

Sanace tělesa železničního spodku Hájek – Dalovice – doplňkový IGP

# **Závěrečná zpráva o geofyzikálním měření v blízkém okolí TÚ Hájek – Dalovice v km 179.980 až 180.490**

**ČÍSLO ZAKÁZKY: 21.0171.223Z25**

**Září 2021**



**Identifikace zakázky:**

Název zakázky: **Hájek – Dalovice, sanace tělesa železničního spodku – dopl. IGP**

Číslo zakázky: **21.0171.223Z25**

Objednatel: **Správa železnic, státní organizace**

Dlážděná 1003/7

Praha 1 - Nové Město

PSČ 110 00

Stav zpracování: **Čistopis**

Zhotovitel: **SG Geotechnika a.s.**

Geologická 988/4

152 00 Praha 5

Česká republika

T: +420 234 654 111

V Praze dne: 10.9.2021

Jméno:

Podpis:

Zpracovali: Mgr. Milan Hrutka

RNDr. Jiří Nedvěd

Schválili: RNDr. Jiří Nedvěd

Ing. Petr Kučera

Ředitel společnosti

## Obsah

<b>1. Úvod.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Metodika měření a zpracování .....</b>	<b>5</b>
2.1 Elektrická odporová tomografie (ERT).....	5
2.2 Mělká refrakční seismika (MRS).....	6
<b>3. Výsledky měření.....</b>	<b>7</b>
3.1 Elektrická odporová tomografie (ERT).....	7
3.2 Mělká refrakční seismika (MRS).....	8
<b>4. Závěr .....</b>	<b>10</b>

## Grafická a přílohová část:

<i>Tab. 1: Charakteristika jednotlivých geofyzikálních profilů.....</i>	<i>4</i>
<i>Tab. 2: Seznam anomálních míst dle měření ERT.....</i>	<i>8</i>
<i>Tab. 3: Charakteristika podložních hornin v závislosti na seismických rychlostí.....</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 1: Situace geofyzikálních profilů.....</i>	<i>5</i>

Příloha 1: Korelační interpretační schéma geofyzikálních prací

Příloha 2: Interpretace geoelektrických řezů ERT a rychlostního řezu MRS

Příloha 3: Půdorysné řezy ERT v různých hloubkových úrovních pod terénem

## 1. Úvod

Na základě objednávky státní organizace Správa železnic byl proveden geofyzikální průzkum v okolí traťového úseku Hájek - Dalovice v km 179,980 – 180,490.

Účelem geofyzikálního průzkumu je ověření, zda se nejedná o sesuvné území a vytvoření případných podkladů pro stabilitní výpočty. Dále má geofyzikální průzkum pomoci při lokalizaci zvodnění a přispět ke zjištění možných vodních cest z bezodtokového rybníčku a ověřit vodní poměry na obou stranách v blízkém okolí železničního tělesa.

Vodní poměry území jsou řešeny geofyzikálními profily GF1, GF2 a GF3, které byly proměřeny elektrickou odporovou tomografií (ERT), a jsou vedeny ve východo - západním směru o délkách 485 m, 480 m a 420 m.

Pro případný popis sesuvu je navržen profil GF4 o délce 470 m, na kterém bylo provedeno jak měření elektrickou odporovou tomografií (ERT), tak i měření mělkou refrakční seismikou (MRS). Tento profil byl navržen od železničního tělesa severo - východním směrem.

Geometrie měření byla zvolena tak, aby byl dosažen teoretický hloubkový dosah metody ERT cca 30 m a hloubkový dosah metody MRS cca 20 m.

Na Obr. 1 je vynesena situace geofyzikálních profilů.

Koncové body všech profilů byly zaměřeny geodeticky totální stanicí a nadmořské výšky povrchu terénu v místě profilů byly odečteny z digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G).

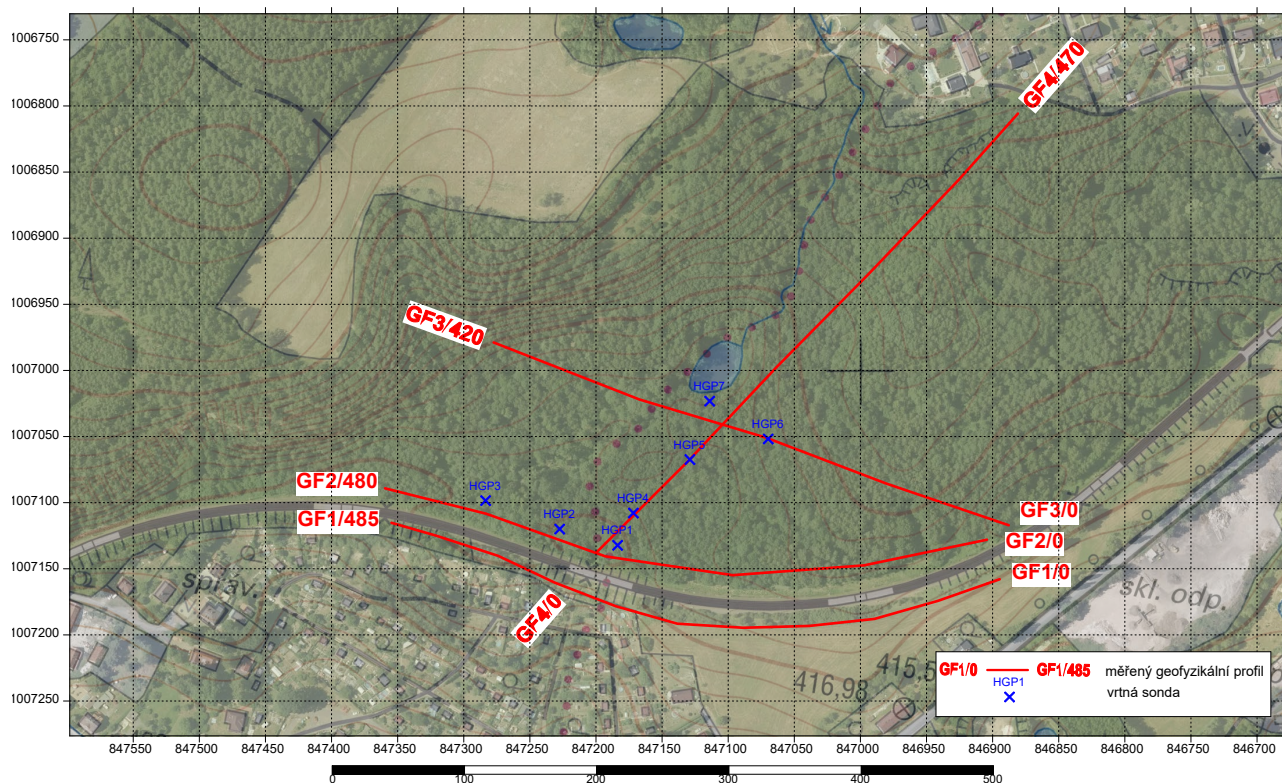
Terénní práce byly provedeny ve dnech od 8.6.2021 do 11.6.2021.

Délky a využití geofyzikální metody na jednotlivých profilech jsou uvedeny v Tab. 1.

<b>Geofyzikální profil</b>	<b>využité metody</b>	<b>délka profilu</b>
<b>GF1</b>	ERT	485 m
<b>GF2</b>	ERT	480 m
<b>GF3</b>	ERT	420 m
<b>GF4</b>	ERT, MRS	470 m

*Tab. 1: Charakteristika jednotlivých geofyzikálních profilů*





Obr. 1: Situace geofyzikálních profilů

## 2. Metodika měření a zpracování

### 2.1 Elektrická odporová tomografie (ERT)

Použití metody ERT je účelné pro získání informací o rozložení měrných odporů jak v horizontálním, tak i ve vertikálním směru. Měření bylo řízeno automatickou multielektrodovou aparaturou a probíhalo pomocí stabilně rozloženého systému elektrod, které byly střídavě používány jako zdrojové a měřicí s geometrickým uspořádáním Wenner-Schlumberger.

Geoelektrické měření metodou ERT bylo provedeno na všech čtyřech geofyzikálních profilech (GF1 až GF4) s rozstupem elektrod 5 m o celkové délce 1855 m. Hloubkový dosah na všech profilech dosahoval cca 35 m.

K měření byla použita digitální geofyzikální aparatura ARES II, společně s multielektrodovým kabelovým systémem (fy. GF Instruments a.s.).

S využitím softwarového programu Res2Dinv byly sestrojeny geoelektrické řezy invertovaných odporů jak ve formě geoelektrických profilových řezů, tak i ve formě geoelektrických plošných map.

Profilové zpracování dává představu o rozložení měrných elektrických odporů na jednotlivém profilu v závislosti na hloubce. Půdorysné geoelektrické řezy oproti tomu zobrazují rozložení měrných elektrických odporů pod všemi proměřovanými profilem v různých hloubkových úrovních.

Toto odporové pole je obrazem materiálového složení a výsledky měření vypovídají o heterogenitě odporových poměrů zkoumaného prostředí.

## **2.2 Mělká refrakční seismika (MRS)**

Seismické měření na lokalitě mělo za úkol vymapovat mocnost pokryvných útvarů, zjistit hloubku a morfologii refrakčního rozhraní (horninového podloží) a získat informace o stavu porušení horninového podkladu směrem do hloubky a vymezit tak poruchové oblasti a poruchové zóny, na které by mohlo být vázáno zvodnění. Seismické měření v zájmové lokalitě bylo provedeno na jednom 470 m dlouhém profilu GF4.

Pro seismická měření (MRS) byla použita aparatura Geode (fy. Geometrics Ltd.) se zapojením 48 geofonů po 5 m. Seismické vlnění bylo buzeno údery kladiva na železnou podložku a to ve 20 metrových intervalech.

Naměřená data byla následně zpracována v programu Reflexw. Nejprve byly odečteny časy prvního nasazení, z kterých byly vykresleny tzv. hodochrony. Následně z těchto hodochron byly spočteny rychlosti přímé vlny - charakterizující pokryvné útvary, hraniční rychlosti - charakterizující refrakční rozhraní, hloubky pro tyto hraniční rychlosti a rychlosti horninového prostředí - tzv. rychlosti v maximální hloubce průniku seismického paprsku, které určují stupeň porušení a zvětrání horninového prostředí v závislosti na hloubce.

Ze spočtených seismických rychlostí a hloubek byl v programu Surfer (fy. Golden Software) sestrojen rychlostní řez. V tomto seismickém řezu jsou uvedeny zjištěné hodnoty seismických rychlostí pro dané hloubky. Závislost seismických rychlostí na hloubce a stupni zvětrání je znázorněna pomocí izolinií rychlostí (izotach). Nárůst seismických rychlostí s hloubkou odráží klesající stupeň porušení podložních hornin. Seismické rychlosti mimo stupně celkového porušení a zvětrání rovněž závisí na stupni nasycení horninového prostředí podzemní vodou. Pukliny a póry nasycené vodou zvyšují seismické rychlosti oproti horninového prostředí s puklinami a póry vyplněnými pouze vzduchem.

## 3. Výsledky měření

### 3.1 Elektrická odporová tomografie (ERT)

Geofyzikální měření ERT rozčlenilo podložní horniny podle jejich geoelektrických vlastností na základě naměřeného měrného elektrického odporu. Na proměřovaných geoelektrických profilech byly zaznamenány jak velmi nízké hodnoty měrných elektrických odporů pod 10  $\Omega\cdot\text{m}$ , tak i vysoké hodnoty přesahující 500  $\Omega\cdot\text{m}$  viz Příloha 2 a Příloha 3.

Podložní horniny lze podle naměřeného měrného elektrického odporu rozčlenit na jílovité horniny s odpory do cca 10  $\Omega\cdot\text{m}$ , na prachovité jílovce s odpory od cca 10  $\Omega\cdot\text{m}$  do cca 50  $\Omega\cdot\text{m}$ , na prachovité jílovce s písčitou příměsí s možnými polohami uhlí s odpory od cca 50  $\Omega\cdot\text{m}$  do cca 150  $\Omega\cdot\text{m}$  a na polohy písčité s odpory nad 150  $\Omega\cdot\text{m}$ .

Na geoelektrických řezech byly zachyceny převážně nízké měrné elektrické odpory, tedy spíše jílovité podložní horniny. Vyšší měrné elektrické odpory nad cca 150  $\Omega\cdot\text{m}$  písčitéjších materiálů byly zachyceny především v přípovrchové vrstvě. Tyto polohy se vyskytují i v podloží, a to i ve značných hloubkách. Tyto písčité polohy by mohly být možnými kolektory a cestami podzemní vody.

Vyšší měrné elektrické odpory v přípovrchové vrstvě byly zachyceny na profilu GF1 od profilového staničení cca 235 m do profilového staničení cca 275 m, od staničení cca 300 m do staničení cca 330 m a od staničení cca 365 m do konce profilu (485 m), na profilu GF2 od staničení cca 180 m do staničení cca 285 m, od staničení cca 330 m do staničení cca 370 m a od staničení cca 425 do staničení cca 455 m (s možným pokračováním až ke konci profilu), na profilu GF3 od staničení cca 90 m do staničení cca 255 m a od staničení cca 280 m do staničení cca 360 m a na profilu GF4 od staničení cca 10 m do staničení cca 75 m, od staničení cca 115 m do staničení cca 325 m a od staničení cca 365 m do staničení cca 425 m. Tyto přípovrchové anomální projevy vyšších měrných odporů jsou shrnuty v Tab. 2. Vyšší měrné elektrické odpory této vrstvy jsou zřetelné i z plošného pracování ERT převážně do hloubkové úrovně cca 10 m, v některých místech dosahují i do hloubkové úrovně 15 m až 20 m jako např. u profilu GF3 kolem staničení cca 240 m. Největší plošný rozsah je zaznamenán do hloubky cca 4 m. Vymezení této plochy je dáno rozsahem profilů, tzn. mezi měřeními profily informace nejsou a jen se předpokládá pokračování těchto anomálií mimo tyto profily.

Na profilu GF4 byly zachyceny dvě samostatné polohy vyšších měrných odporů v hloubce kolem 20 m. Tyto polohy jsou zaznamenány od staničení cca 30 m do staničení cca 105 m a od staničení cca 235 m do staničení cca 285 m viz Tab. 2. U těchto písčitých poloh kolem 20 m není vyloučena komunikace podzemní vody s písčitými polohami v přípovrchové vrstvě.

Vyšší měrné elektrické odpory odpovídající písčitému nebo písčitéjšímu polohám byly zachyceny i ve větších hloubkách v podloží. Nejvýznamnější tyto polohy byly zaznamenány na profilu GF1 od staničení cca 135 m do staničení cca 170 m a od staničení cca 270 m do staničení cca 315 m, na profilu GF2 od staničení cca 130 m do staničení cca 190 m a od staničení cca 270 m do staničení cca 310 m, na profilu GF3 od staničení cca 105 m do staničení cca 155 m a od staničení cca 330 m do staničení cca 390 m a na profilu GF4 od staničení cca 120 m do staničení cca 150, od staničení cca 180 m do staničení cca 220 m a od staničení cca 325 m do staničení cca 370 m. I tyto anomálie jsou shrnuty v Tab. 2. Z plošného zpracování ERT z hloubkové úrovně cca 37 m je zřetelné umístění těchto anomálií. I zde je potřeba dbát zřetel, že výsledné vymezení těchto poloh je dáno korelací výsledků jen mezi změřenými profily. Nepředpokládá se, že případné zvodnění těchto poloh, by mělo být výrazně ovlivněno zvodněním přípovrchových písčitéch poloh.

Výsledné vymezení přípovrchových poloh vyšších měrných odporů nad cca 150  $\Omega \cdot m$ , tak i vymezení poloh vyšších měrných odporů pod touto vrstvou, ale i ve větší hloubce je znázorněno na Příloze 1.

Geofyzikální profil	vyšší odpory v přípovrchové vrstvě	vyšší odpory v hloubce kolem 20 m	vyšší odpory ve větších hloubkách
<b>Profil GF1</b>	235 - 275 m, 300 - 330 m, 365 - 485 m	-----	135 - 170 m, 270 - 315 m
<b>Profil GF2</b>	180 - 285 m, 330 - 370 m, 425 - 455 m	-----	130 - 190 m, 270 - 310 m
<b>Profil GF3</b>	90 - 255 m, 280 - 360 m	-----	105 - 155 m, 330 - 390 m
<b>Profil GF4</b>	10 - 75 m, 115 - 325 m, 365 - 425 m	30 - 105 m, 235 - 285 m	120 - 150 m, 180 - 220 m, 325 - 370 m

Tab. 2: Seznam anomálních míst dle měření ERT

### 3.2 Mělká refrakční seismika (MRS)

Seismické měření bylo provedeno na geofyzikálním profilu GF4, který byl navržen od železničního tělesa severo - východním směrem o celkové délce 470 m. Výsledný rychlostní řez je zobrazen spolu s geoelektrickými řezy na Příloze 2.

Nízkorychlostní vrstva, která charakterizuje pokryvné útvary, byla zjištěna od mocností cca 2 m do mocností cca 7 m. Tyto pokryvné útvary mají seismické rychlosti kolem 500  $m \cdot s^{-1}$  a jsou převážně tvořeny hlínou, pískem nebo písčitém jílem. Pod touto nízkorychlostní vrstvou bylo zachyceno refrakční rozhraní, pod kterým se nachází ještě cca 1 m až cca 6 m mocná vrstva silně porušených hornin se seismickými rychlostmi do 1000  $m \cdot s^{-1}$ . Největší mocnosti této vrstvy byly zaznamenány od staničení cca 275 m do staničení cca 400 m. Dále seismické rychlosti do hloubky mírně narůstají až



k rychlostem kolem  $2000 \text{ m.s}^{-1}$ . Tyto rychlosti již charakterizují horniny středně porušené až slabě porušené. V úseku od staničení cca 305 m do staničení cca 380 m je zachycen pokles seismických rychlostí, které v této oblasti nepřesahují seismické rychlosti  $1500 \text{ m.s}^{-1}$ , a který charakterizuje horniny silně porušené. Rozčlenění podložních hornin v závislosti na seismických rychlostech je uvedeno v Tab. 3.

Rychlost seismických vln [ $\text{m.s}^{-1}$ ]	charakteristika horniny	třída pevnosti (ČSN 731001)
< 500	zcela porušená hornina charakteru zeminy	
500 – 1500	silně porušená	R5
1500 – 2000	středně porušená	R4
2000 – 2500	slabě porušená	R3
> 2500	mírně porušená až zdravá	R2/R1

**Tab. 3:** Charakteristika podložních hornin v závislosti na seismických rychlostí

## 4. Závěr

Provedené geofyzikální měření na zájmové lokalitě v okolí železnice Dalovice – Hájek upřesnilo na základě odporových změn prostředí rozložení podložních hornin a na základě seismických rychlostí i jejich mechanickou charakteristiku.

Zpracování geoelektrických dat z měření ERT na všech profilech (GF1 až GF4) bylo provedeno do izoohmických řezů (Příloha 2) i do plošných map v různých hloubkových úrovních (Příloha 3).

Mělká refrakční seismika MRS (profil GF4) byla zpracována do výsledného rychlostního řezu viz Příloha 2.

Popis jednotlivých metod a jejich výstupy jsou popsány v předcházejících kapitolách.

Z geoelektrického měření byly vymapovány vyšší měrné elektrické odpory nad cca 150  $\Omega$ .m, které odpovídají písčitém horninám podloží, a které by mohli být možnými kolektory a cestami podzemní vody.

Tyto polohy vyšších měrných odporů byly zjištěny ve třech úrovních a jejich výsledná interpretace je schematicky vyobrazena na Příloze 1 „Korelační interpretační schéma geofyzikálních prací“.

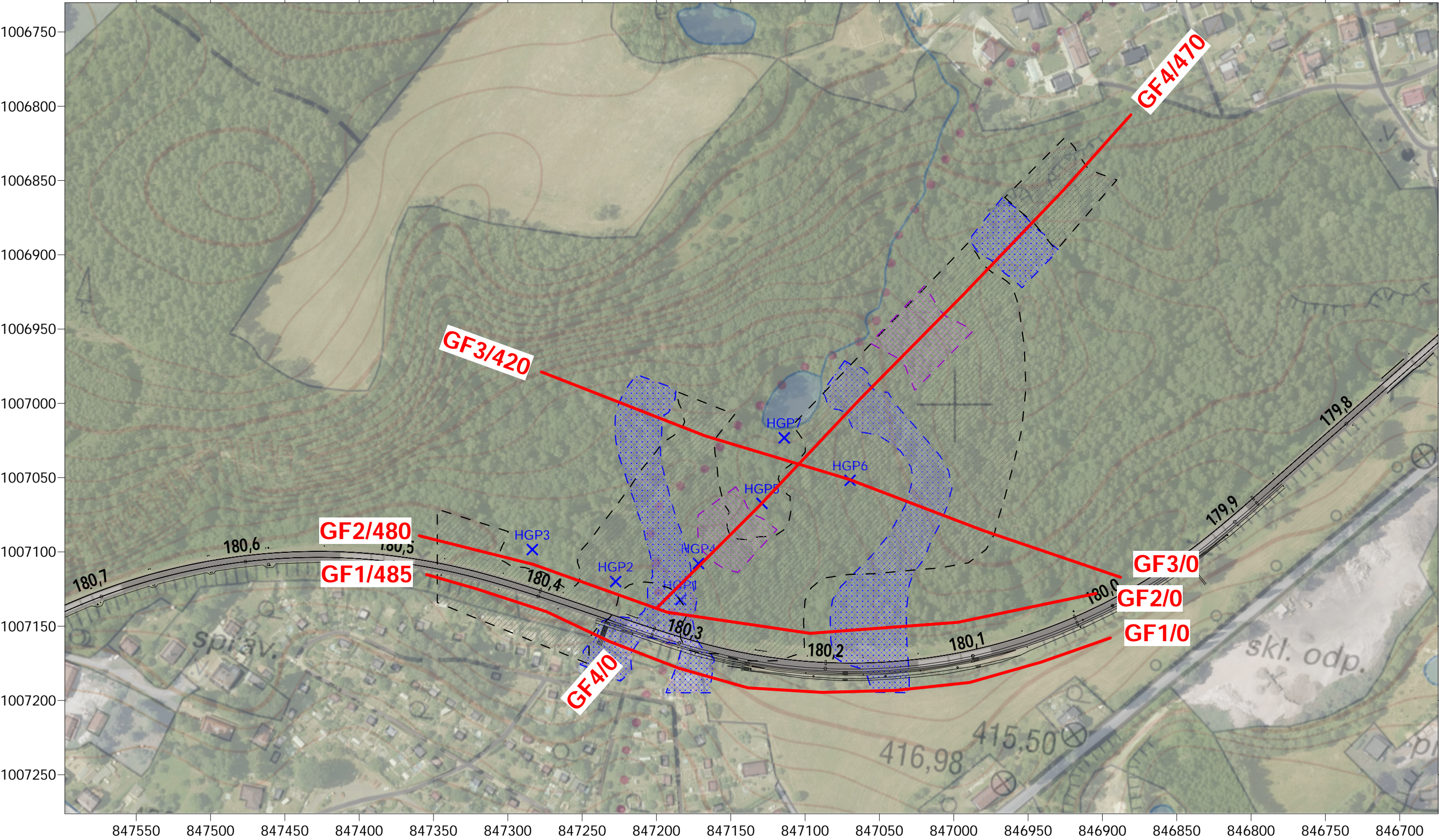
Ze seismického měření byla zjištěna charakteristika podložních hornin a byla zachycena oblast poklesu seismických rychlostí, které odpovídají horninám silně porušeným.

Svrchní vrstva 4 - 6 m má z hlediska fyzikálních parametrů odlišné vlastnosti od podložních vrstev.

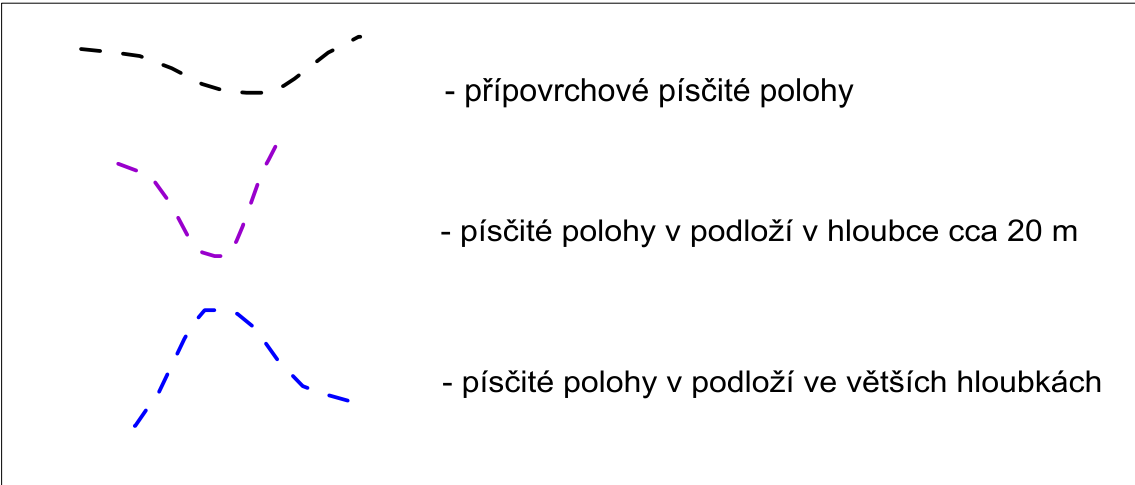
Zvýšené měrné odpory v této vrstvě na profilu GF4 jsou spíše odezvou svrchních písčitých poloh a není jednoznačné, zda se jedná o načechráný materiál sesuvu.

Naměřené geofyzikální hodnoty jsou vztaženy k měřenému profilu a interpretace průběhu rozhraní mezi profily je vytvářena na základě korelace změřených dat na těchto profilech. Věrohodnost interpretace mezi profily je závislá na vzdálenosti profilů resp. jejich hustotě. Geofyzikální měření je metoda nepřímé observace, proto je vhodné její výsledky ověřit technickými pracemi.





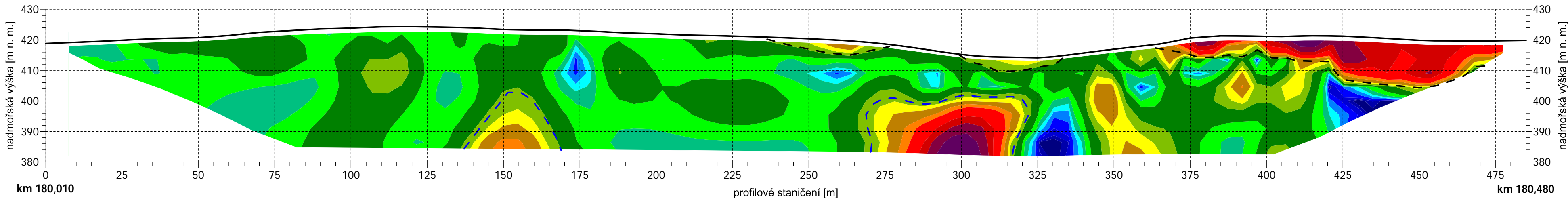
GF1/0 — GF1/485 měřený geofyzikální profil  
HGP1 × vrtná sonada



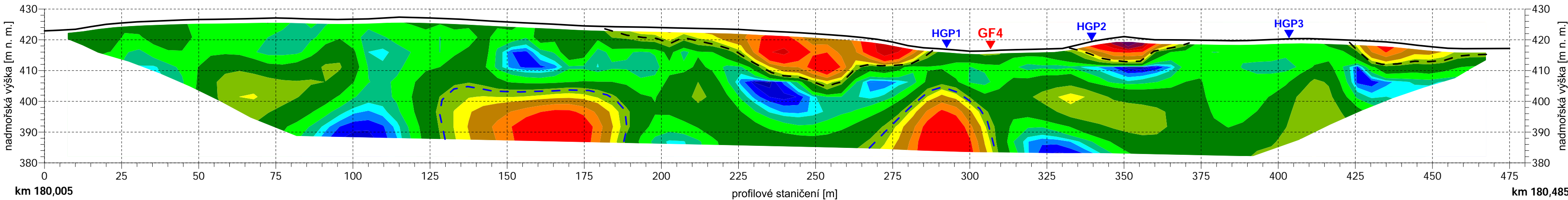
 SG GEOTECHNIKA.		SG Geotechnika a.s. Geologická 988/4, 152 00 Praha 5		
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace, Dílždná 1003/7, Praha 1 - Nové Město, PSČ 110 00			
Název zakázky:	Hájek - Dalovice, sanace tělesa železničního spodku - dopl. IGP			
Číslo zakázky:	Zpracoval:	Schválil:	Měřítko:	Datum:
21.0171.223Z25	Mgr. M. Hrutka	RNDr. J. Nedvěd	1 : 2000	září 2021
<b>Hájek - Dalovice, km 179,980 - 180,490</b> <b>korelační interpretační schéma geofyzikálních prací</b>				Číslo přílohy:
				1



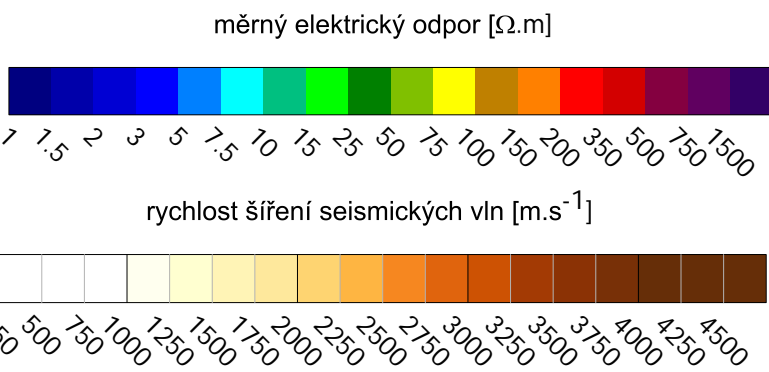
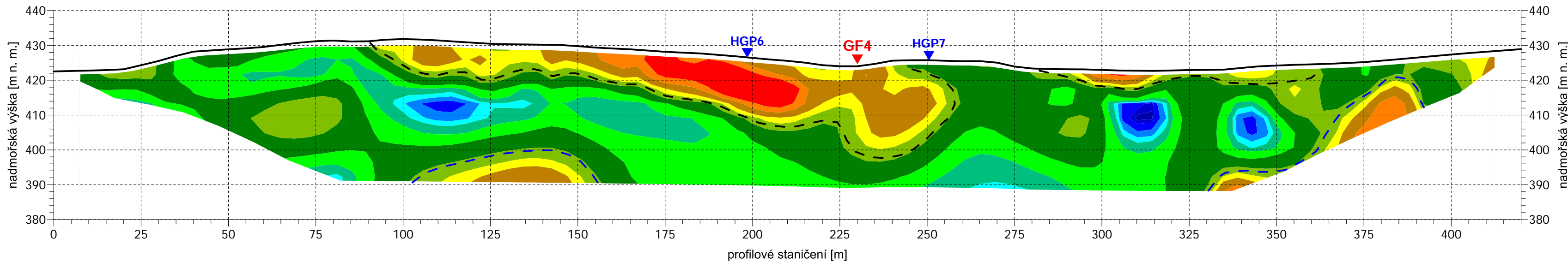
Profil GF1: geoelektrický řez ERT



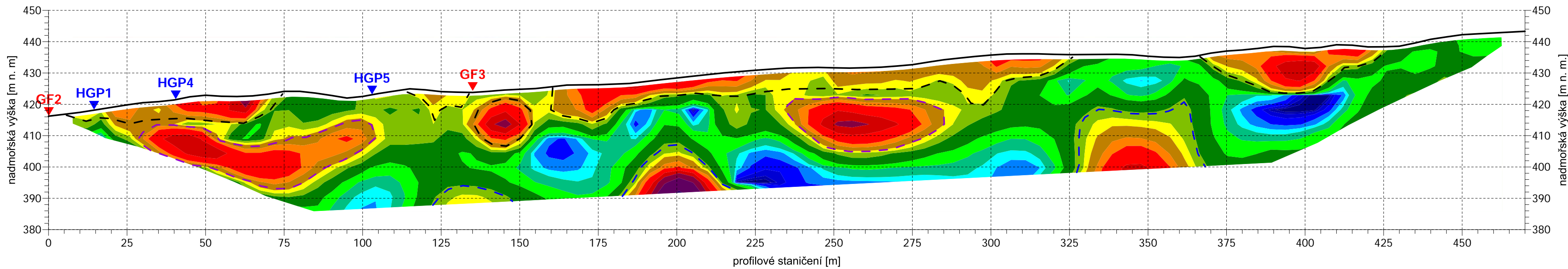
Profil GF2: geoelektrický řez ERT



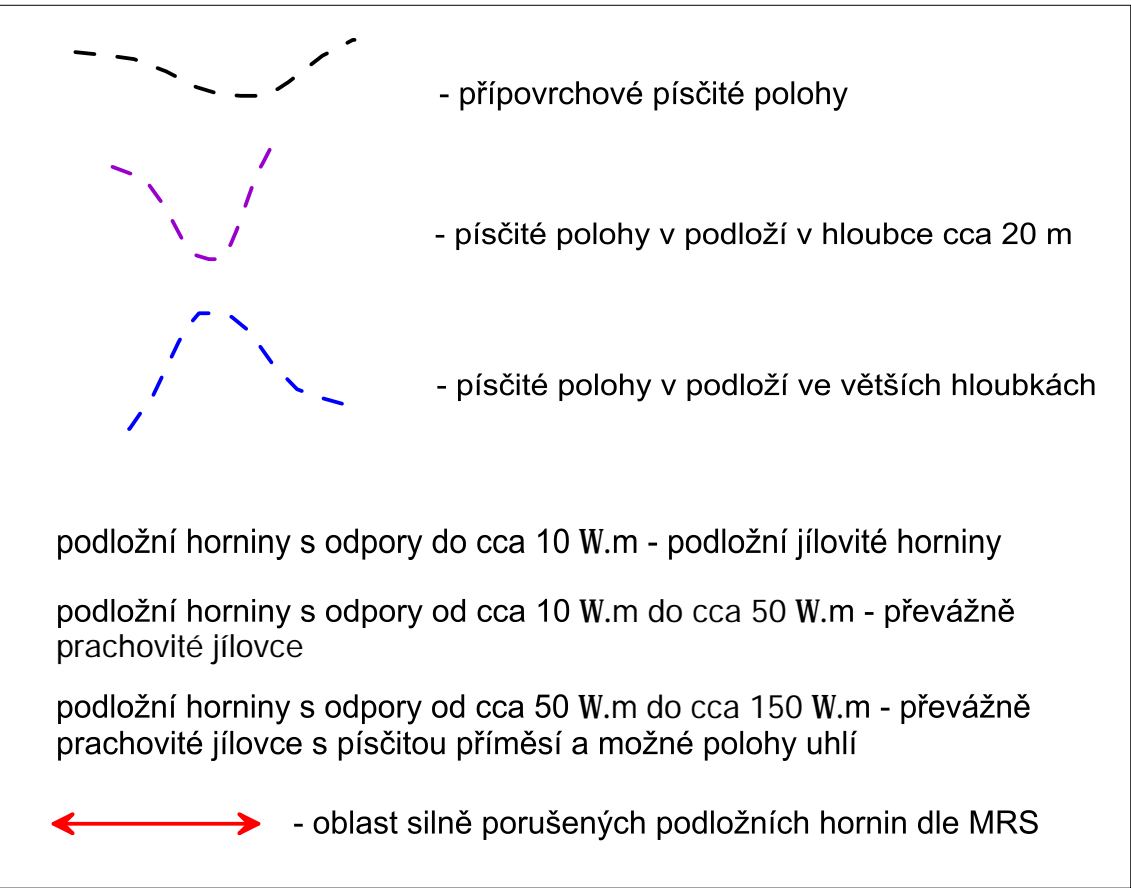
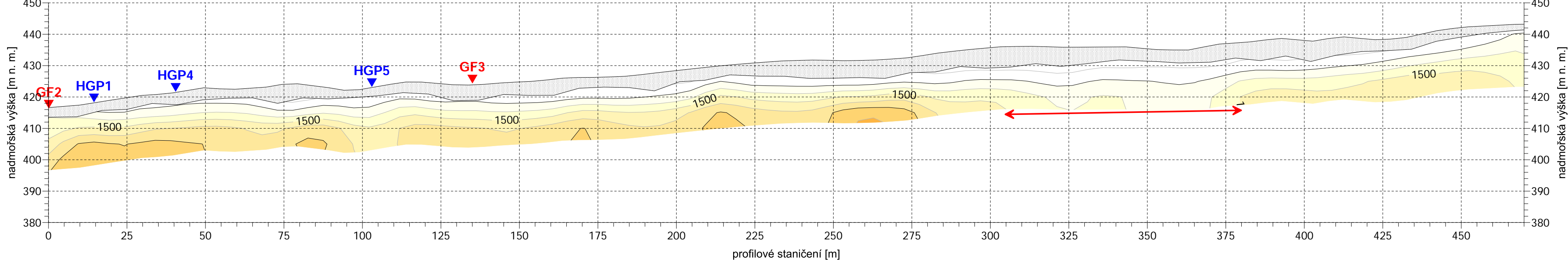
Profil GF3: geoelektrický řez ERT



Profil GF4: geoelektrický řez ERT



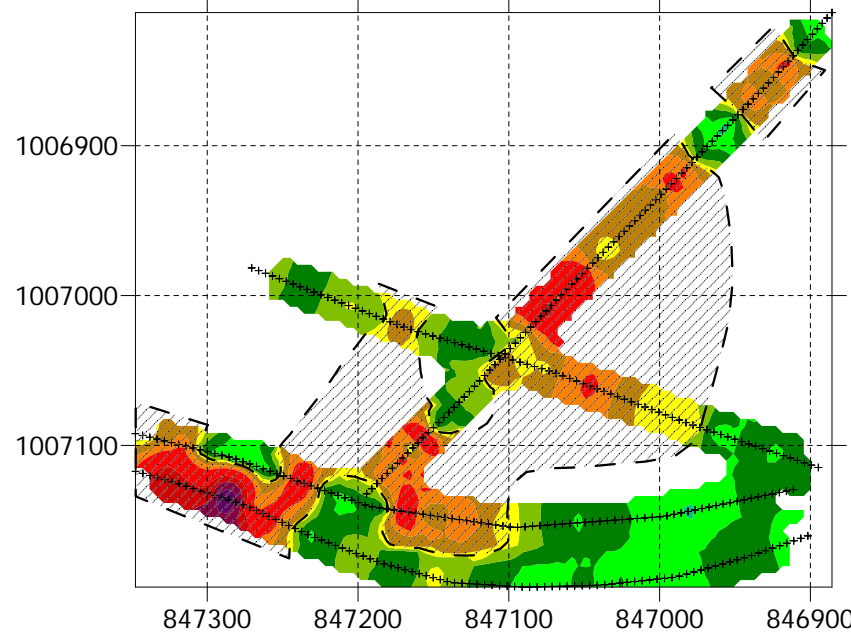
Profil GF4: rychlostní řez MRS



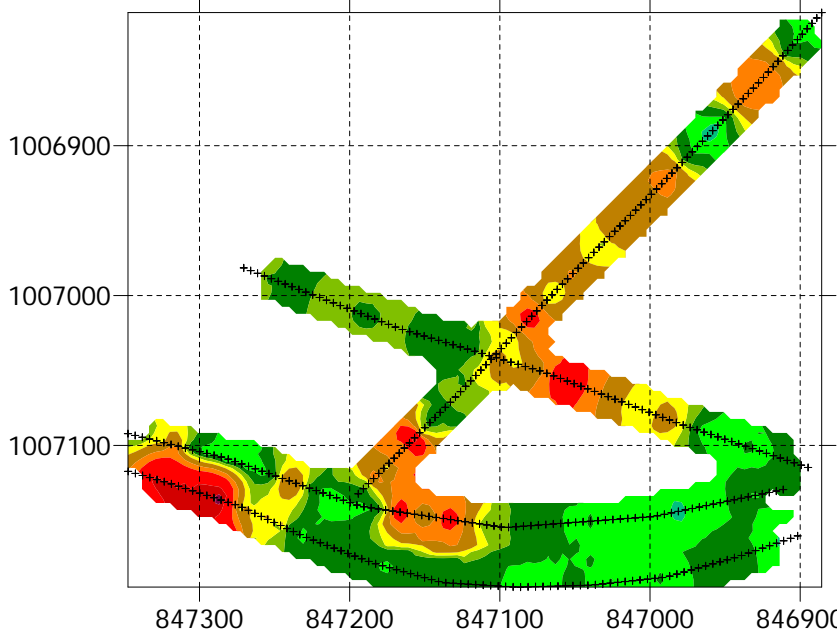
		SG Geotechnika a.s. Geologická 988/4, 152 00 Praha 5		
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace, Dílažněná 1003/7, Praha 1 - Nové Město, PSČ 110 00			
Název zakázky:	Hájek - Dalovice, sanace tělesa železničního spodku - dopl. IGP			
Číslo zakázky:	Zpracoval:	Schválil:	Měřitko:	Datum:
21.0171.223225	Mgr. M. Hrutka	RNDr. J. Nedvěd	1 : 1000	září 2021
<b>Hájek - Dalovice, km 179,980 - 180,490</b> <b>interpretace geoelektrických řezů ERT</b> <b>a rychlostního řezu MRS</b>				Číslo přílohy:
				2



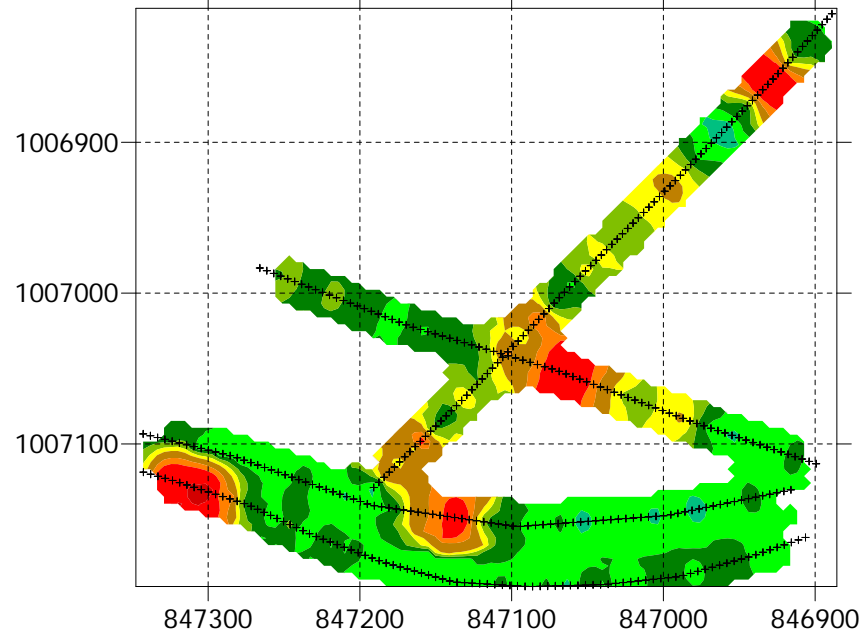
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 1,25 m



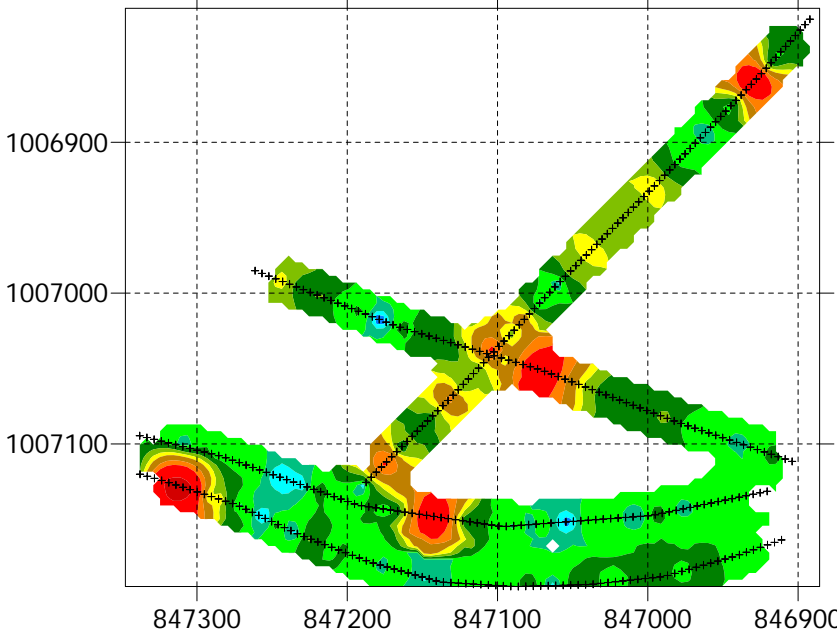
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 3,8 m



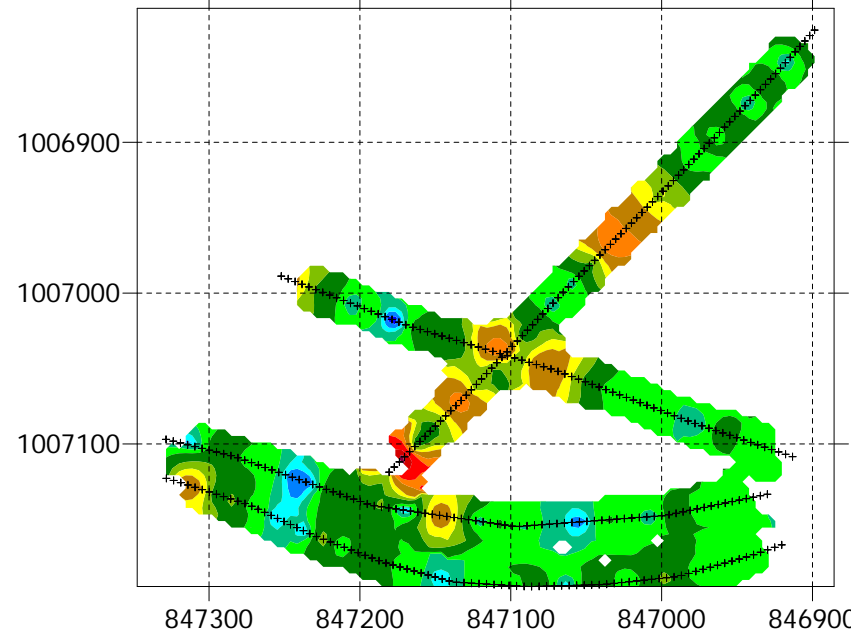
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 6,7 m



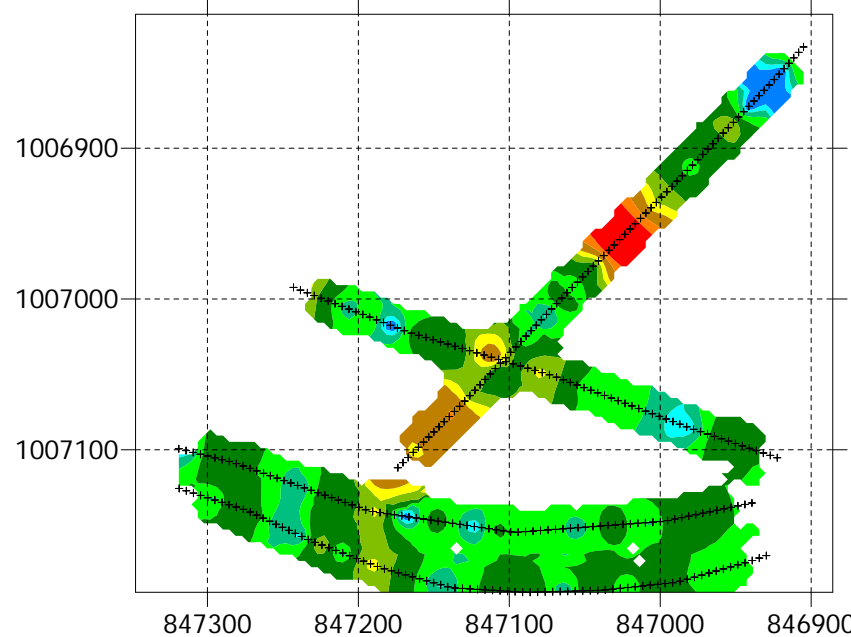
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 10 m



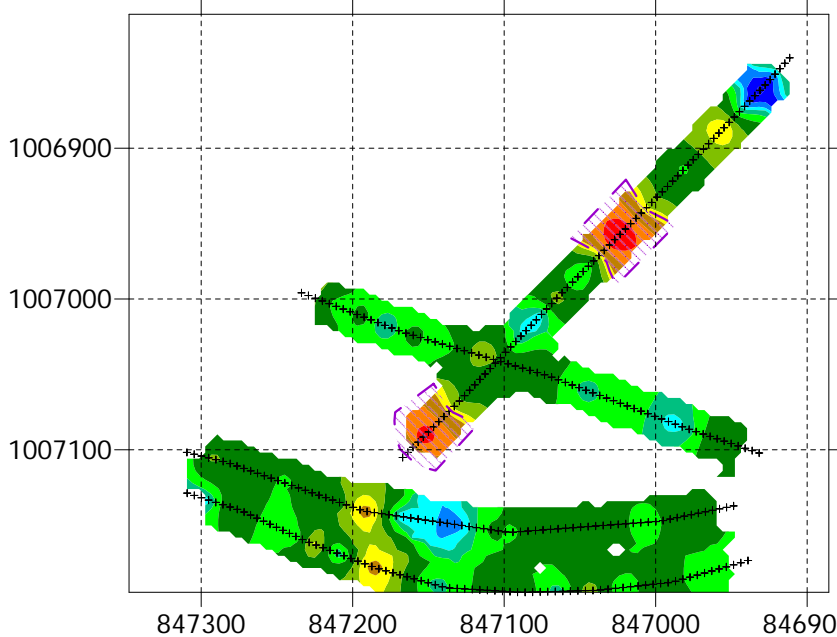
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 13,5 m



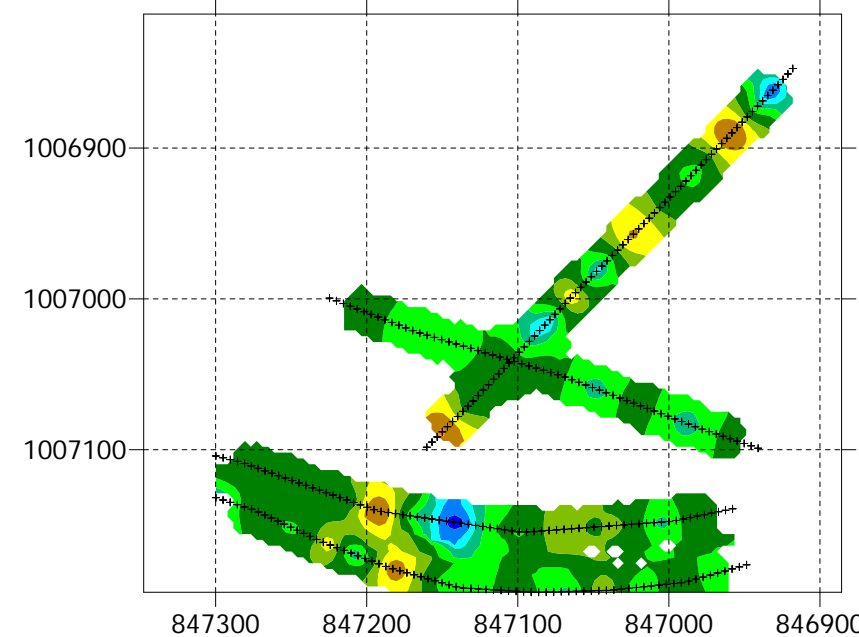
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 17 m



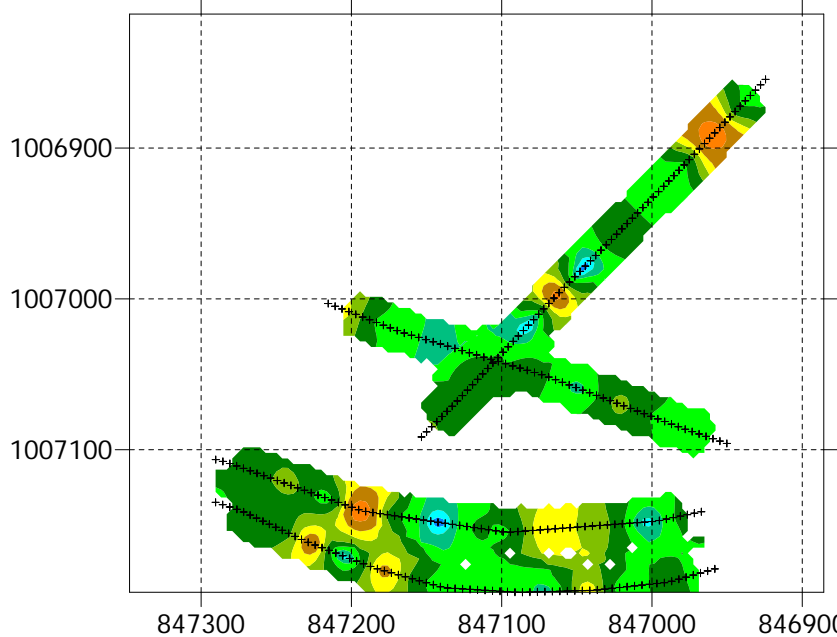
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 21,5 m



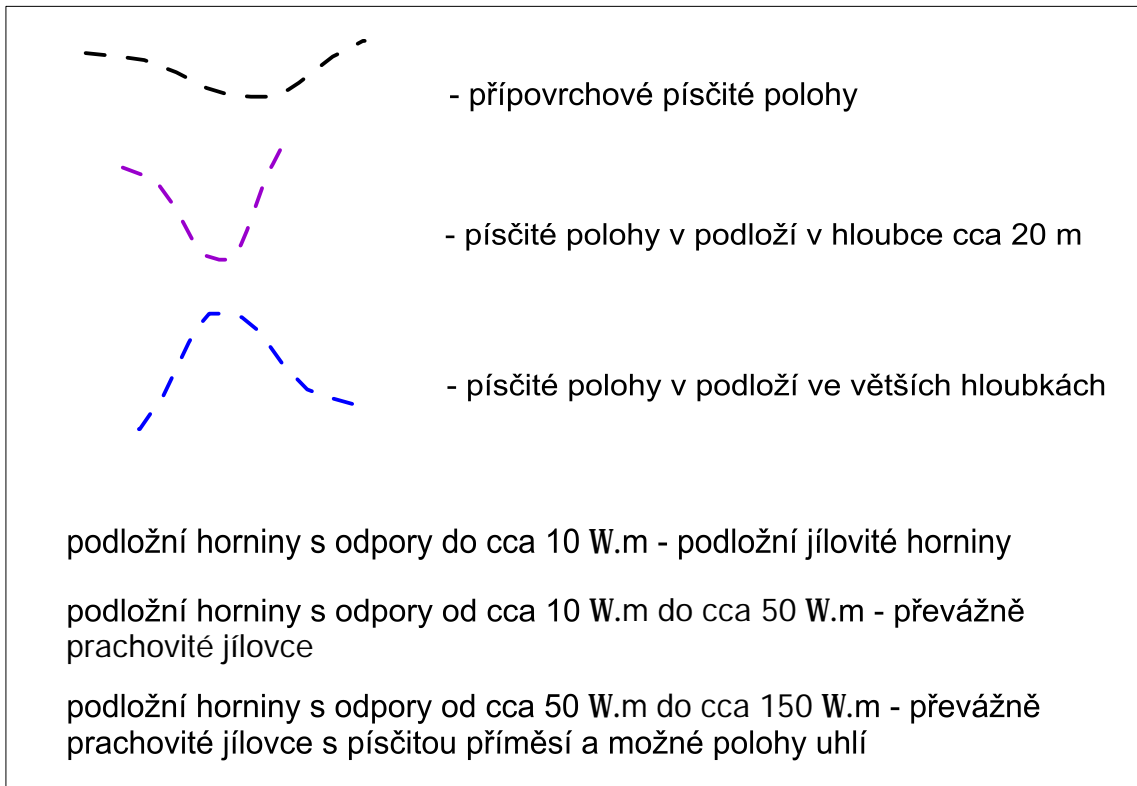
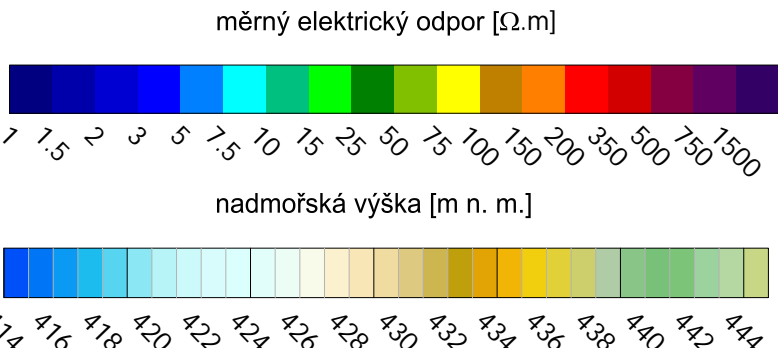
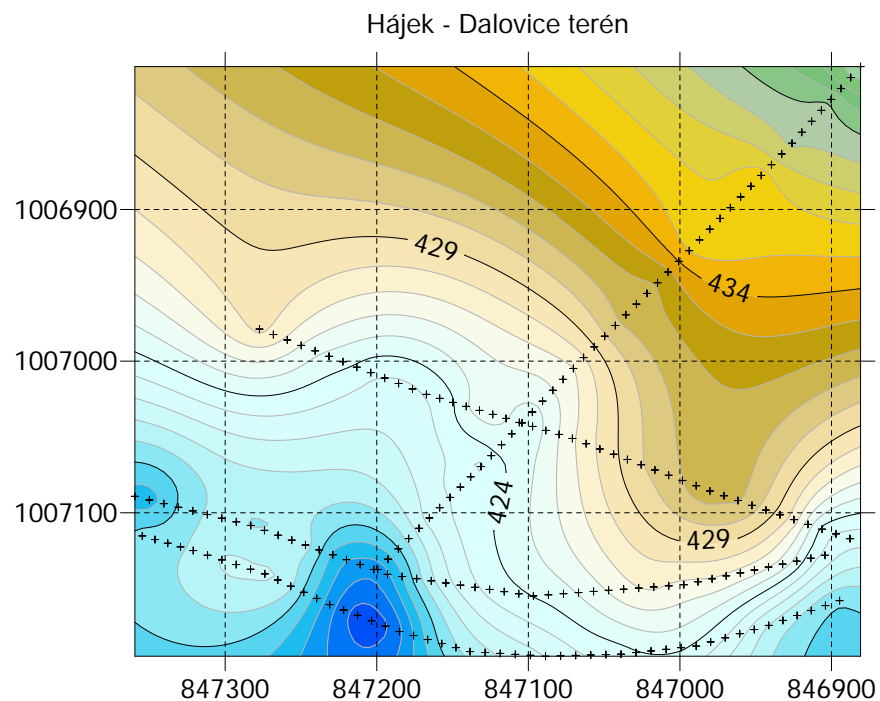
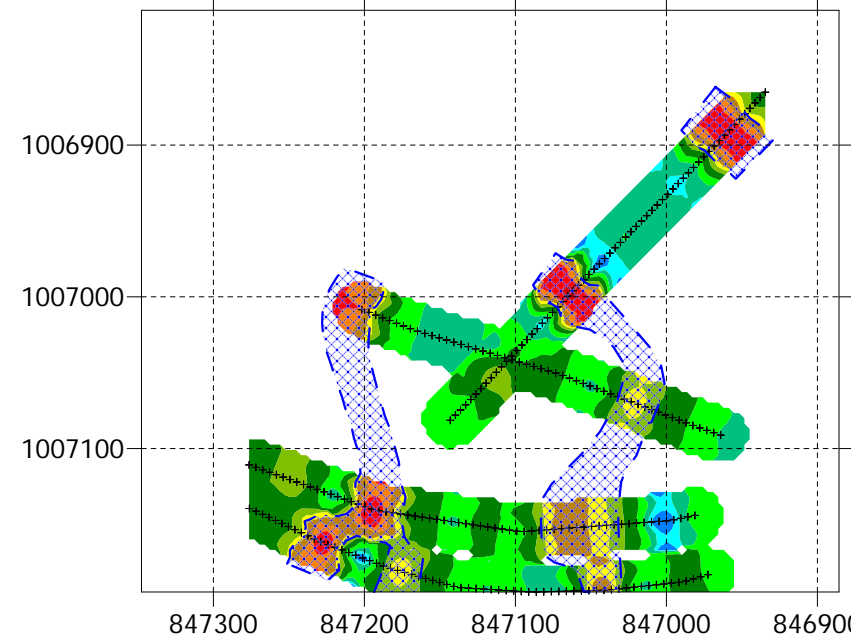
plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 26 m



plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 31 m



plošné zpracování ERT řezů v hloubkové úrovni cca 37 m



		SG Geotechnika a.s. Geologická 988/4, 152 00 Praha 5		
Objednatel:	Správa železnic, státní organizace, Diázdná 1003/7, Praha 1 - Nové Město, PSČ 110 00			
Název zakázky:	Hájek - Dalovice, sanace tělesa železničního spodku - dopl. IGP			
Číslo zakázky:	Zpracoval:	Schválil:	Měřitko:	Datum:
21.0171.223Z25	Mgr. M. Hrutka	RNDr. J. Nedvěď	1 : 50 000	září 2021
<b>Hájek - Dalovice, km 179,980 - 180,790</b> <b>půdorysné řezy ERT v různých hloubkových</b> <b>úrovních pod terénem</b>				Číslo přílohy:
				3