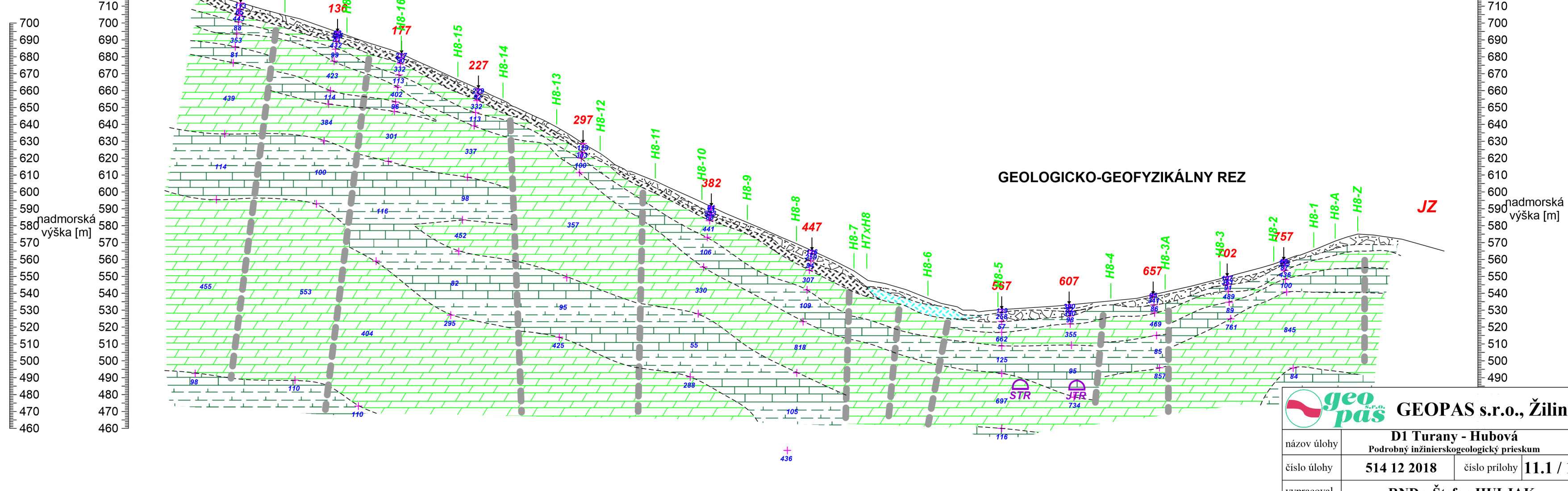
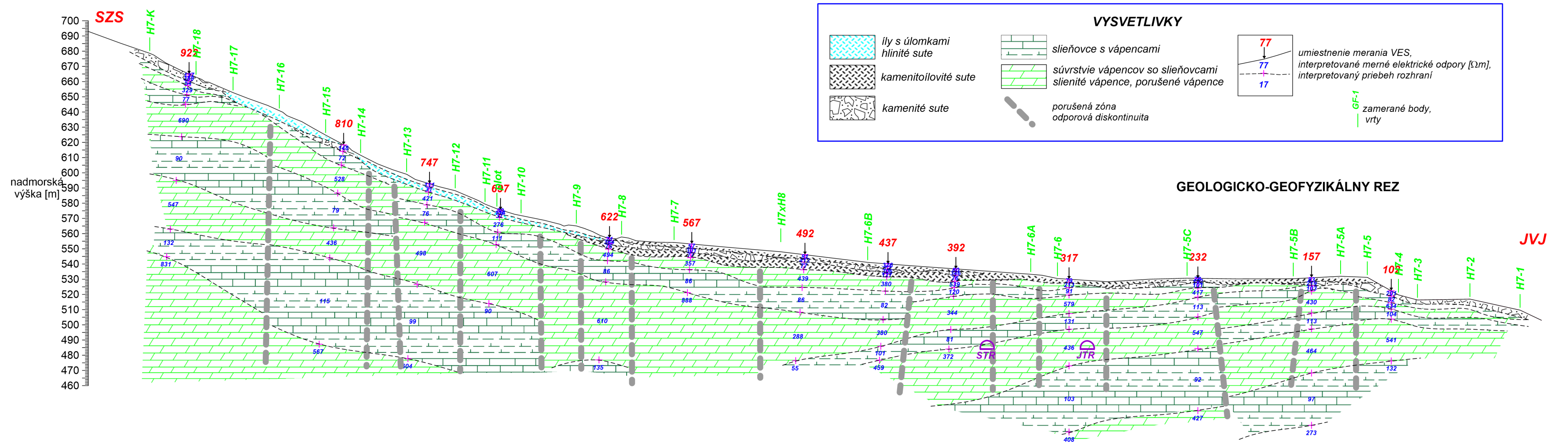
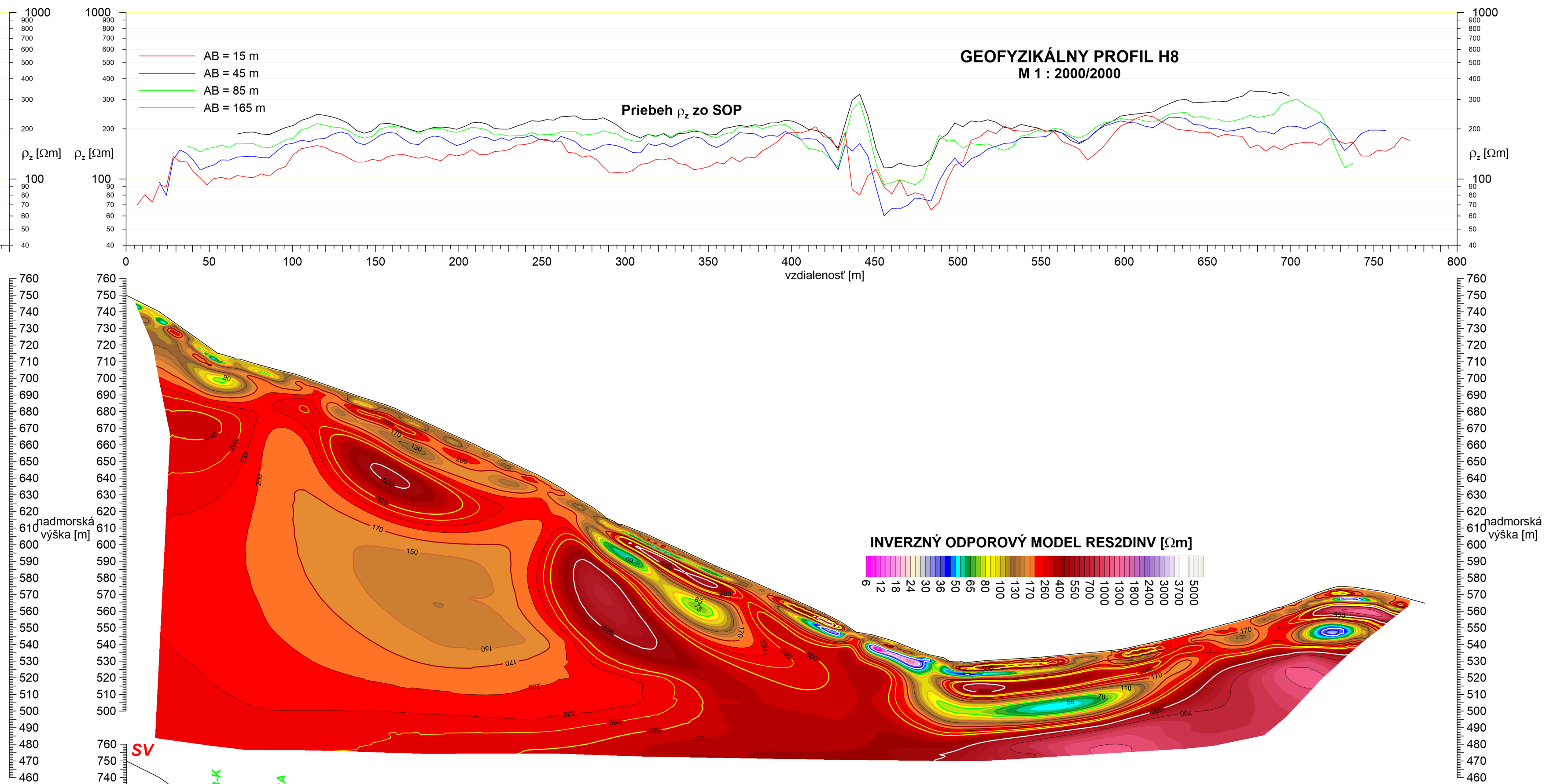
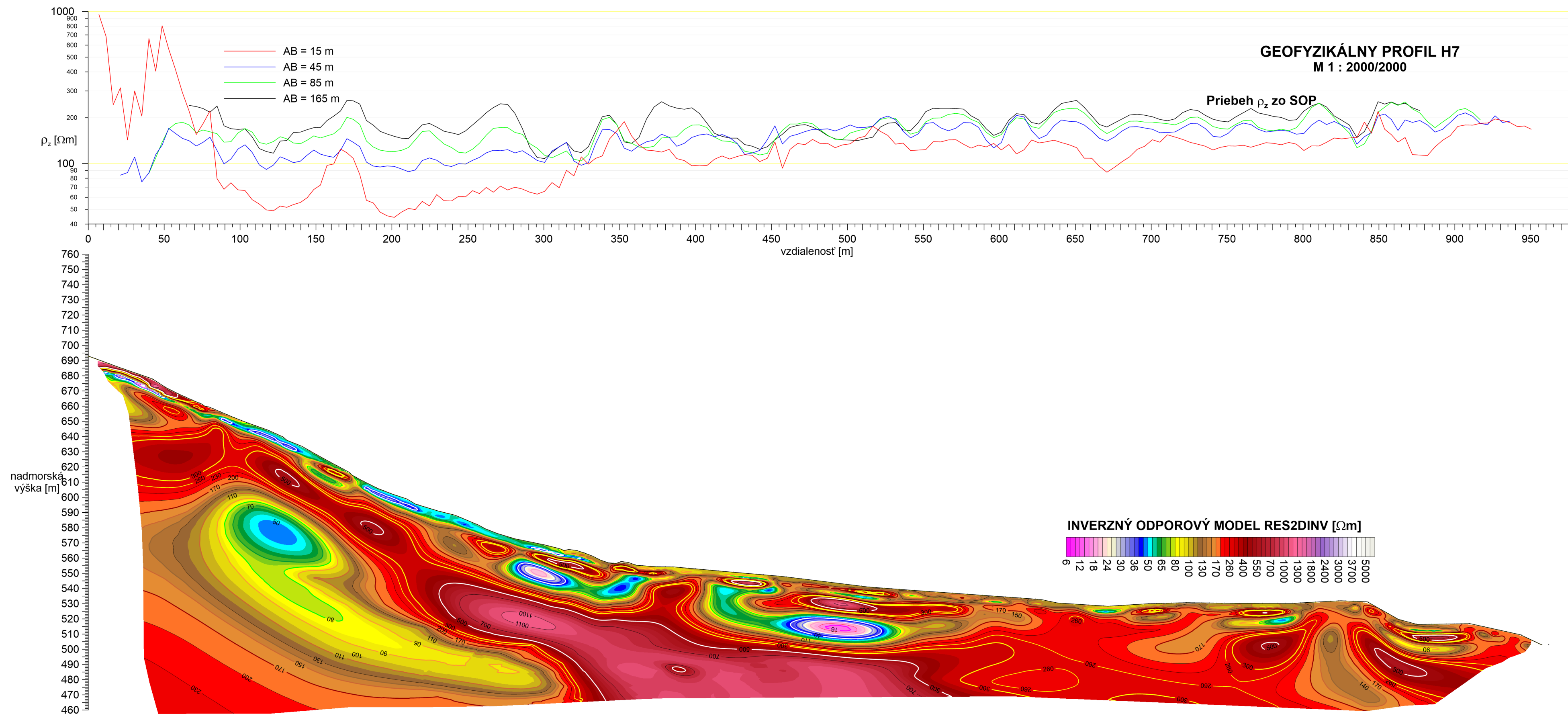




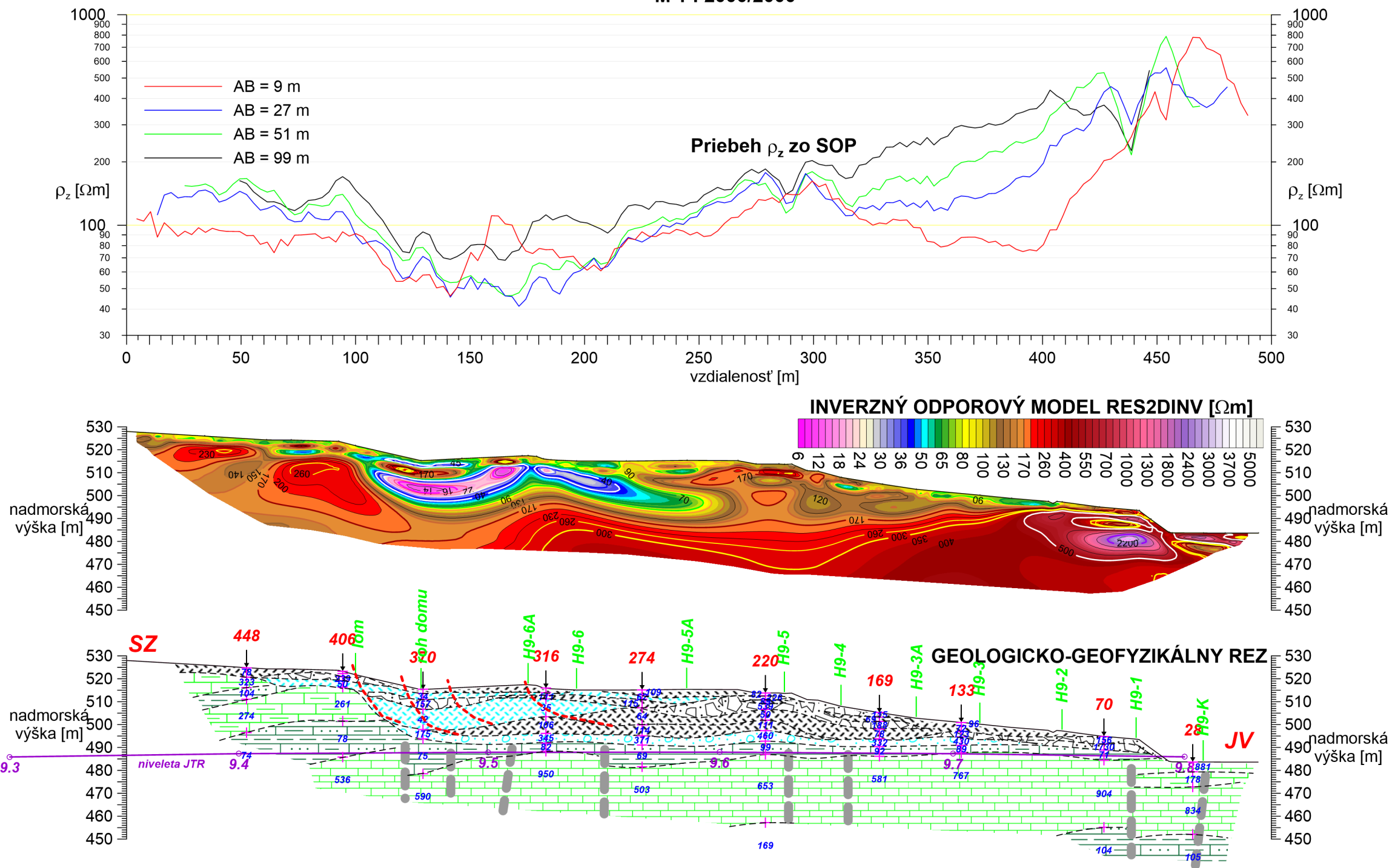
 GEOPAS s.r.o., Žilina		
D1 Turany - Hubová		
Podrobný inžierskogeologický prieskum		
číslo úlohy	514 12 2018	číslo prílohy 11.1 / 13
vypracoval	RNDr. Štefan HULJAK	



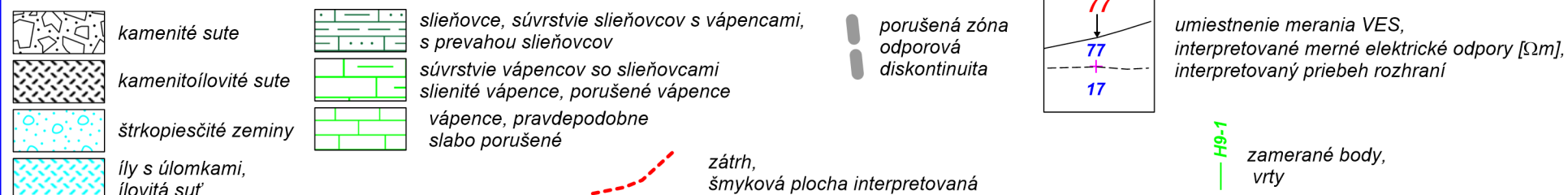




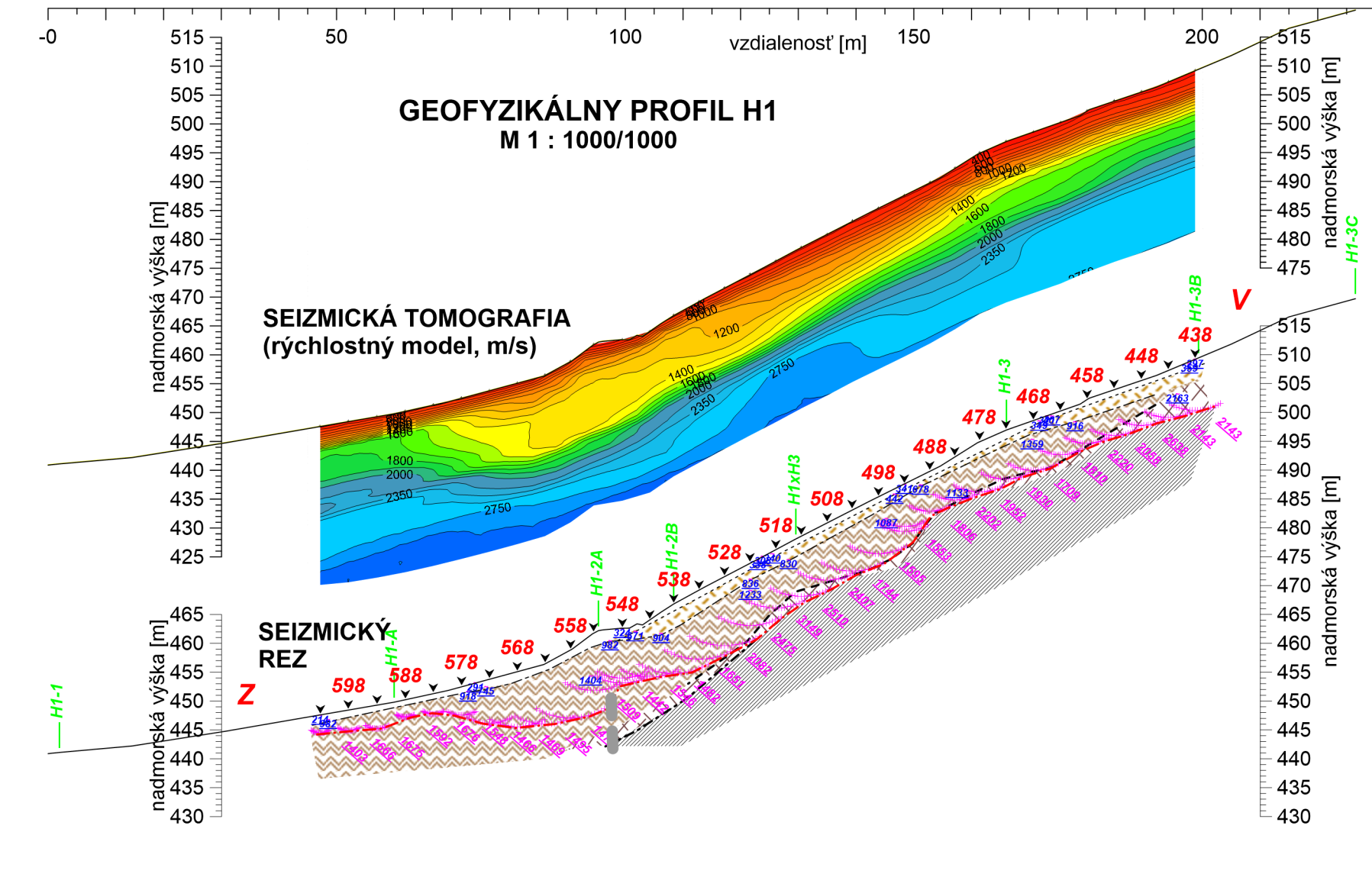
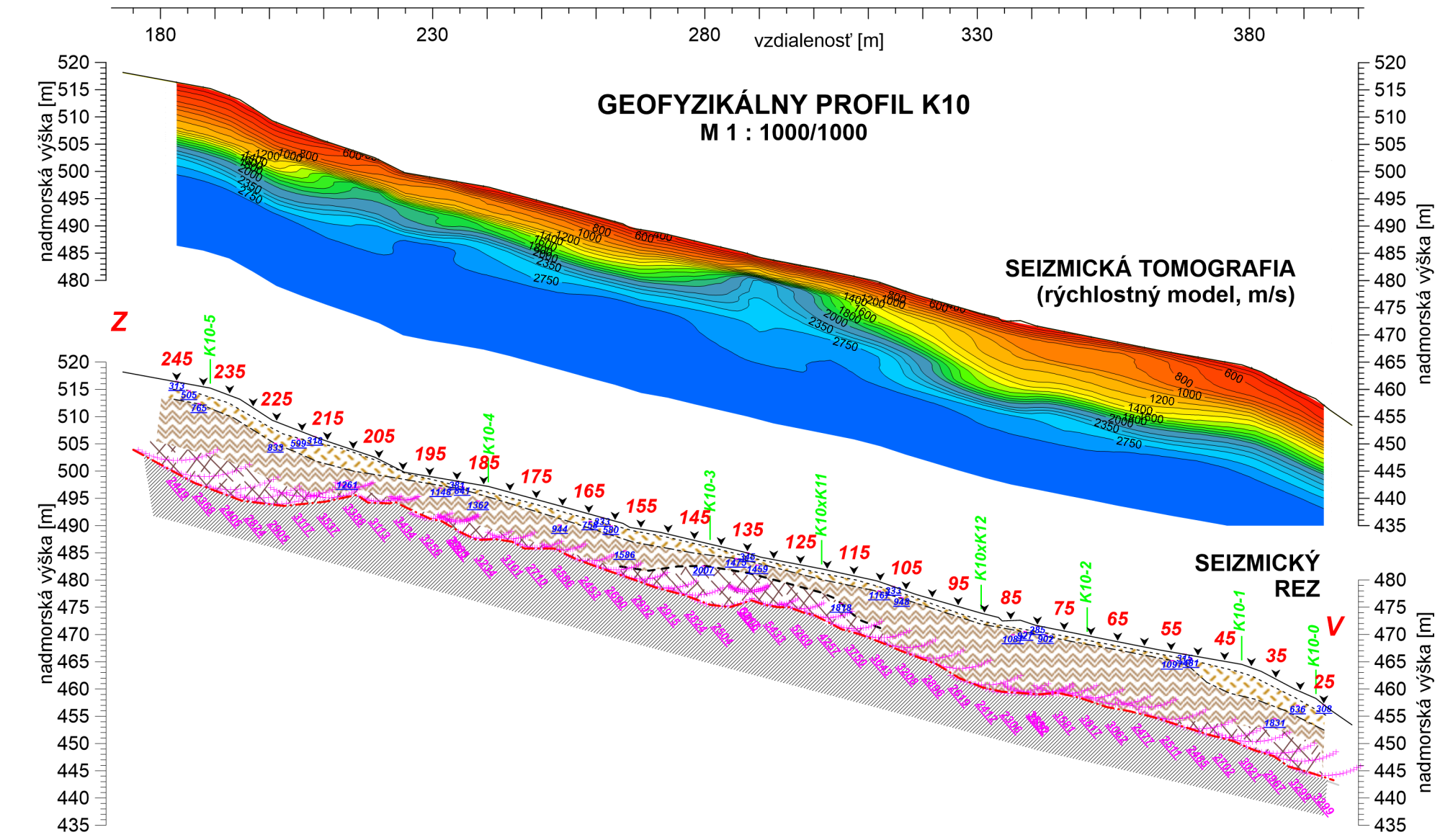
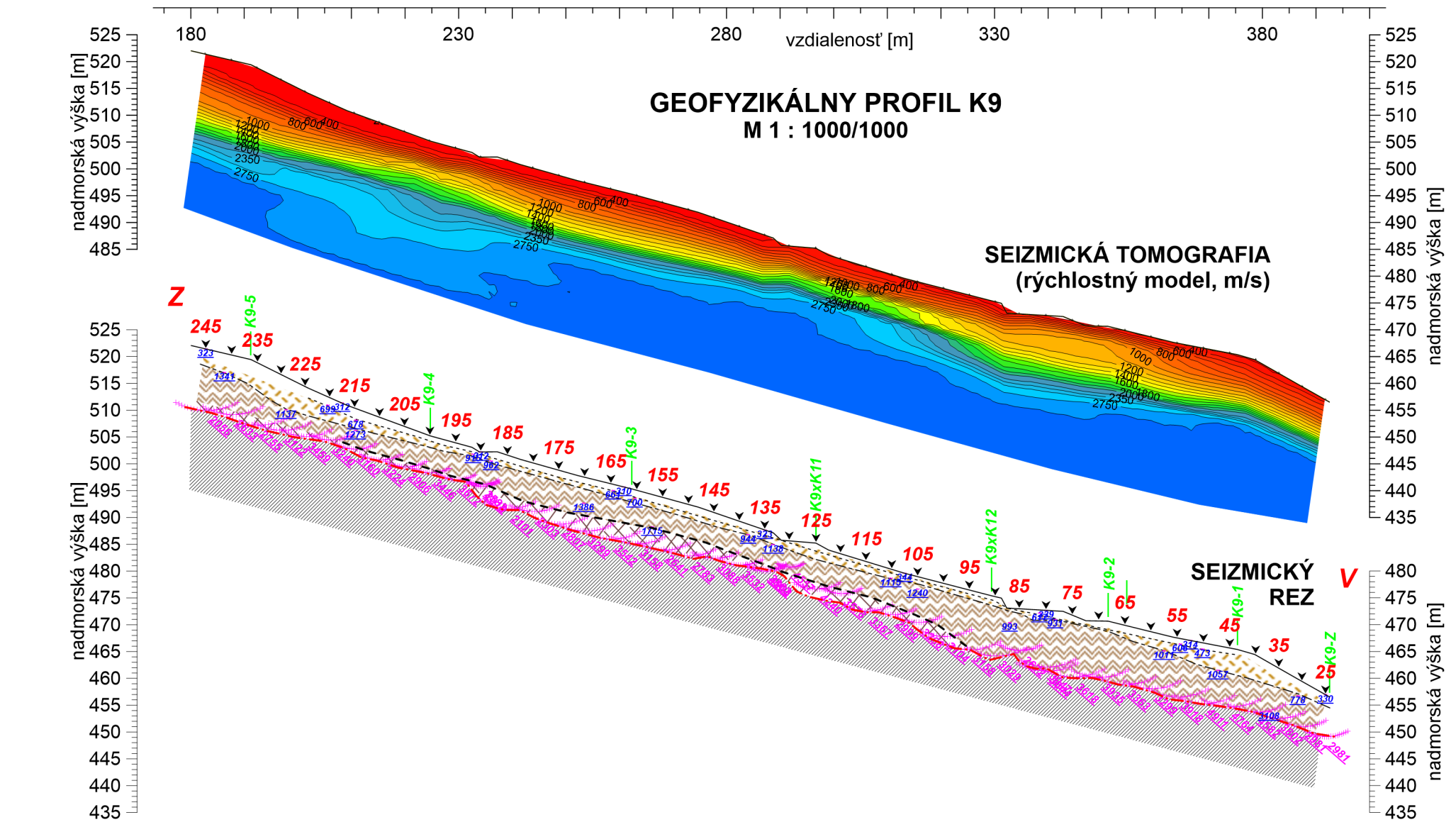
GEOFYZIKÁLNY PROFIL H9 M 1 : 2000/2000



VYSVETLIVKY



 GEOPAS s.r.o., Žilina			
názov úlohy	D1 Turany - Hubová		
číslo úlohy	514 12 2018	číslo prílohy	11.1 / 17
vypracoval	RNDr. Štefan HULJAK		



VYSVETLIVKY

- 322 652 rozhranie pripovrchových hlin a sutí (slabo až stredne uľahnutých sutí), vrstevná rýchlosť [m/s]
- 815 rozhranie sutí a uľahnutých sutí (resp. rozvetraných podložných hornín), vrstevná rýchlosť [m/s]
- 2098 rozhranie uľahnutých sutí a poloskalných podložných hornín, vrstevná rýchlosť [m/s]
- 3500 interpretovaný priebeh skalného podložia, priebeh spodného lámajúceho rozhrania, **iraničná rýchlosť** [m/s]
- 45 pozícia geofónu na profile
- K9-2 zamerané body na profile
- rozvetrané podložie, porušené poloskalné horniny
- poloskalné až skalné podložie
- fyzikálna diskontinuita (porušená zóna)

