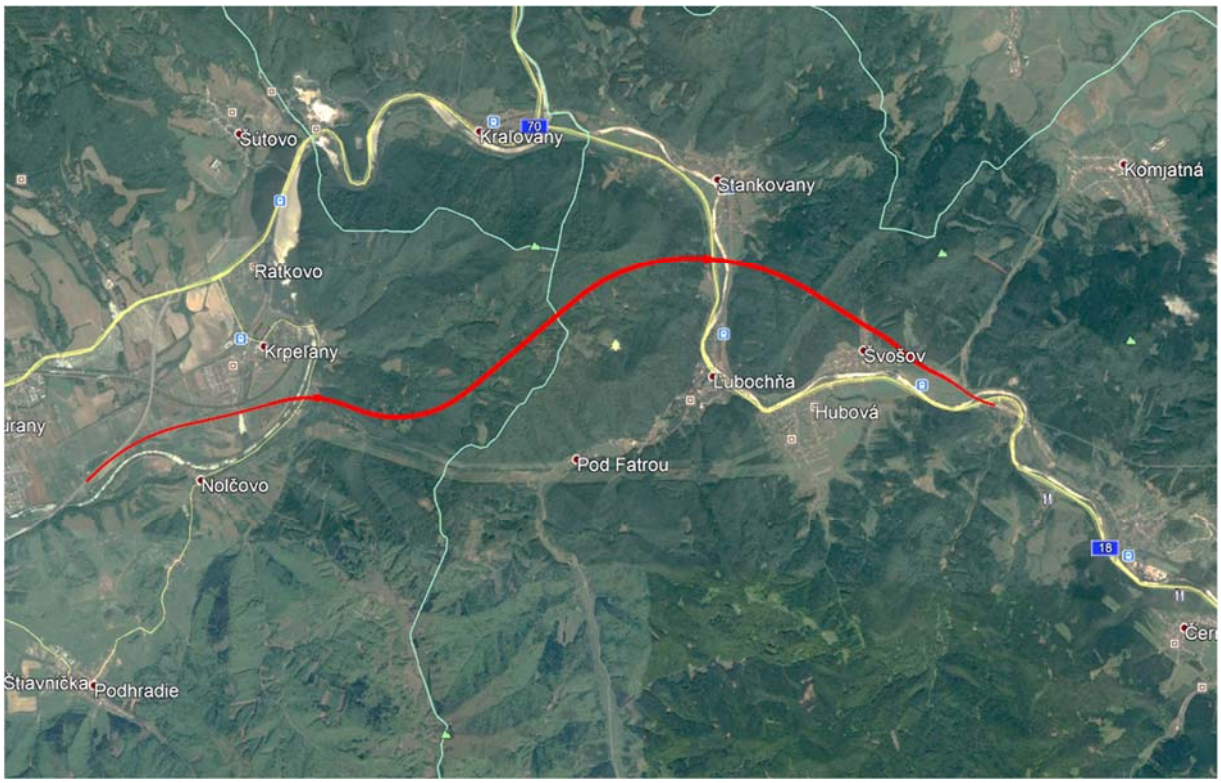
KORAL, s.r.o., Nad Medzou 2, 052 01 Spišská Nová Ves

Registr. spoločnosti: Obchodný register Okresného súdu Košice I, oddiel: Sro, v.č. 8973/V;
IČO: 36169641, DIČ: 2020032674, IČO DPH: SK2020032674
tel.: +421-(0)-53 4411834, e-mail: info@koral.sk, **www.koral.sk**

Geofyzikálne merania v oblasti plánovaného diaľničného tunela Korbeľka



III-VII.2019

Názov úlohy: Geofyzikálne merania v oblasti plánovaného diaľničného tunela Korbeľka

Lokalita: Ľubochňa okr. Ružomberok – Krpeľany okr. Martin

Objednávateľ: DPP Žilina s.r.o.
Kominárska 2,4
831 04 Bratislava

Zhotoviteľ: KORAL, s.r.o.
Nad Medzou 2
052 01 Spišská Nová Ves

Riešitelia úlohy: RNDr. Jozef KOMOŇ – zodpovedný riešiteľ

Mgr. Vincent Kultan, RNDr. Slavomír Daniel (riešitelia)
Mgr. Michal Kubiš, PhD. (geologická interpretácia)
Dr. Alex Kaminski (inverzia nameraných hodnôt)

Obsah

1. Vymedzenie úlohy a všeobecné údaje o prieskumnom území 1

2. Stručná geologická a geomorfologická charakteristika 2

3. Metodika geofyzikálnych meraní..... 2

4. Výsledky geofyzikálnych meraní..... 4

5. Záver..... 5

ZOZNAM PRÍLOH

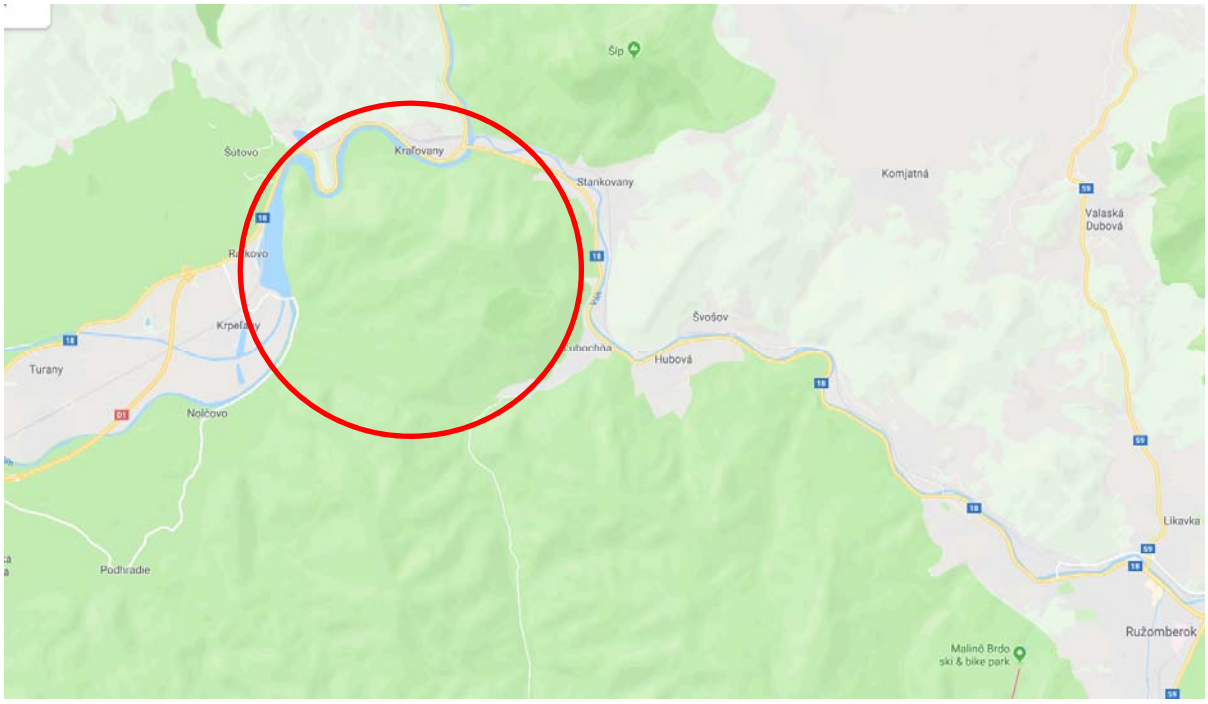
1. Príloha č. 1: Technická správa
2. Príloha č. 2: Situácia realizovaných prác (M. 1:10000)
3. Príloha č. 3.1: Magnetotellurický a interpretovaný profil GFK6M (M. 1:10.000)
4. Príloha č. 3.2: Magnetotellurický profil GFK16M (M. 1:5.000)

1. Vymedzenie úlohy a všeobecné údaje o prieskumnom území

Geofyzikálne práce na úlohe *Geofyzikálne merania v oblasti plánovaného diaľničného tunela Korbeľka* boli realizované na základe objednávky č. 03_8_2019 , spoločnosti DPP Žilina s.r.o., Kominárska 2,4, 831 04 Bratislava. Úlohou geofyzikálnych prác bolo hlavne:

- spresniť geologickú stavbu
- vymapovať tektonické štruktúry
- upresniť/zistiť polohu jednotlivých geologických štruktúr v hĺbkach do 1.000 m pt.

Dĺžka jednotlivých profilov ako aj ich presná lokalizácia bola zadaná objednávateľom geofyzikálnych prác. Terénne práce boli realizované v mesiaci jún 2019, pracovníkmi spoločnosti KORAL, s.r.o. Spišká Nová Ves.



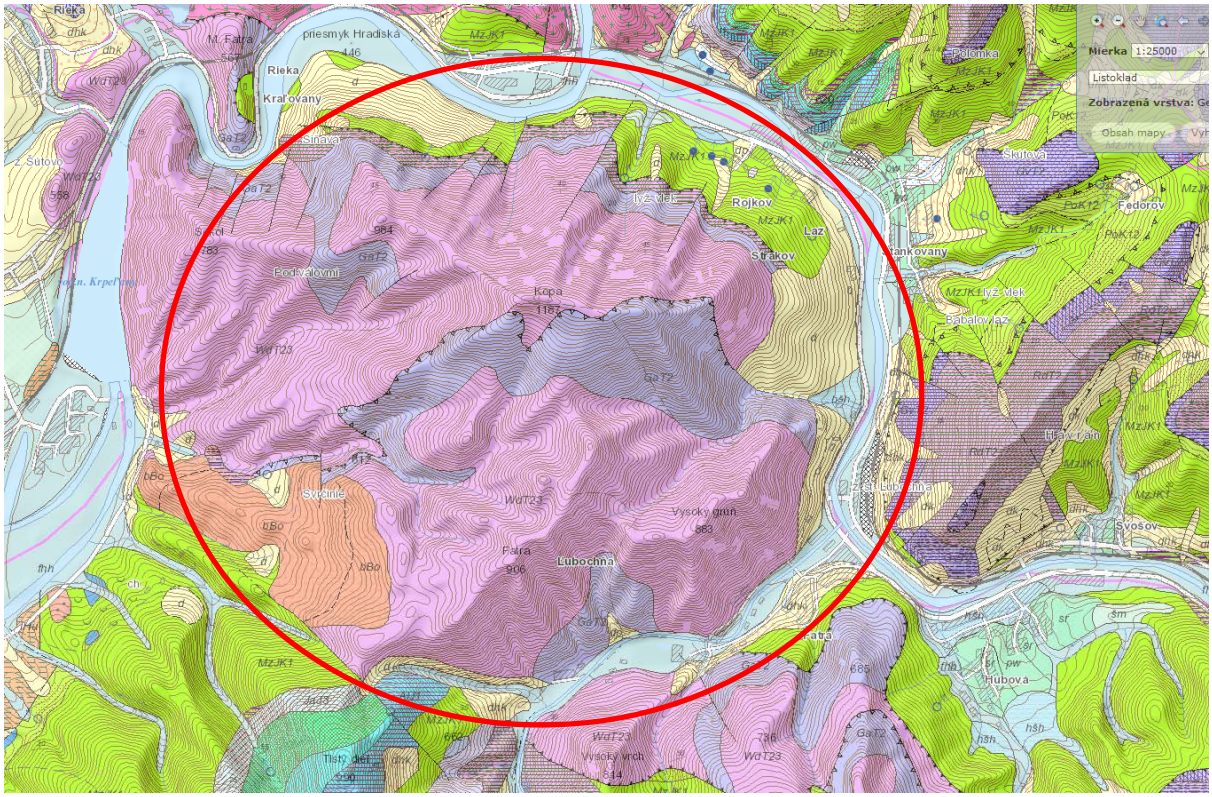
Obr. 1: Prehľadná mapa záujmového územia a širšieho okolia

Celková dĺžka geofyzikálnych profilov meraných metódou CSAMT bola 4730 m. Vytýčenie geofyzikálnych profilov bolo realizované prístrojom Garmin GPSmap64 a zameranie jednotlivých meracích bodov v teréne bolo realizované internou anténou meracieho prístroja ADU07e, Metronix GmbH.

2. Stručná geologická a geomorfologická charakteristika

Z geomorfologického hľadiska je sledované územie zaradené do subprovincie Vnútorných západných Karpát, Fatransko-tatranská oblasť, celok Veľká Fatra, podcelok Šípska Fatra a Lysec (Mazúr E., Lukniš M., 1986).

Geologická stavba je tvorená najmä komplexom vápencov a dolomitov Hronika. Vo väčších hĺbkach sa predpokladajú slieňovité bridlice a hrubozrnné vápence Veporika. Podložie je tvorené kryštalinikom – granity a granidiority.



Obr. č. 2: Geologická stavba študovaného územia s vyznačenou oblasťou prieskumných prác
Zdroj : Mapový server ŠGÚDŠ.

3. Metodika geofyzikálnych meraní

Metóda CSAMT patrí do skupiny elektromagnetických frekvenčných metód. Zaraďujeme ju medzi *magnetotelurické metódy,* pričom je ale na rozdiel od štandardných magnetotelurických metód, používa nezávislý stabilný zdroj elektromagnetického signálu. Výsledkom je odporový model prostredia**.** Odpor geologického prostredia vyčleňuje geologické bloky. Základnými faktormi, ktoré majú vplyv na odpor hornín, je okrem samotného petrografického a

mineralogického zloženia i porozita hornín, nasýtenie a chemické zloženie kvapalín v horninovom prostredí, prítomnosť minerálnych prímesí. Metóda CSAMT poskytuje informácie o geologickej štruktúre, litológii, prítomnosti zlomov a iných porúch o hladine podzemnej vody, jej pohybe, salinite a kontaminácii. Hĺbkový rozsah použitia metódy je od 50 m do 1500 m (vo vhodných geologických podmienkach až do 2 km). Hĺbkový dosah je závislý od použitých vysielacích frekvencií. Bežný používaný rozsah frekvencií je v rozsahu AMT frekvencií (od 0.5 do 8192 Hz). Čím je použitá nižšia frekvencia, tým väčší je hĺbkový dosah.

Podrobnejší popis metódy je v príl č. 1 – Technická správa.

Využitie metódy je najmä pre účely:

- Ložiskový prieskum - geologické mapovanie, vyhľadávanie masívnej sulfidickej mineralizácie, vyhľadávanie hydrotermálne alterovaných cieľov, zóny impregnácie, zlomové štruktúry ap.
- Hydrogeologický a geotermálny prieskum**:** geologické štruktúry, litológa, trendy prúdenia vôd, prítomnosť minerálnych prímesí, salinita.
- Inžinierskogeologický prieskum**:** hlavne v hlbších oblastiach napr. prieskum trás projektovaných tunelov.

Meranie CSAMT je meranie bodové. Vzdialenosť medzi meracími bodmi bola približne 85 m. Uvedená vzdialenosť je vhodná pre podrobné meranie. Meraný polpriestor je takto dostatočne pokrytý pre vyhľadávanie potrebných odporových celkov.

Súradnice jednotlivých meraných bodov X,Y, Z (balt. p.v.) sú v súradnicovom systéme S-JTSK zamerané s presnosťou do 2 m. Zameranie jednotlivých meraných bodov bolo realizované priamo prijímačom magnetotelurického signálu ADU07e. Pri vyhodnotení boli zamerané meracie body doplnené o geodeticky zamerané body. Uvedená presnosť je vzhľadom na veľkosť záujmového územia vyhovujúca.

Na jednotlivých profiloch nebolo možné meranie niektorých úsekov vzhľadom na terénnu nedostupnosť a veľký sklon terénu. Na profile GFK6M sa jedná o pomerne krátky úsek a nemá väčší vplyv na interpretáciu. Na profile GFK16M sa jedná o pomerne dlhý úsek a interpretácia je veľmi nespoľahlivá. Stred terénu je mimoriadne ukloneným čo spôsobuje degradáciu kvality geofyzikálnych dát.

Celkovo bolo na profile GFK6M zmeraných 42 bodov, z toho bolo do interpretácie zobratých 39. Na profile GFK16M bolo zmeraných 8 bodov, do interpretácie boli prebraté 4 body.

4. Výsledky geofyzikálnych meraní

Profil GFK6M

Na profile bolo pre inverziu použitých 39 bodov, ktoré majú dobrú až veľmi dobrú kvalitu. Na úseku 2350-2750 nebolo možné meranie vzhľadom na veľmi uklonený, neprístupný terén.

Na odporovom inverznom profile je možné vidieť pomerne výraznu vrstvu vysokých odporov, ktoré sú iba lokálne prerušené úzkymi polohami nízkych odporov (tektonicky drvené zóny). Táto vrstva má mocnosť od 600m na začiatku profilu, smerom ku koncu profilu sa mocnosť vrstvy zmenšuje na 300-400m, pričom za najvyšším miestom profilu (2000m) sa vzhľadom na geologickú a geomorfologickú situáciu môže jednať o samostatne odtrhnuté bloky. Tektonicky drvené zóny sa smerom do hĺbky opticky rozširujú, ale jedná sa len o interpretačný jav, keďže hustota údajov smerom do hĺbky klesá. Reálne sa nemusí jednať o zväčšovanie mocnosti tektonickej zóny. Táto vrstva je výrazne oddelená od podložnej vrstvy s veľmi výrazne nízkymi odpormi. **Hranica je vymapovaná veľmi spoľahlivo**. Z geologickej situácie sa dá predpokladať, že na tektonických líniach došlo k posúvaniu jednotlivých vrstiev, ale presné posuny nie je možné spoľahlivo určiť. V danej vrstve sa nachádzajú aj prieskumné vrty, ale do podložnej vrstvy neprenikli. Z dostupnej geologickej dokumentácie vieme, že táto odporová vrstva reprezentuje **komplex vápencov a dolomitov**. V danej vrstve sa nachádza aj plánované teleso cestného tunela.

Pod vysokoodporovou vrstvou vápencov a dolomitov sa v hĺbke cca. 500-600 m nachádza vrstva výrazne nižších odporov. Morfologicky kopíruje nadložnú vrstvu. Z inverzného modelu je možné odhadnúť jej mocnosť na 200-350m. **Spodná hranica vrstvy je vyznačená ako orientačná**. S ohľadom na regionálnu geologickú situáciu sa predpokladá, že sa jedná o **slieňovité bridlice, slieňovce a slienité vápence**.

Vzhľadom na predpoklad **kryštalinických hornín v spodnej časti profilu** (vyššie odpory) sa nad vrstvou kryštalinika a pod vrstvou slieňovcov a slienitých vápencov predpokladá ešte vrstva hrubozrnných vápencov. Táto vrstva sa vzhľadom na značnú hĺbku a pomerne nízku hustotu dát dá iba odhadnúť. Takisto z regionálnej situácie vieme, že horniny kryštalinika vystupujú na povrch v severnej (koniec) časti profilu. Preto je možné predpokladať, že vyššie odpory, ktoré stúpajú smerom ku koncu profilu, reprezentujú práve kryštalinikum.

Profil GFK16M

Na profile boli pre inverziu použité 4 body. Z toho 3 vykazujú dobrú až veľmi dobrú kvalitu. Jeden bod má slabú kvalitu.

Vzhľadom na veľmi dlhý úsek bez dát a vzhľadom na malé množstvo spoľahlivých meraní nebola na tomto profile robená geologická interpretácia.

5. Záver

Úlohou geofyzikálnych meraní bolo napomôcť pri geologickom prieskume okolia plánovaného diaľničného tunela Korbeľka

Profil GFK6M splnil očakávania a jeho interpretáciu je možné hodnotiť ako spoľahlivú. Preukázala sa najmä mocnosť a morfológia vrstvy vápencov a dolomitov, v ktorej sa nachádza aj teleso plánovaného tunela.

Profil GFK16M nesplnil očakávania, nakoľko vzhľadom na objektívne terénne prekážky, nebolo možné meranie na veľkom úseku vytýčeného profilu. Daný profil bol naplánovaný ako príliš krátky. Minimálna dĺžka profilu magnetotelluriky má byť 2 x dlhšia ako požadovaný hĺbkový dosah. V takom prípade je možná interpretácia aj pri vynechaní dlhších úsekov.

Geofyzikálne meranie je potrebné konfrontovať s technickými prácami za účelom získania čo najlepšej interpretácie.

Príloha č. 1

Technická správa

Obsah

VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE 2

1. Vysielač 2

1.1 Základné informácie 2

1.2. Bezpečnosť na vysielači 3

1.3 Konfigurácia elektród 4

1.4 Vysielanie signálu 6

1.4.1 Základné frekvencie 6

1.4.2 Počet iterácií 6

1.4.3 Uhol prúdového vektora 6

1.4.4 Tvar vlny 7

1.4.4 Maximálny prúd 7

2. Základné testy 7

3. Produkcia 7

3.1 Job list 7

3.2 Monitorovanie vysielacieho signálu 8

4. Príjmač, meranie 8

4.1 Základné informácie 8

4.2 Pozícia meraných bodov 9

4.3. Nastavenie príjmača 9

4.4 SIGNAL 10

5. Data pre-processing a edi súbory 11

6. Inverzia a tvorba inverzných odporových profilov 11

VŠEOBECNÉ INFORMÁCIE

- *celkovo 50 CSAMT bodových meraní, 43 s vyhovujúcou kvalitou*
- *Signál tvorený kontrolovaným zdrojom TXM-22, Metronix*

Časový harmonogram:

- *14. jún 2019, mobilizácia Spišská Nová Ves*
- *17. jún 2019, mobilizácia SNV-Párnica, príprava vysielača, testy, produkcia*
- *18-25. jún 2019, produkcia*
- *26. jún 2019, produkcia, demobilizácia Párnica-SNV*
- *júl 2019, data pre-processing, processing, interpretácia*

KORAL:
Vincent KULTAN – projekt manažér

Slavomír DANIEL- senior geofyzik

1. Vysielač

1.1 Základné informácie

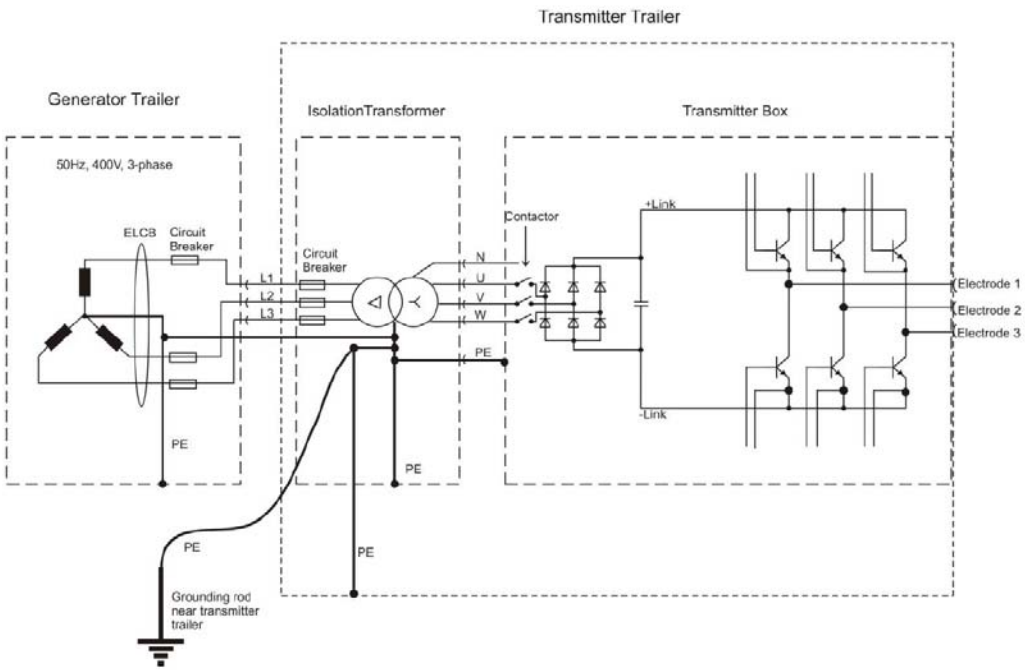
TXM-22 je viacúčelový geofyzikálny vysielač. Je používaný v spojení s TXB-07 kontrolérom vysielača.

Vysielač používa frekvenčný rozsah 0.001 Hz do 8192 Hz. Výstupný prúd je regulovateľný a môže dosiahnuť maximálne hodnoty +- 40A. Nominálne výstupné napätie je +-560V.

TXM-22 je napájaný 50Hz 3-phase, 400 V motor generátorom.

Výstupným prúdom sú napájané tri elektródy čo umožňuje rotovať prúdový vektor do ľubovoľného smeru.

TXB-07 je synchronizovaný s prijímačom pomocou GPS času a je programovaný počítačom.



Obr.č..1 Blok diagram vysielača

1.2. Bezpečnosť na vysielači

- *TXM-22 bol prevádzkovaný vyškolenými pracovníkmi kvalifikovanými pre prácu s elektrickými zariadeniami*
- *Medzi zdrojom prúdu a TXM22 bol použitý izolačný transformátor*
- *Všetky elektrické komponenty boli uzemnené*
- *Všetky elektródy a káble boli počas celej produkcie strážené vyškolenými pracovníkmi*
- *Motor generátor bol prevádzkovaný vyškoleným personálom*

1.3 Konfigurácia elektród

Použitá bola trojuholníková konfigurácia elektród. Všetky elektródové hniezda pozostávali z 5-8 uzemnených elektród. Pre zníženie prechodového odporu boli elektródy zalievané slanou vodou.

1.4 Vysielanie signálu

Vysielanie signálu bolo naprogramované v job liste. Po celý čas prieskumu bol používaný len jeden joblist (s výnimkou vynechania frekvencie 4Hz pre body v menšej vzdialenosti od vysielača).

1.4.1 Základné frekvencie

Základné frekvencie definujú signálové frekvencie výstupného signálu.

Použité frekvencie: 4Hz, 8Hz, 16Hz, 32Hz, 64Hz, 128HZ, 256, Hz, 512HZ, 1024HZ, 2048Hz, 4096HZ, 8192HZ.

1.4.2 Počet iterácií

Počet iterácií definuje počet opakovaní vlnovej periódy výstupného signálu

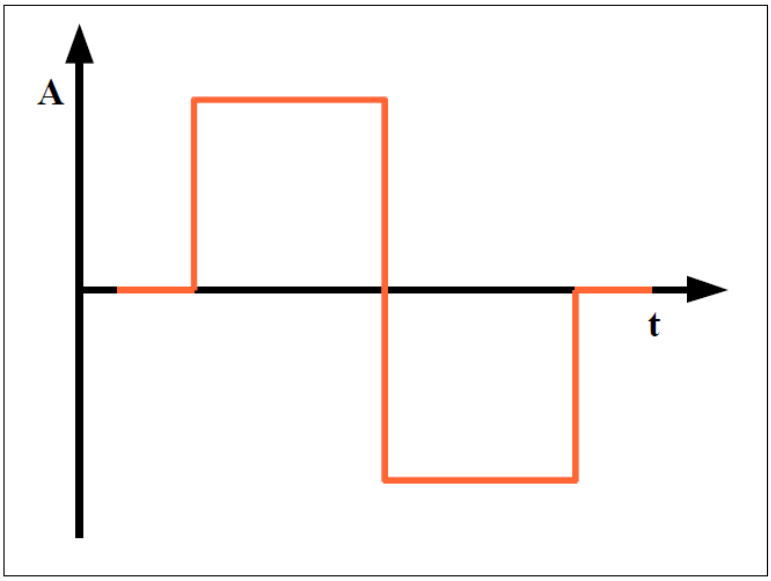
V job liste sme použili rôzny počet iterácií pre každú frekvenciu. Počet iterácií sme nastavili tak, aby bol dosiahnutý čo najlepší pomer medzi produkčným signálom a šumom.

1.4.3 Uhol prúdového vektora

Pri nastavenie uhlu prúdového vektora sme vychádzali z uhlového testu. Uhol prúdový vektora sme použili 15° a -75°, pre ortogonálny systém merania.

1.4.4 Tvar vlny

Pre meranie bol použitý tvar – DefaultRec.



1.4.4 Maximálny prúd

Maximálny prúd bol 25 A. Uzemňovací odpor elektród bol od 13-24 Ohmm.

2. Základné testy

Pred začatím samotnej produkcie boli vykonané základné testy

- *Test uzemnenia elektród a maximálnych prúdov*
- *Signálový test – na prítomnosť signálu na meracích elektródach – frekvencia 128Hz*
- *Uhlový test – pre najlepšiu orientáciu prúdového vektora – použitý bol 15° stupňový krok*

3. Produkcia

3.1 Job list

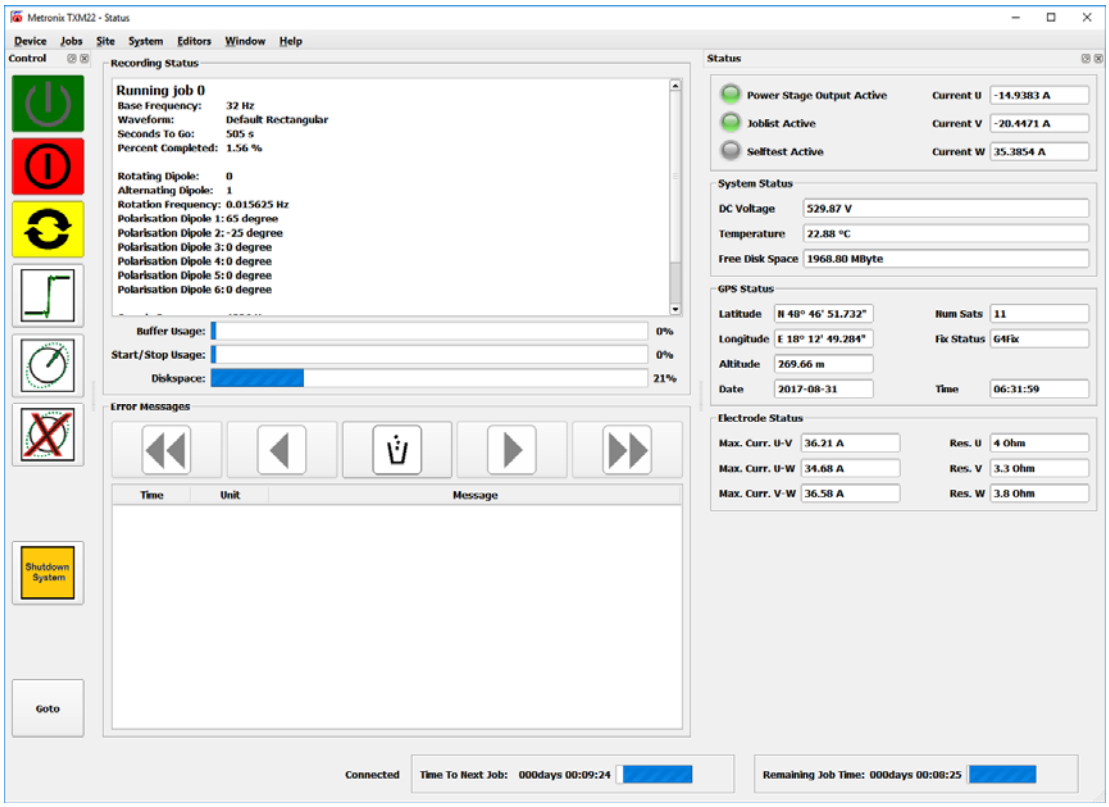
Použitý bol štandardný job list s frekvenciami 4-8192 Hz..

DURATION_tm	Duration_cycl	FREQ	DIPOLE-time	DIPOLE-cycle	ITERATION	Sample fr.
0:17:05	1024.00	**4**	64	8	4096	128
0:17:05	1024.00	**8**	64	8	8192	256
0:08:33	512.00	**16**	64	4	8192	512
0:08:33	512.00	**32**	64	4	16384	1024

0:04:17	256.00	**64**	32	4	16384	2048
0:04:17	256.00	**128**	32	4	32768	4096
0:04:17	256.00	**256**	32	4	65536	8192
0:04:17	256.00	**512**	32	4	131072	16384
0:02:41	160.00	**1024**	16	5	163840	32768
0:02:41	160.00	**2048**	16	5	327680	65536
0:02:41	160.00	**4096**	16	5	655360	65536
0:02:41	160.00	**8192**	16	5	1310720	65536

3.2 Monitorovanie vysielacieho signálu

Všetky parametre vysielacieho signálu boli počas celej produkcie monitorované pracovníkmi Koralu na pripojenom počítači. Prúdový signál nebol ukladaný do pamäti prístroja, keďže nie je používaný pre spracovanie vo far zóne.



4. Príjmač, meranie

4.1 Základné informácie

Technická špecifikácia:

- *2 ks. ADU07e príjmač, Ser. No. 221, 282*
- *magnetické sondy MFS-07e, MFS-06e*

pre viac detailov pozri: https://www.metronix.de/metronixweb/en/geophysics/products/sensors/msf-07e/

Operátor:

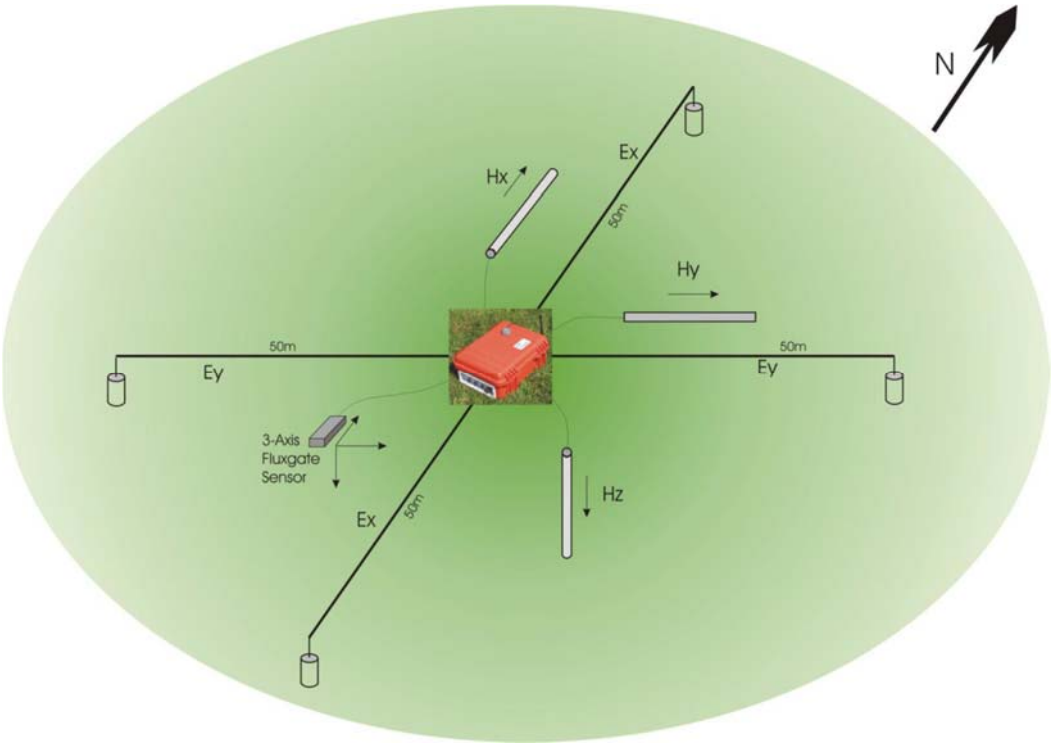
Vincent KULTAN, Adam GRAND

4.2 Pozícia meraných bodov

Body boli vyznačené po konzultácii s objednávateľom pomocou GPS Garmin. Zameranie jednotlivých meracích bodov v teréne bolo realizované internou anténou meracieho prístroja ADU07e, Metronix GmbH.

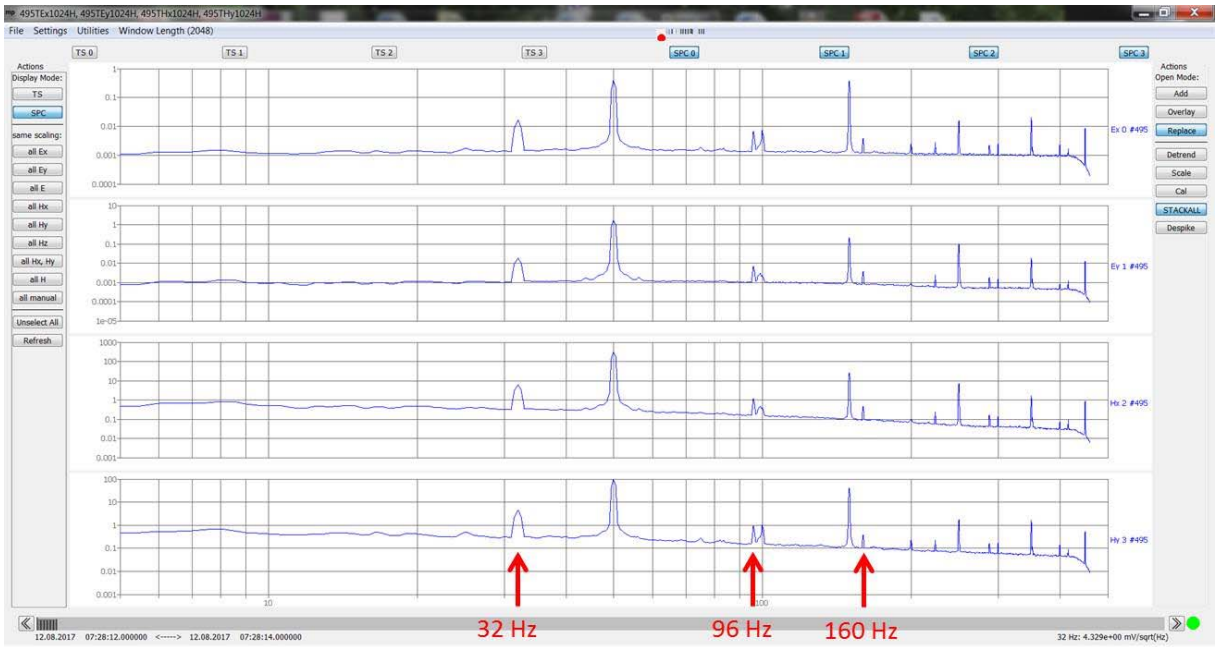
4.3. Nastavenie príjmača

- *Štandartné nastavenie a konfigurácia príjmača*
- *Konfigurácia elektrických son -25, +25 m SJ a VZ bola použitá*
- *<u>Úplný selftest bol použitý na začiatku meraní, neskôr Fast unified selftest</u>*
- *výsledky selftestu boli skontrolované pred začiatkom merania*
- *AutoGain AutoOffset bol spustený*

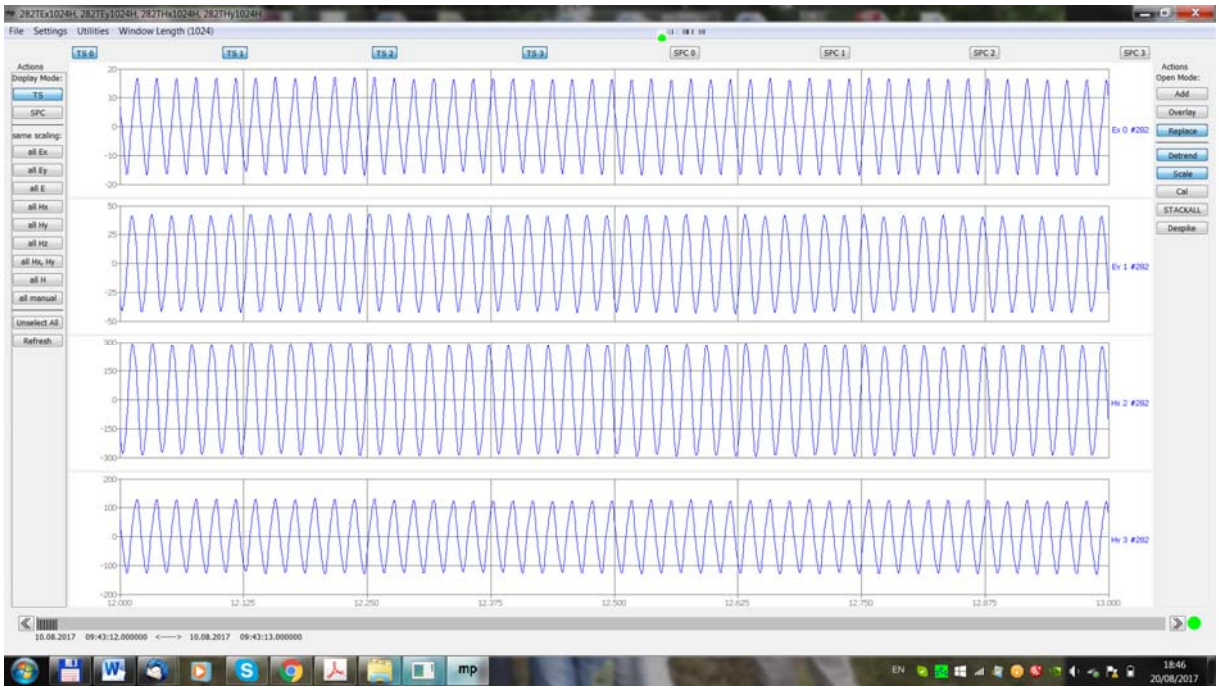


Konfigurácia príjmača

4.4 SIGNAL



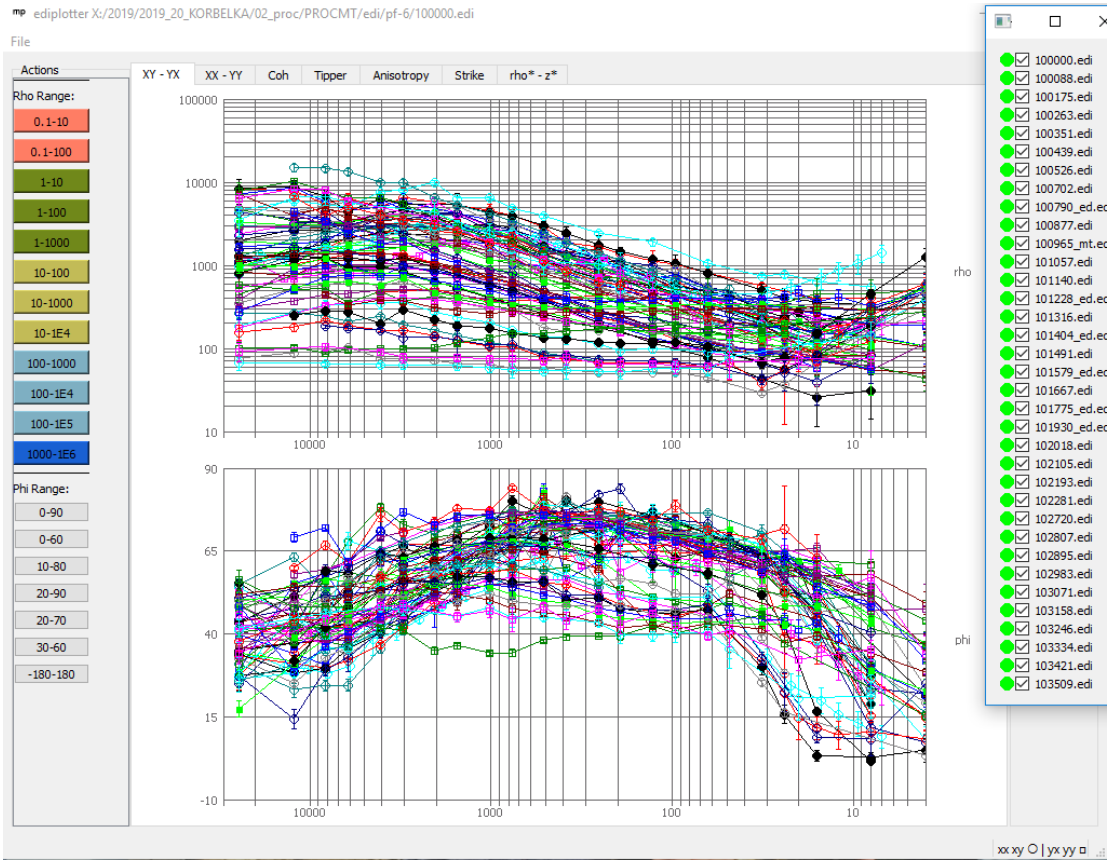
Signál vysiealča TXM na frekvencii 32 Hz



Time series

5. Data pre-processing a edi súbory

- *použitých ProcMT software, Metronix a.g.*
- *štandartné procedúry spracovania*
- *tvorba edi súborov median, stack_all*



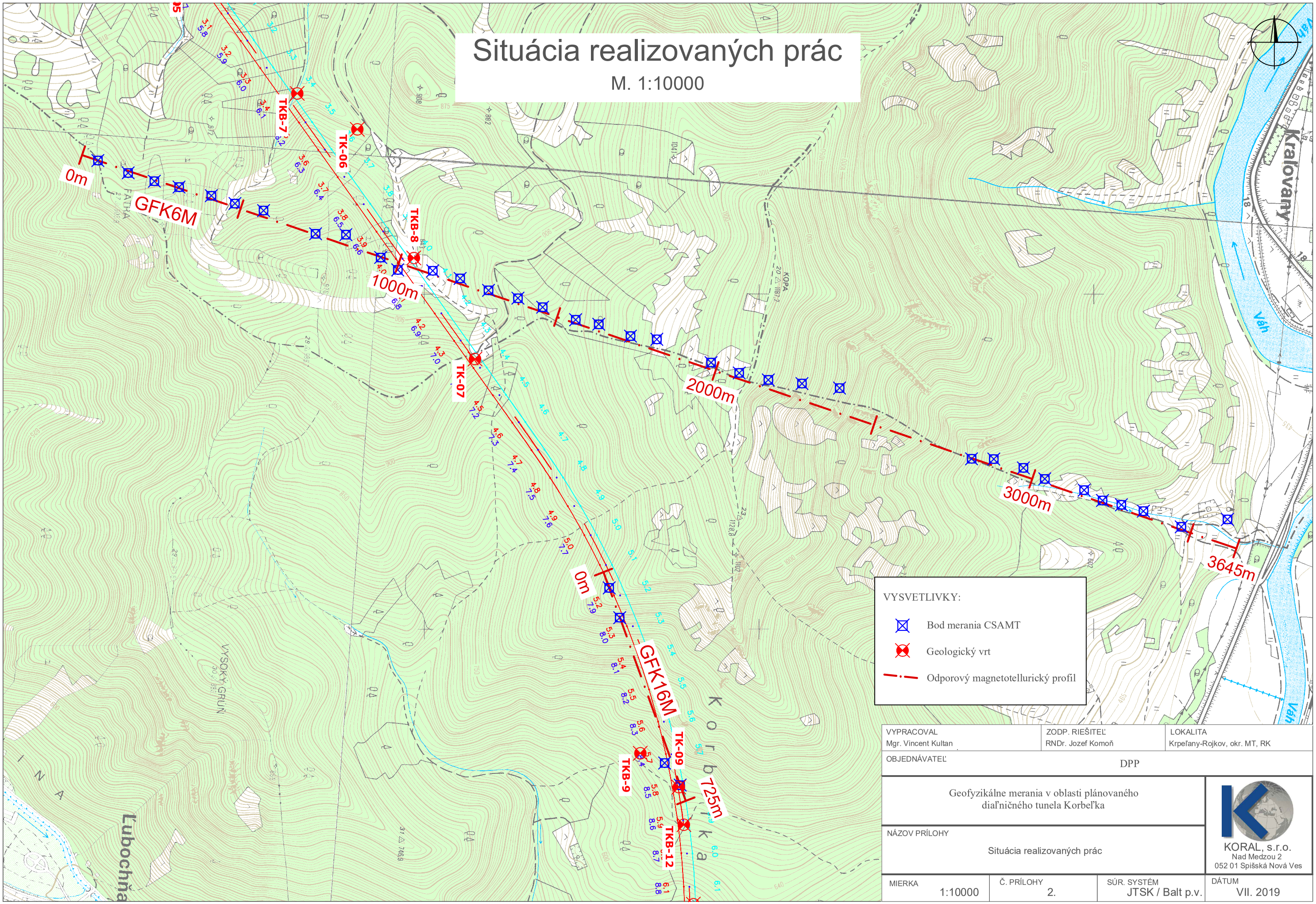
Edi súbory vyprodukované z nameraných dát

6. Inverzia a tvorba inverzných odporových profilov

- *použitý software ZondMT2d*
- *Static shift, rotácia dát*
- *smooth faktor*
- *inverzia spracovaná Dr. Alex Kaminski*
- *spracované inverzné modely sú zobrazené v mierke 1:10.000 vo forme odporových profilov*

Situácia realizovaných prác

M. 1:10000

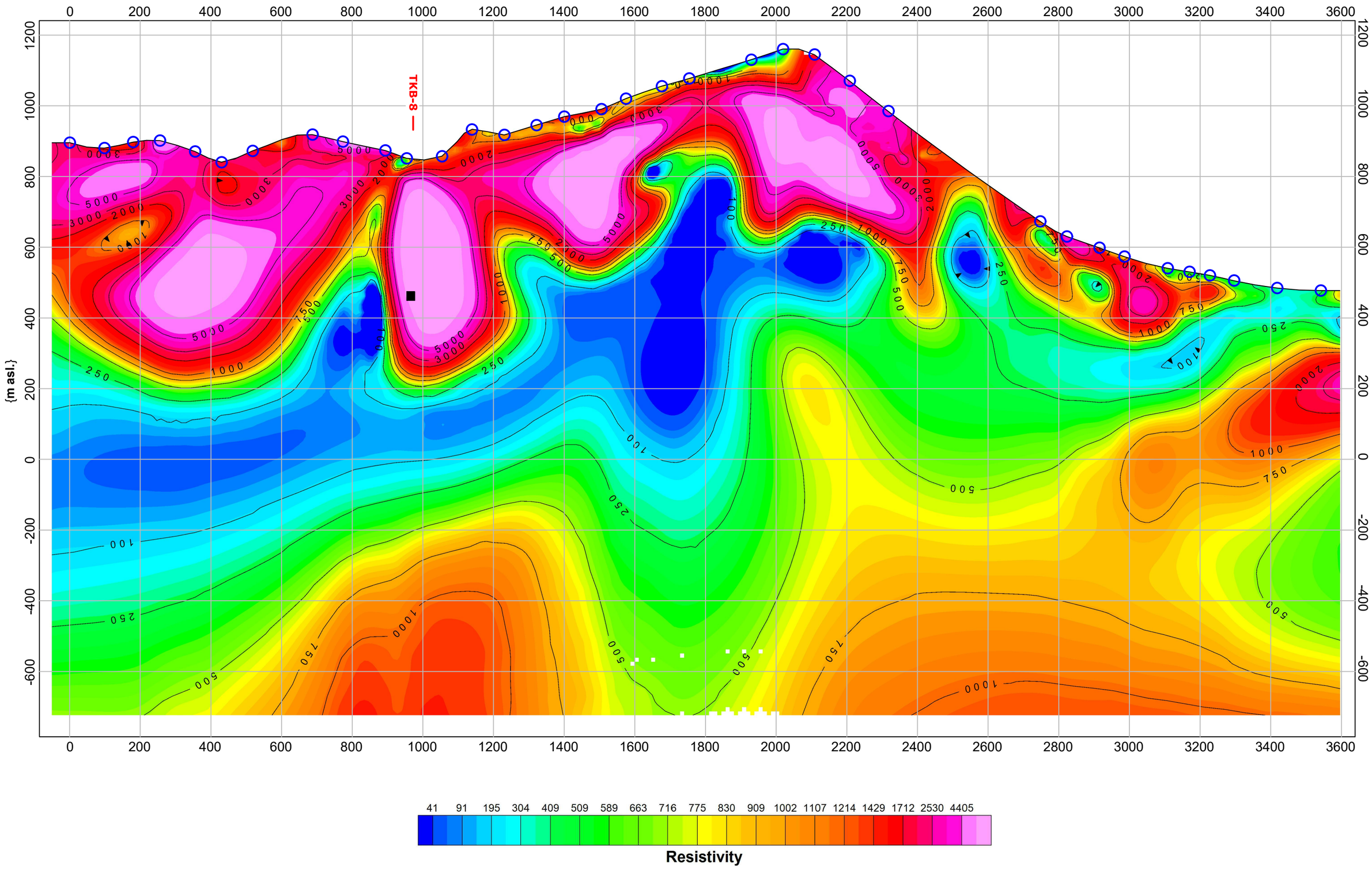


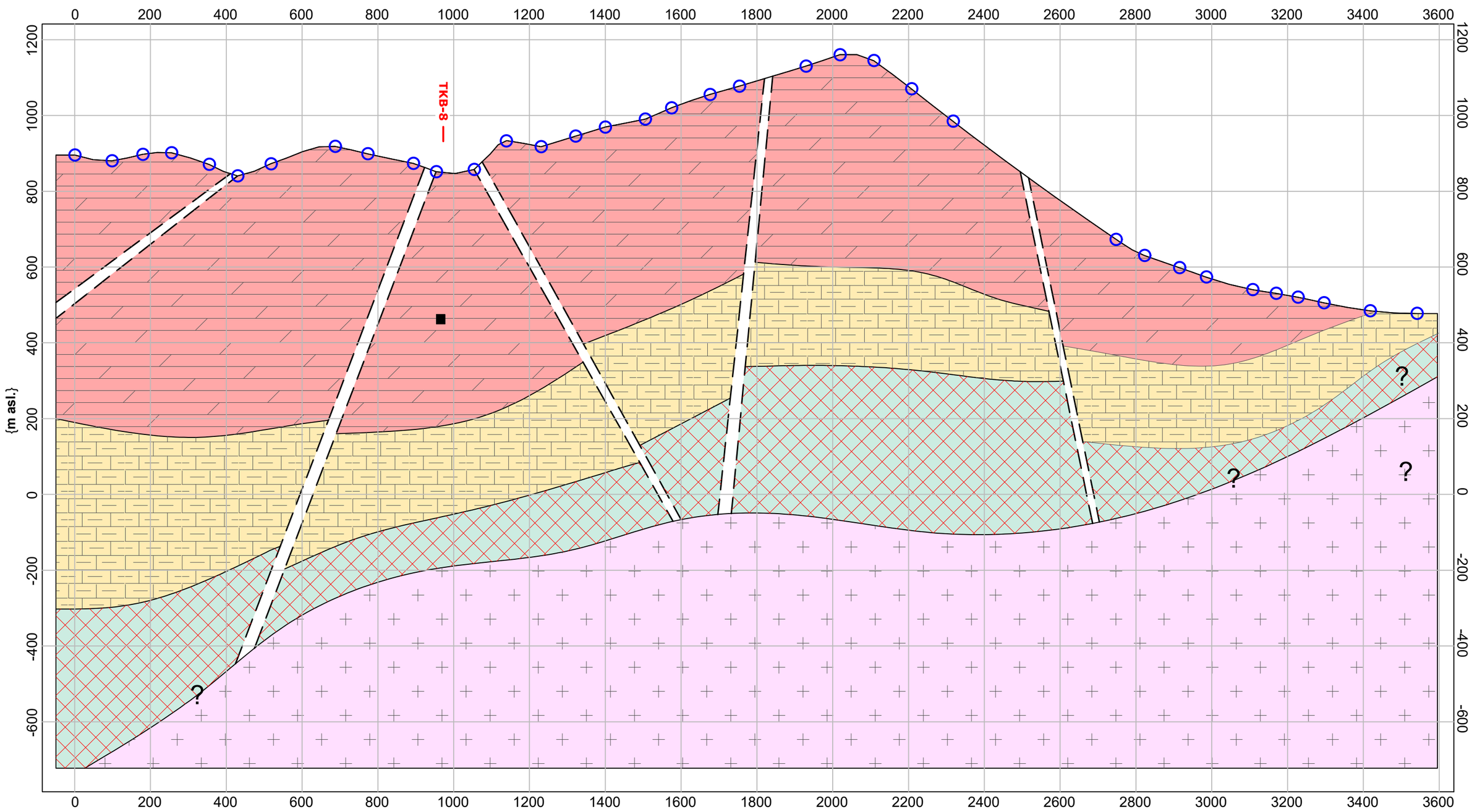
VYPRACOVAL Mgr. Vincent Kultan	ZODP. RIEŠITEĽ RNDr. Jozef Komoň	LOKALITA Krpeľany-Rojkov, okr. MT, RK
OBJEDNÁVATEĽ DPP		
Geofyzikálne merania v oblasti plánovaného diaľničného tunela Korbeľka		KORAL, s.r.o. Nad Medzou 2 052 01 Spišská Nová Ves
NÁZOV PRÍLOHY Situácia realizovaných prác		

MIERKA	Č. PRÍLOHY	SÚR. SYSTÉM	DÁTUM
1:10000	2.	JTSK / Balt p.v.	VII. 2019

Magnetotellurický a interpretovaný profil GFK6M

M. 1:10.000





VYSVETLIVKY:

- Komplex vápencov a dolomitov
- Slieňovité bridlice, slieňovce, slienité vápence
- Hrubozrnné vápence, hranice vrstvy sú predpokladané.
- Kryštalinikum, pravdepodobne granity, granodiority. Hranice vrstvy sú predpokladané.
- Tektonika
- Bod meranie CSAMT
- TKB-8 Geologický vrt
- Plánovaný tunel

VYPRACOVAL	ZODP. RIEŠITEĽ	LOKALITA
Mgr. Vincent Kultan, Dr. Alexander Kaminski Mgr. Michal Kubiš PhD.	RNDr. Jozef Komoň	Korbeľka, okr. Ružomberok, Martin

OBJEDNÁVATEĽ: DPP Žilina s.r.o., Kominárska 2,4, 831 04 Bratislava

Geofyzikálne merania v oblasti plánovaného diaľničného tunela Korbeľka

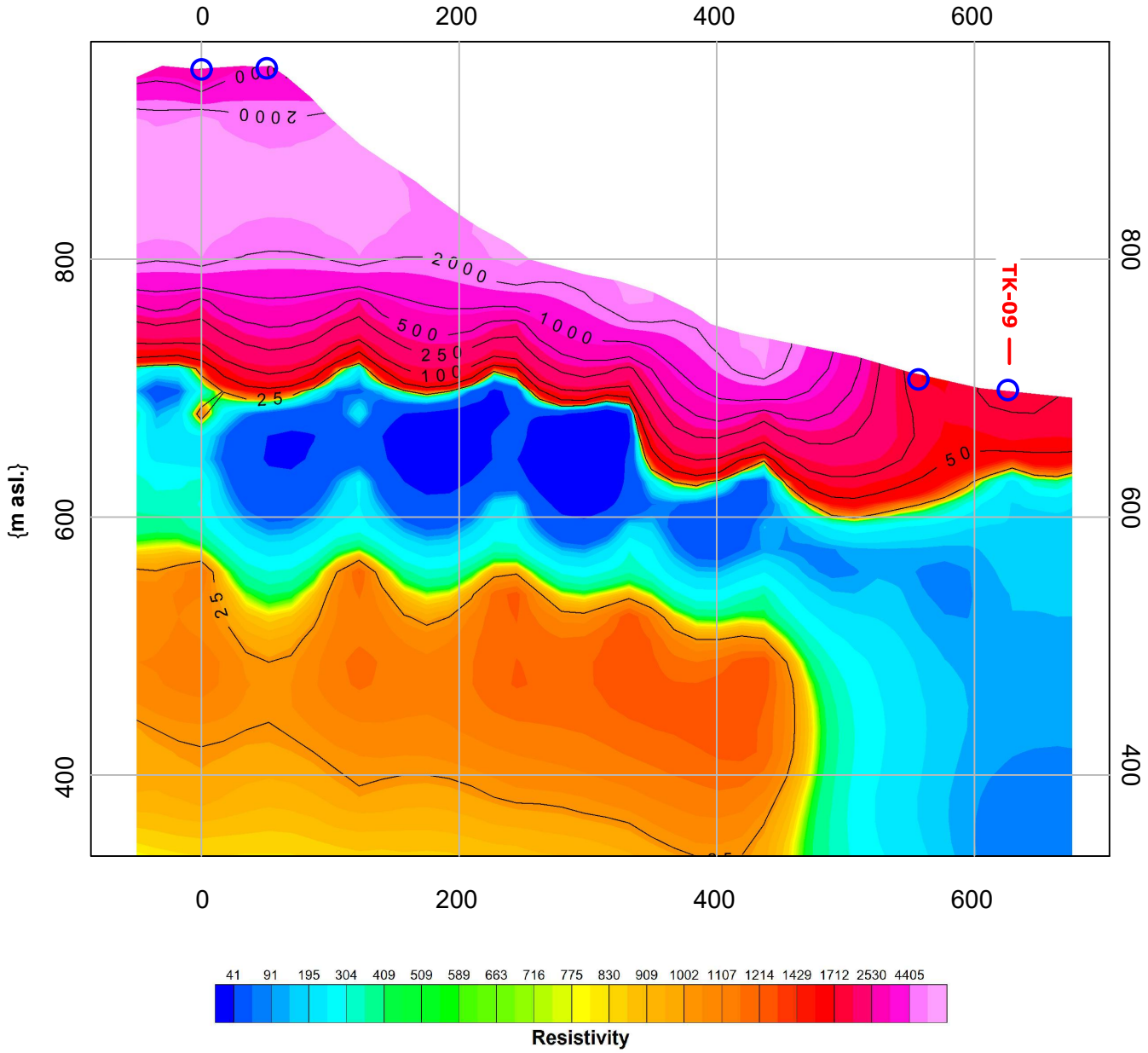
NÁZOV PRÍLOHY: Magnetotellurický a interpretovaný profil GFK6M

KORAL, s.r.o.
Nad Medzou 2
052 01 Spišská Nová Ves

MIERKA	Č. PRÍLOHY	SÚR. SYSTÉM	DÁTUM
1:10.000	3.1	JTSK / Balt p.v.	VII. 2019

Geofyzikálny profil GFK16M

M. 1:5000



VYSVETLIVKY:

Bod meranie CSAMT

TKB-8 Geologický vrt

VYPRACOVAL	ZODP. RIEŠITEĽ	LOKALITA
Mgr. Vincent Kultan, Dr. Alexander Kaminski	RNDr. Jozef Komoň	Korbeľka, okr. Ružomberok, Martin

OBJEDNÁVATEĽ: DPP Žilina s.r.o., Kominárska 2,4, 831 04 Bratislava

Geofyzikálne merania v oblasti plánovaného diaľničného tunela Korbeľka

NÁZOV PRÍLOHY

Magnetotellurický profil GFK16M

KORAL, s.r.o.
Nad Medzou 2
052 01 Spišská Nová Ves

MIERKA	Č. PRÍLOHY	SÚR. SYSTÉM	DÁTUM
1:5000	3.2	JTSK / Balt p.v.	VII. 2019