

**SANACE NESTABILNÍHO ÚSEKU VALAŠSKÁ  
POLANKA - HORNÍ LIDEČ V KM 20,019 – 21,248**

**PŘEDBĚŽNÝ INŽENÝRSKOGEOLOGICKÝ PRŮZKUM**

---

**PŘÍLOHA Č. 6**

**GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM**

Zakázka 2022-165

Brno, listopad 2022



## **Valašská Polanka – Horní Lideč IG průzkum**

# **G E O F Y Z I K Á L N Í   P R Ů Z K U M**

**Autoři zprávy:**      **RNDr. Pavel Níkl**  
                                 **Mgr. Marcos Alemán**

**Praha**  
**srpen 2022**

Název úkolu: **Valašská Polanka – Horní Lideč  
IG Průzkum  
Geofyzikální průzkum**

Zaměření úkolu: geotechnický průzkum

Použité metody: mělká refrakční seismika, multielektrodová odporová metoda,  
georadarová metoda

Objednatel: **GeoTec-GS, a.s.**  
Chmelová 6, 106 00 Praha 10  
IČ / DIČ: 25103431 / CZ25103431  
ředitel: Mgr. Filip Dudík

Odpovědný řešitel objednatele: **Ing. Eduard Žáček**

Číslo objednávky: OB22/202/2022-165

Zhotovitel: **GEONIKA, s.r.o.**  
V Cibulkách 5, 150 00 Praha 5  
IČ / DIČ: 48111767 / CZ48111767

Číslo zak. zhotovitele: 22-063

Autoři zprávy: RNDr. Pavel Nikl  
Mgr. Marcos Alemán

Odpovědný řešitel zhotovitele: **RNDr. Pavel Nikl**

Odborná způsobilost zhotovitele: RNDr. Pavel Nikl  
MŽP ČR poř. č. 1729/2003  
MD ČR, Odbor pozemních komunikací, č. 423/2018



Datum: srpen 2022

Počet výtisků zprávy: 1 + digitálně

Rozdělovník: digitálně - GeoTec-GS, a.s.  
1 - archiv GEONIKA, s.r.o.

## O B S A H

### Seznam příloh

#### 1. Úvod

#### 2. Terénní měření a zpracování dat

- 2. 1. Mělká refrakční seismika (MRS)
- 2. 2. Multielektrodové odporové měření (MEM)
- 2.3. Georadar (GPR)

#### 3. Interpretace geofyzikálních měření

#### Citovaná literatura

## S E Z N A M P Ř Í L O H

Příl. 1. Situace geofyzikálních profilů, měř. 1 : 1 000

Příl. 2. Seismické hloubkové a rychlostní řezy na podélných profilech P1 až P3, měř. 1 : 1 000 / 500

Příl. 3. Seismické hloubkové a rychlostní řezy na příčných profilech P4 až P9, měř. 1 : 1 000 / 500

Příl. 4. Odporové řezy podle MEM na podélných profilech P1 až P3, měř. 1 : 1 000 / 500

Příl. 5. Odporové řezy podle MEM na příčných profilech P14 až P9, měř. 1 : 1 000 / 500

Příl. 6. Georadarové řezy na profilech G1 a G2, měř. 1 : 2 000 / 100

## 1. Ú V O D

Na základě objednávky OB22/202/2022-165 společnosti **GeoTec-GS, a.s.** provedli pracovníci společnosti **GEONIKA, s.r.o.** jako součást **geotechnického průzkumu** geofyzikální průzkum akce

### **Valašská Polanka – Horní Lideč**

v sesuvné oblasti (aktivní sesuv + nestabilní těleso náspu železniční trati) v km 20.600 až 21.000. Průzkum navazuje a doplňuje výsledky průzkumu z r. 2021, který byl realizován v km 20.700 – 20.800 (Minář, 2021).

Geofyzikální průzkum probíhal na třech podélných profilech P1 až P3, dvou georadarových profilech G1 a G2 a příčných profilech P4 až P9.

Úkolem geofyzikálního průzkumu bylo upřesnění mělké geologické stavby v místech současných i dřívějších svahových pohybů. Uvedený úkol byl řešen:



- **mělkou refrakční seismikou (MRS)** k určení mocnosti kvartérních sedimentů a průběhu podloží, porušených zón v podloží a pevnosti a těžitelnosti hornin,

- **odporovou multielektrodovou metodou (MEM)** k určení odporových vlastností hornin, které souvisejí s litologickým složením hornin,

**georadarovou metodou (GPR)**, která mapuje do hloubek několika metrů nehomogenity v horninovém prostředí.

Geologicky se v oblasti nacházejí paleogenní jílovce a pískovce flyšového pásma vnějších západních Karpat, na ně dosedají kvarterní sedimenty kamenito-hlinité až písčito-hlinité, v údolí pak nivní a svahové sedimenty.

## 2. TERÉNNÍ MĚŘENÍ A ZPRACOVÁNÍ DAT

Terénní geofyzikální měření byla provedena pracovníky společnosti GEONIKA, s.r.o. v červnu a červenci 2022. Profily byly situovány přes projektované vrty podle požadavku objednatele, avšak s ohledem na terénní podmínky – svah pod tratí byl místy velmi příkrý, takže bylo nutné použít lano, a navíc místy porostlý neprostupnými křovisky.

Byly vytyčeny a změřeny následující profily:

### podélné profily

P1 délky 184 m ve svahu cca 80 – 50 m nad drážním tělesem,

P2 o délce 92 m po levé straně tratě v km 20.609 až 20.703,

P3 o délce 92 m po pravé straně tratě v km 20.858 až 20.950,

G1 o délce 400 m po levé straně levé koleje v km 20.600 až 21.000,

G2 o délce 400 m po pravé straně levé koleje v km 20.600 až 21.000,

### příčné profily

P4 v km 20.625 o délce 92 m,

P5 v km 20.668 o délce 92 m,

P6 v km 20.698 o délce 92 m,

P7 v km 20.746 o délce 92 m,

P8 v km 20.885 o délce 46 m (tento profil je kratší z důvodu nepřekonatelného příkopu vedoucího podél východního okraje tratě), a

P9 v km 20.940 o délce 92 m.

Situace profilů je v Příl. 1. Celkem bylo vytyčeno 1 674 m. Na profilech P1 až P9 byly změřeny metody MRS a MEM. Na profilech G1 a G2 byl změřen georadar.

### 2. 1. Mělká refrakční seismika (MRS)

Úkolem mělké refrakční seismiky je sledovat reliéf pevného podloží a odlišit horniny na základě jejich pevnosti. Ta je přímo úměrná rychlosti seismického signálu, který se v nich šíří. Při měření MRS byla použita 24-kanálová aparatura TERRALOC Mk6 (Švédsko), seismická energie byla vzbuzována údery kladiva. Byla použita modifikace vstřícných úderů s přístřelou a středovým úderem, tj. na seismickém roztažení byla provedena registrace z pěti bodů. Seismický signál byl snímán geofony SM-4 vzdálenými vzájemně

od sebe 4 m. Metodou MRS bylo změřeno celkem 872 m na profilech P1 až P9. Výsledné seismické hloubkové a rychlostní řezy jsou uvedeny v Příl. 2. a Příl. 3.

Při interpretaci seismických refrakčních měření byla použita metoda *T<sub>0</sub> pro gradientový model prostředí*, neboť se na změřených hodochronách projevovala sbíhavost jako důsledek postupného nárůstu rychlosti v podloží s hloubkou. Pro gradientový model prostředí s lineárním vertikálním gradientem rychlosti v podloží je výstupem interpretace v každém měřeném bodě hloubka seismického refrakčního rozhraní, seismická rychlost v pokryvu a seismická rychlost na povrchu interpretovaného rozhraní. V tzv. hloubce maximálního průniku seismického paprsku byla vypočtena v několika bodech rychlost šíření seismických vln v této hloubce. Tyto body dovolují sestavit rychlostní řez (*Gürtler, 1988*). Hloubkové a rychlostní řezy umožňují na seismickém profilu získat základní přehled o mělké geologické stavbě. Z výsledného tvaru izolinií rychlostí lze pak určit stupeň pevnosti podloží a lokalizovat místa jeho porušení (tektonické poruchy) do míst poklesů seismických rychlostí.

## 2. 2. Multielektrodová metoda (MEM)

Odporová multielektrodová metoda (MEM) je geoelektrická metoda, která kombinuje automatickým způsobem odporové sondování a profilování. Při terénním měření je položen speciální mnohožilný kabel (multikabel), k němuž je připojeno velké množství elektrod. Řídící jednotka se pak podle zvolené metody automaticky připojuje postupně k elektrodám a na vybraných párech elektrod měří elektrické napětí a proud. Takto se proměří všechny možné páry a rozestupy zvolené metody a data uloží do paměti přístroje. Pro měření byla použita aparatura ARES firmy GF Instruments (ČR Brno). Rozestup sousedních elektrod byl 2 m a byla použito Schlumbergerovo symetrické uspořádání, které je nejvhodnější na subhorizontální struktury.

Výsledkem měření a zpracování dat jsou interpretované detailní 2D odporové řezy pod měřeným profilem, který je sestaven softwarem Res2DInv (*Geotomo Malaysia*). Metoda zjišťuje odporové změny prostředí jak v horizontálním, tak vertikálním směru. Z odporových řezů lze přibližně odvodit litologický charakter hornin. Metodou MEM byly změřeny profily P1 až P9, celkem bylo změřeno 879 m profilů. Výsledné odporové řezy jsou prezentovány v Příl. 4. a Příl. 5.

## 2. 3. Georadarová metoda (GPR)

Georadarová metoda (GPR) je elektromagnetické metoda, která pracuje na principu registrace vysokofrekvenčních elektromagnetických pulzů vysílaných anténou pod měřený bod a odražených od objektů pod povrchem země.

Měření bylo realizováno georadarovou aparaturou **RAMAC/GPR** švédské firmy Malå GeoScience s anténami o frekvenci 250 MHz. Jako optimální bylo zvoleno následující nastavení parametrů:

- vzájemná vzdálenost mezi vysílací a přijímací anténou 0.36 m,
- krok měření 0.05 m,
- počet opakování na jednom bodě 16x,
- délka časového okna 208 ns,
- uspořádání antén kolmo na profil.

Naměřená data byla zpracována pomocí programu REFLEX německé firmy Sandmeier. Softwarové soubory jsou modulární zpracovatelské balíky programů, které umožňují přizpůsobit zpracování radarového obrazu daným podmínkám prostředí a parametrů měření.

Byly použity tyto zpracovatelské procedury:

- DC FILTER se používá k odstranění případného stejnosměrného posunutí na stopách v původních datech, zařazuje se jako první v sérii zpracovatelských postupů,
- AGC vyrovnává přirozený útlum energie a amplitudy elektromagnetické vlny se vzdáleností od zdroje. Ten vzniká jednak šířením vlny do prostoru, jednak je způsoben vodivostí prostředí. Použitá funkce pro obnovení zisku má lineární a exponenciální část. Velikost parametrů jednotlivých částí funkce je volena automaticky při zpracování,
- BACKGROUND REMOVAL odstraňuje s povrchem rovnoběžné odrazy a jejich násobky,
- MOVING AVG vyhlazuje celkový obraz georadarového řezu průměrováním několika sousedních stop.

Georadarové řezy ukazují reflexní plochy, od nichž se odráží elektromagnetické impulsy zpět k povrchu. Je obtížné jednoznačně charakterizovat tyto odrazné plochy, protože registrovaný odražený signál a tím i výsledný georadarový obraz je ovlivněn mnoha parametry okolního prostředí. Obecně se v radarových řezech projevuje zvrstvení mělkých uloženin. Nehomogenity se projevují náhlou změnou frekvencí (změna barvy) a změnou intenzity signálu (zesílení, případně zeslabení). Georadarové řezy na profilech G1 a G2 jsou prezentovány v Příl. 6. Celkem bylo metodou GPR změřeno 800 m.

### 3. INTERPRETACE GEOFYZIKÁLNÍCH MĚŘENÍ

Interpretace provedeného geofyzikálního průzkumu spočívala v dílčí interpretaci použitých metod a v syntéze výsledků těchto metod. Grafickým výstupem interpretace geofyzikálních měření jsou seismické hloubkové a rychlostní řezy (metoda MRS) a odporové řezy (metoda MEM).

Výsledky interpretace byly následně korelovány s výsledky vrtů.

Výsledné seismické a rychlostní řezy MRS na profilech P1 až P9 jsou uvedeny v Příl. 2 a 3, odporové řezy dle MEM na profilech P1 až P9 jsou v Příl. 4 a 5. Výsledné georadarové řezy na profilech G1a G2 jsou v Příl. 6.

#### **Výsledky MRS** (Příl. 2 a 3)

Podle rychlosti seismických vln (MRS) lze horninové prostředí obecně rozčlenit na:

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| <b>nízkorychlostní pokryv</b> | - kvartérní sedimenty se seismickými rychlostmi 270 – 850 m/s,                    |
| <b>podloží</b>                | - terciérní jíly, jílovce a pískovce se seismickými rychlostmi 1 200 – 3 200 m/s. |

Orientačně byly určeny ze seismických rychlostí třídy těžitelnosti hornin a pevnost hornin (kvalifikovaný odhad v korelaci s vrty):

**Tab. 1. Orientační zatřídění hornin do tříd těžitelnosti, resp. tříd pevnosti podle seismických rychlostí**

<i>Seismická rychlost (m/s)</i>	<i>Třída těžitelnosti</i>	<i>Třída pevnosti</i>
270 – 850	I	Q
900 – 1 400	I	R6
1 400 - 2 000	I	R5
2 000 - 3 000	II	R4
přes 3 000	III	R3 – R2

Pozn.: Korelace seismických rychlostí s pevností a litologií přítomných hornin je složitá z několika důvodů: Jíly a jílovce R6 a R5 mají relativně vysoké rychlosti až 2 000 m/s. Často se však střídají vrstvy jílovců a pískovců a seismická rychlost je pak vyšší díky souhrnu dílčích nižších rychlostí v jílovcích a vyšších rychlostí v pískovcích. Podle výsledků dynamických penetrací se nejvíce jílovce tak pevné jako podle seismických rychlostí.

Kvartérní pokryv se seismickými rychlostmi 270 – 850 m/s (tř. těžitelnosti I) má proměnlivé mocnosti od 0.5 do 5 m (na začátku profilu P3 až 7 m) a podle měrných odporů se jedná pod tratí o štěrky a nad tratí o jíly.

Pod nízkorychlostní vrstvou jsou přítomny většinou jílovce se seismickými rychlostmi 1 200 – 2 000 m/s (R6 - R5, tř. těžitelnosti I), místy jsou přítomny pevnější polohy pískovců se seismickými rychlostmi až 3 000 m/s (R4 – R3, tř. těžitelnosti II), místy tenké polohy až R2, tř. těžitelnosti III.

### **Výsledky MEM** (Příl. 4. a 5.)

Podle měrných elektrických odporů bylo horninové prostředí rozčleněno z hlediska litologie. Odporové řezy ukazují, že z hlediska měrných odporů hornin je prostředí velmi zajímavé:

- Pod tratí jsou přítomny štěrky a sutě s vysokými měrnými odpory až ve stovkách  $\Omega\text{m}$  (červenohnědá barva),
- Nad tratí převládají jíly a jílovce s měrnými odpory 10 - 30  $\Omega\text{m}$  (žlutá barva).

Na většině profilů jsou pod pokryvem zřetelně vidět tenké polohy o velmi nízkých měrných odporech 5 - 10  $\Omega\text{m}$  (žlutá barva), což může představovat predisponované skluzné sesuvné plochy.

Místa, kde tyto nízkoodporové tenké vrstvičky vystupují k povrchu, byla přenesena do mapy v Příl. 1 a vzájemně propojená. Výsledkem jsou linie snížených měrných odporů při povrchu, která mohou ukazovat na místa vsaků povrchových vod do horninového prostředí a mohou tak představovat rizikové potenciální odlučné trhliny sesuvu. Jedna z těchto linií probíhá při východním okraji železniční trati pod zářezem a představuje tak

asi největší nebezpečí z hlediska možných sesuvů. Hloubka této vrstvičky při západním okraji trati je 3 – 4 m.

Jak je vidět z Příl. 1, riziková sesuvná místa se nacházejí ve svahu západně od profilu P1, který se jeví z hlediska rozložení měrných odporů a průběhu podloží poměrně homogenní.

### **Výsledky GPR (Příl. 6.)**

Georadarové řezy ukazují reflexní plochy, od nichž se odráží elektromagnetické impulsy zpět k povrchu. Jak bylo již uvedeno výše, je obtížné jednoznačně charakterizovat příčinu, která způsobuje georadarovou anomálii, protože registrovaný odražený signál a tím i výsledný georadarový obraz je ovlivněn mnoha parametry okolního prostředí. Obecně se v radarových řezech projevuje zvrstvení mělkých uloženin, nehomogenity se projevují změnou frekvence (v řezech změnou barvy) a také náhlým zeslabením nebo naopak zesílením signálu. V řezech jsou pro lepší orientaci vyznačeny šipkami s popisem sloupy el. vedení, kilometrovníky a také pozice současného sesuvu.

Georadarem bylo sledována mělká část horninového prostředí do hloubek kolem 2 m. Anomálie pod povrchem, které by mohly odpovídat poklesům v mělkých hloubkách, jsou v km 20.675 – 20.700, 20.710 – 20.730, 20.860 – 20.895 a 20.940 – 20.965 a jsou vyznačeny v Příl. 6. Tyto anomálie jsou mnohem zřetelnější na levé straně levé koleje než na pravé straně levé koleje a korelují se zvýšenou mocností nízkorychlostního pokryvu v seismických řezech.

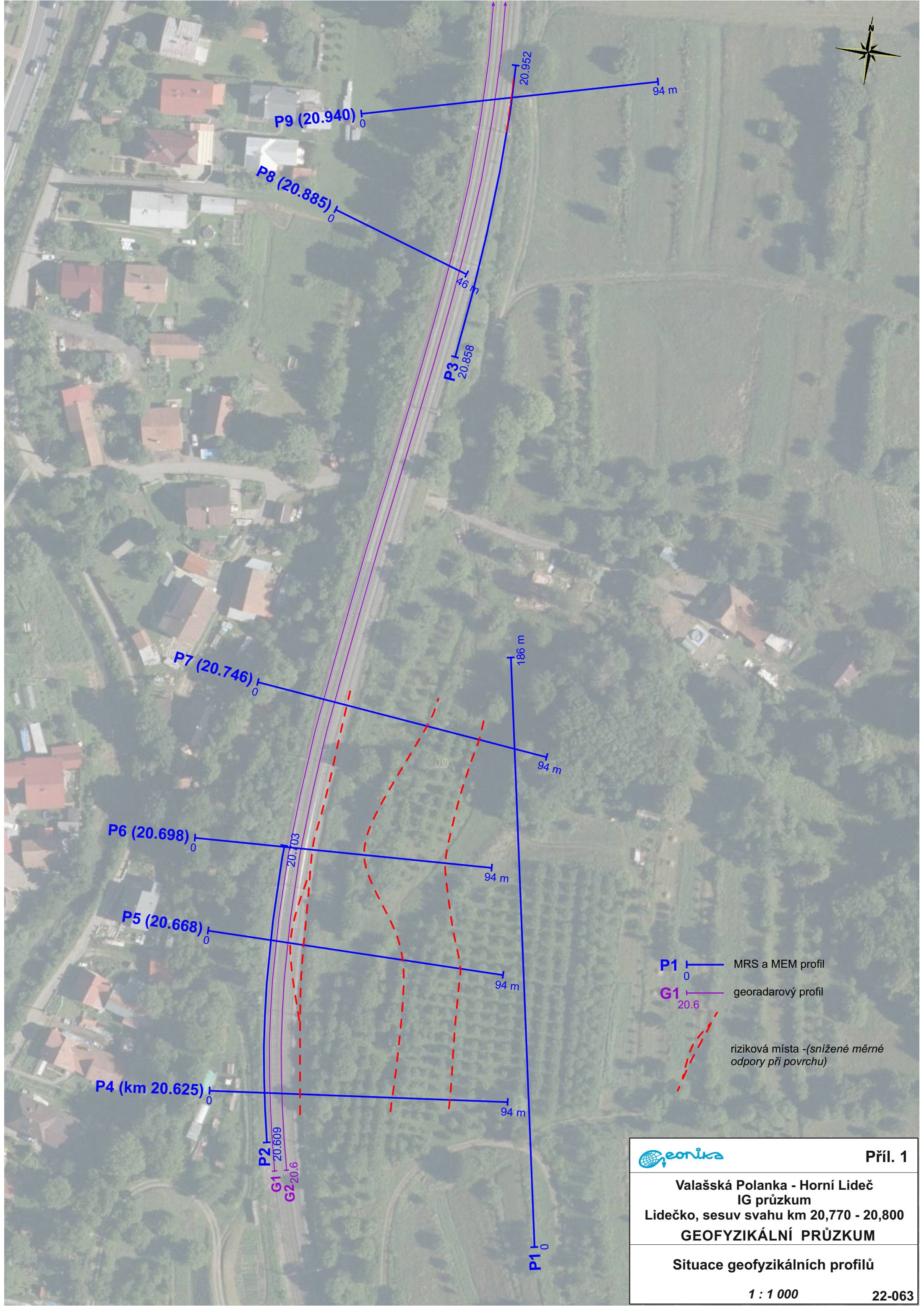
Z georadarových řezů lze odvodit, že se jedná o relativně mělké anomálie. Odhadujeme hloubku poklesů do 1 m, u anomálie v km 20.860 – 20.895 do 2 m.


## **CITOVANÁ LITERATURA**

*Gürtler, R., 1988:* REFRA - interpretační program pro mělkou refrakční seismiku.  
Geofyzika Brno

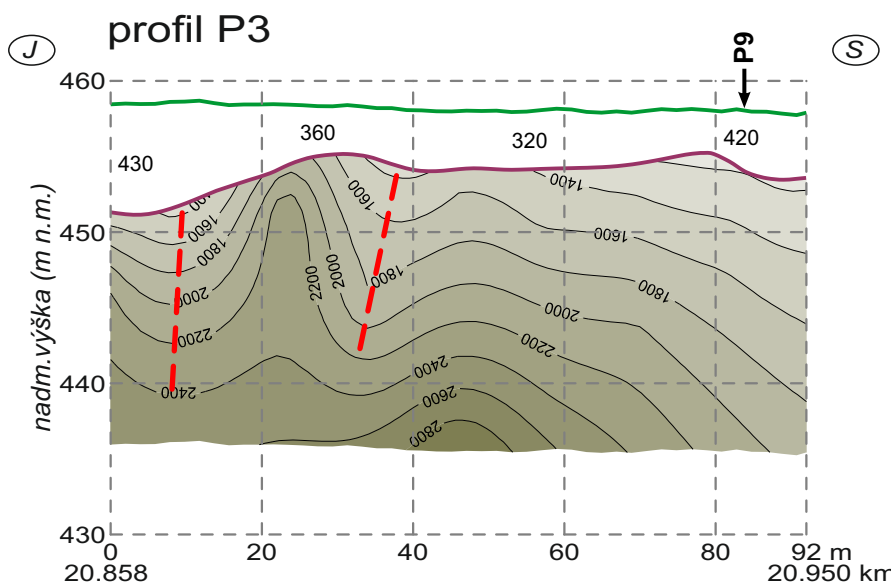
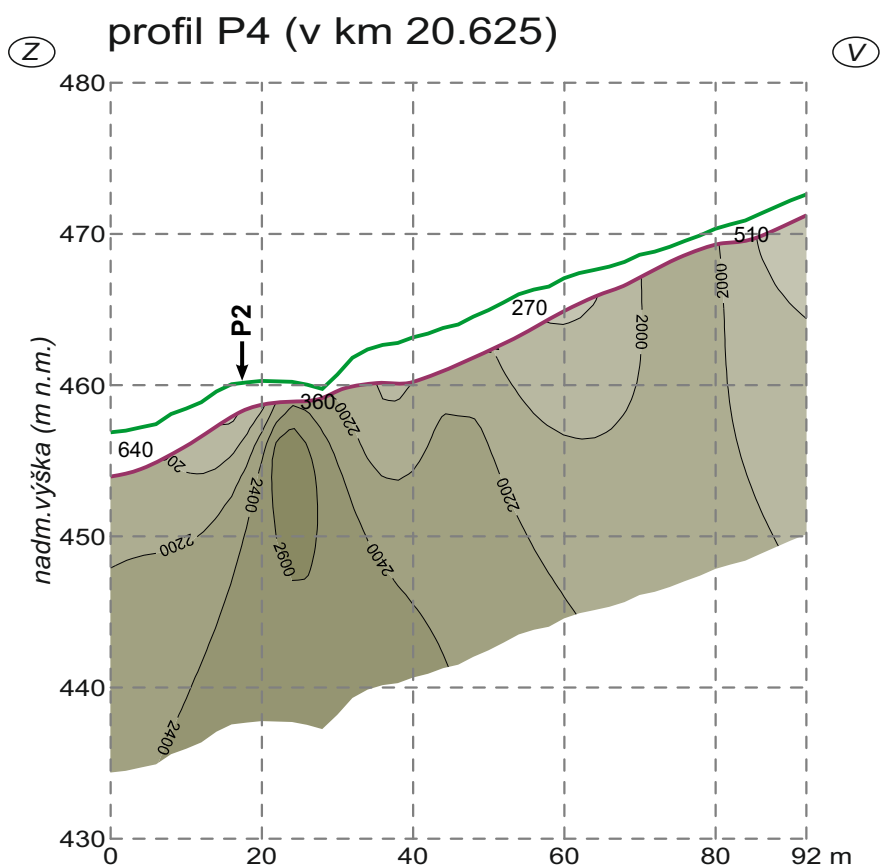
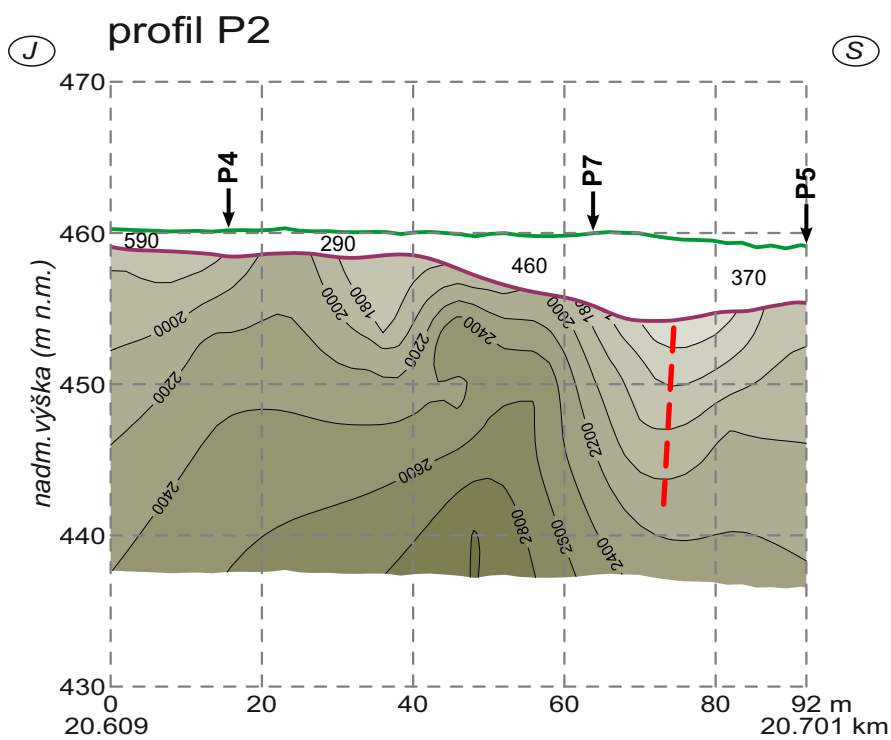
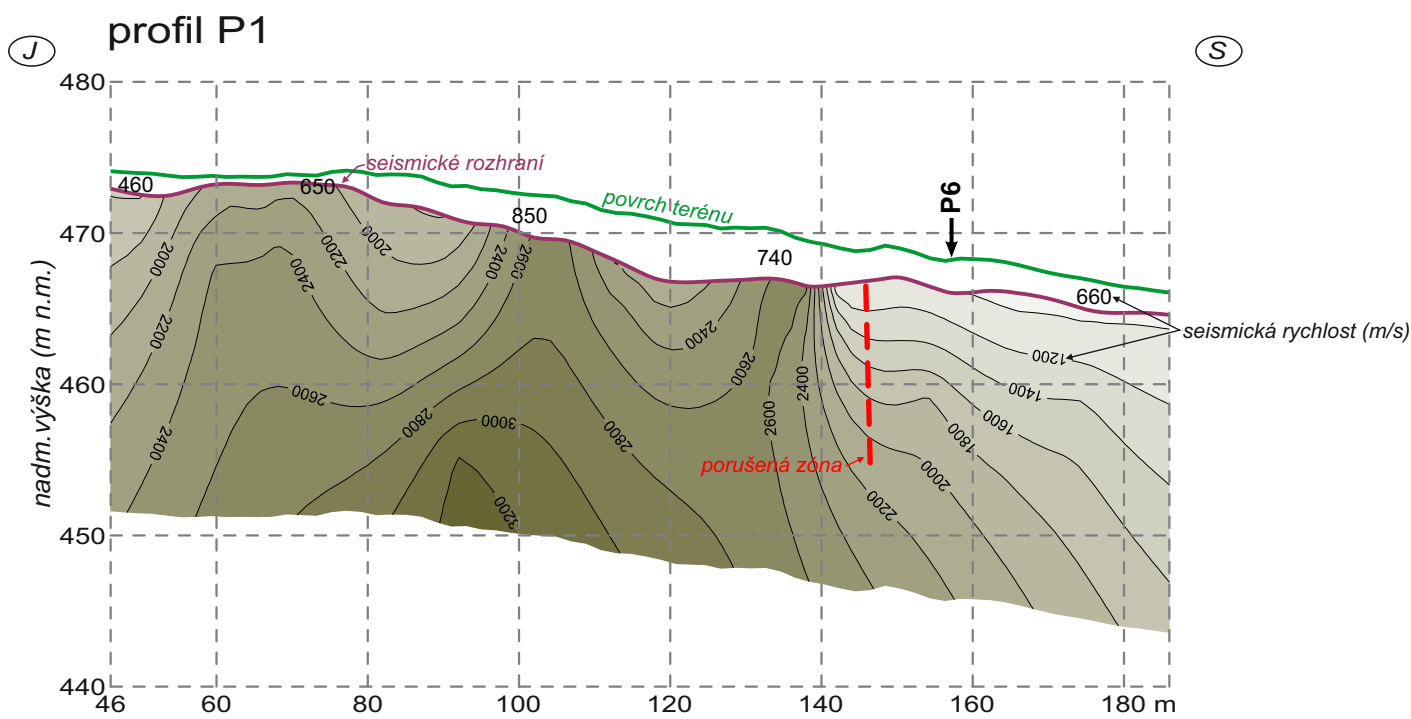
*Minář, L., 2021:* Lidečko. Předběžný průzkum pro nestabilní úsek km 20.700 – 20.800.  
Měření geofyzikálními metodami. Kolej Consult. Brno

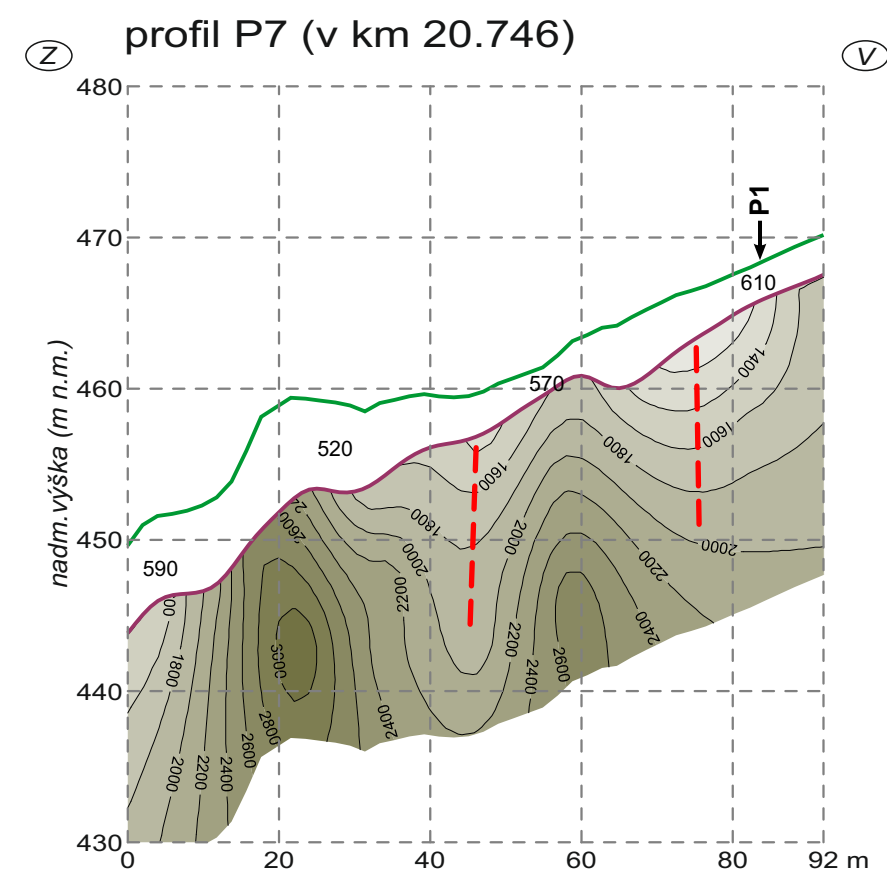
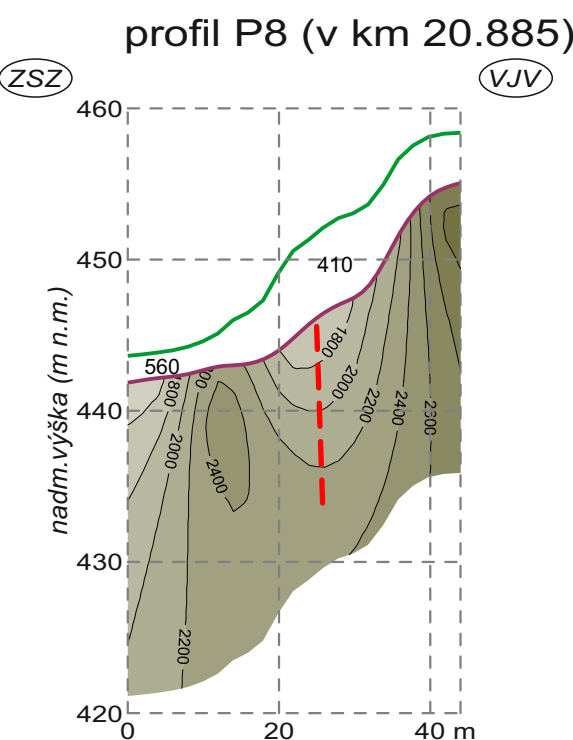
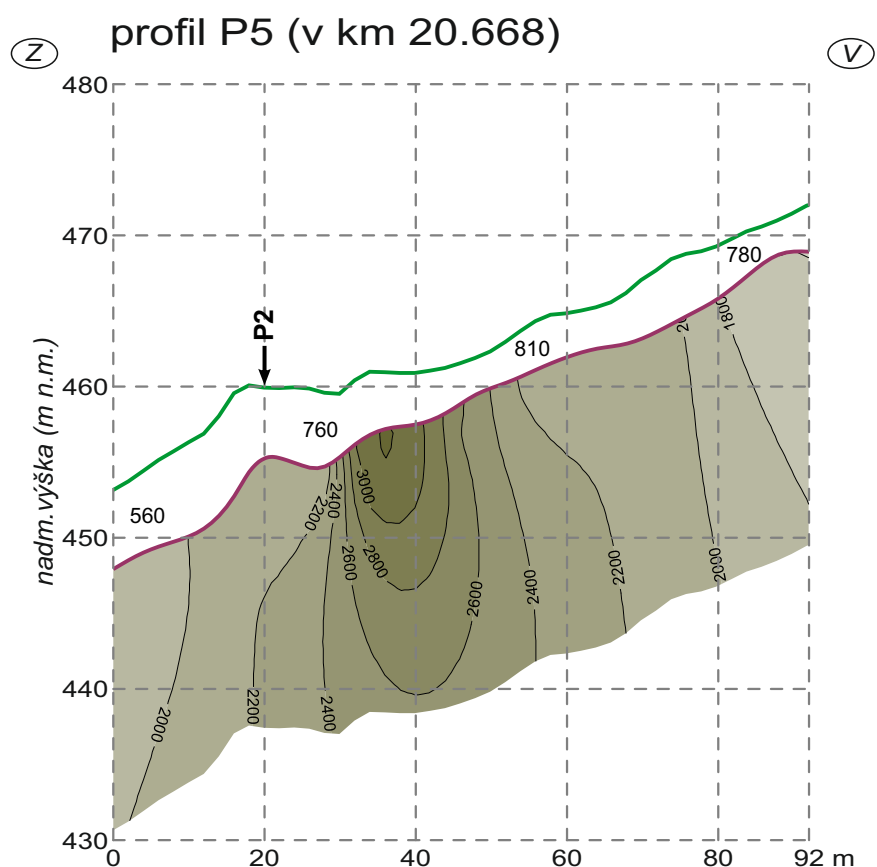
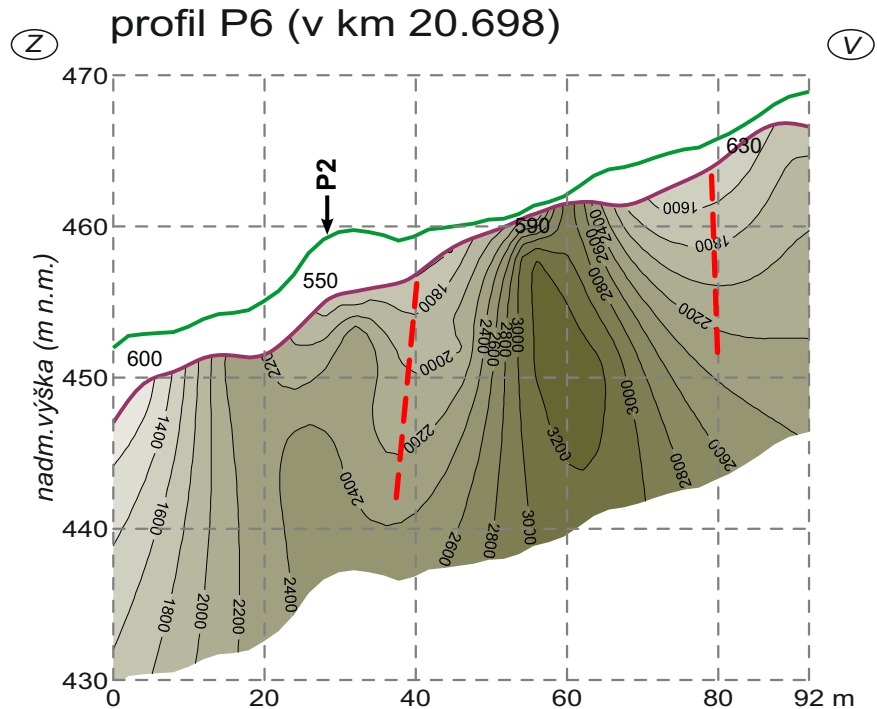
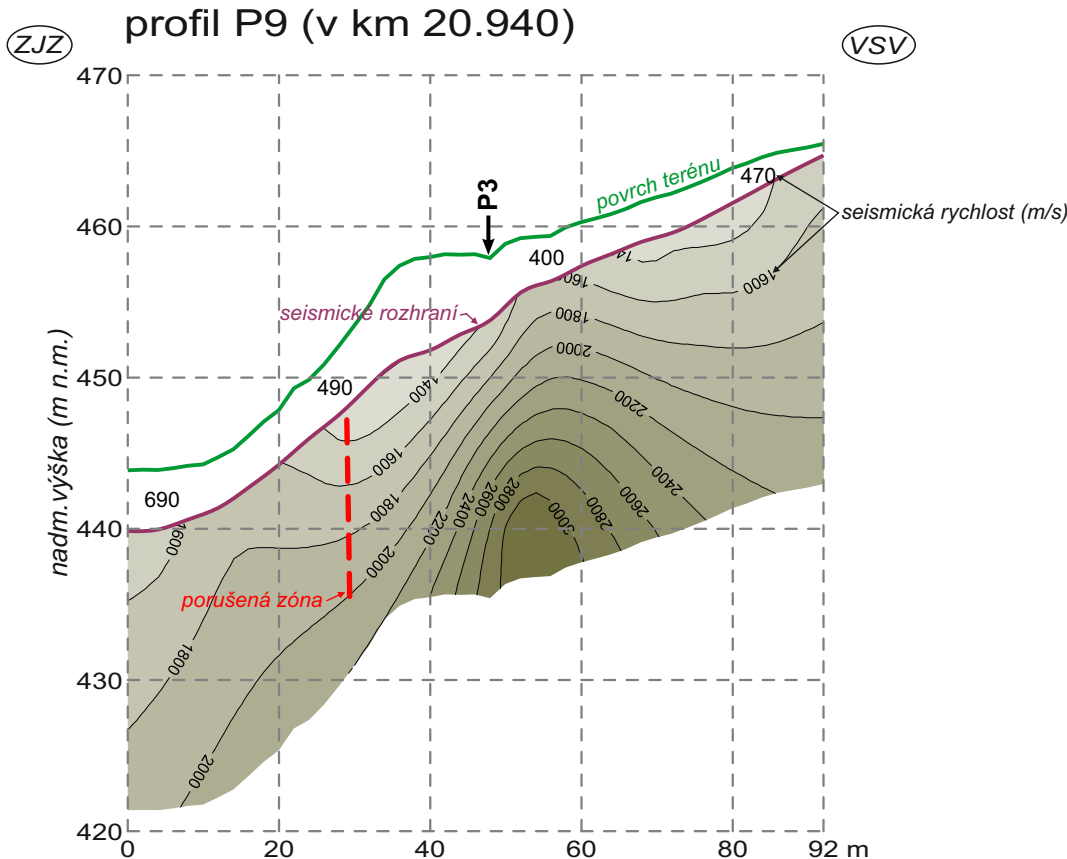




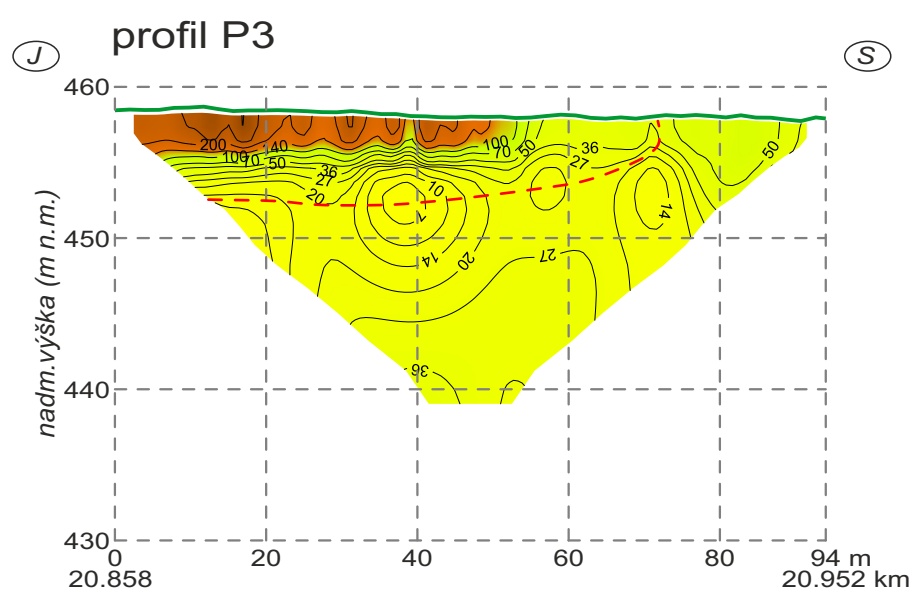
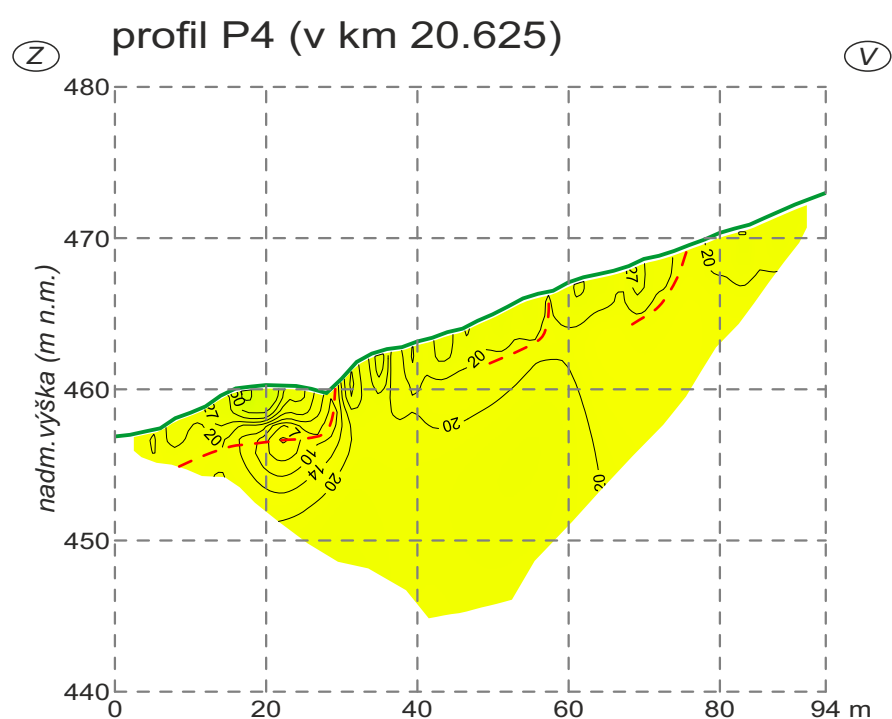
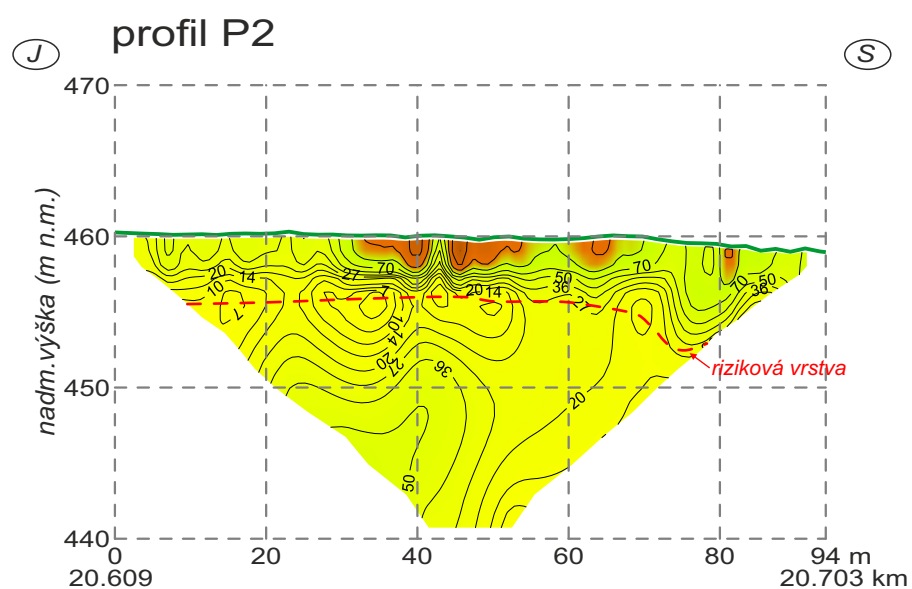
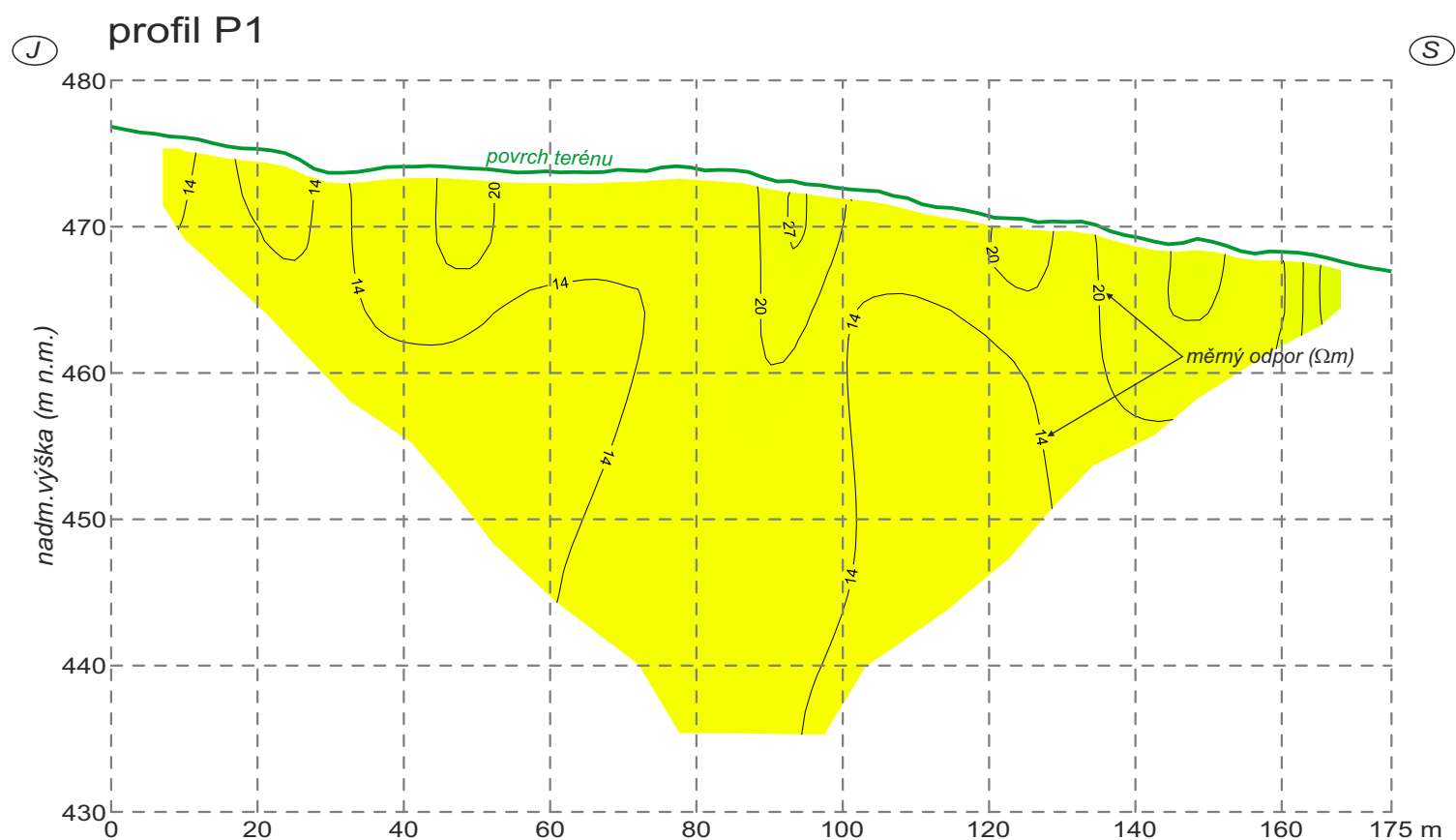
	<b>Příl. 1</b>
<b>Valašská Polanka - Horní Lideč</b> <b>IG průzkum</b> <b>Lidečko, sesuv svahu km 20,770 - 20,800</b> <b>GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM</b>	
<b>Situace geofyzikálních profilů</b>	
<b>1 : 1 000</b>	<b>22-063</b>











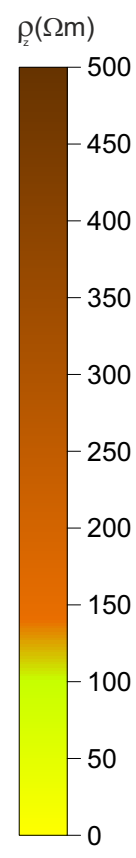
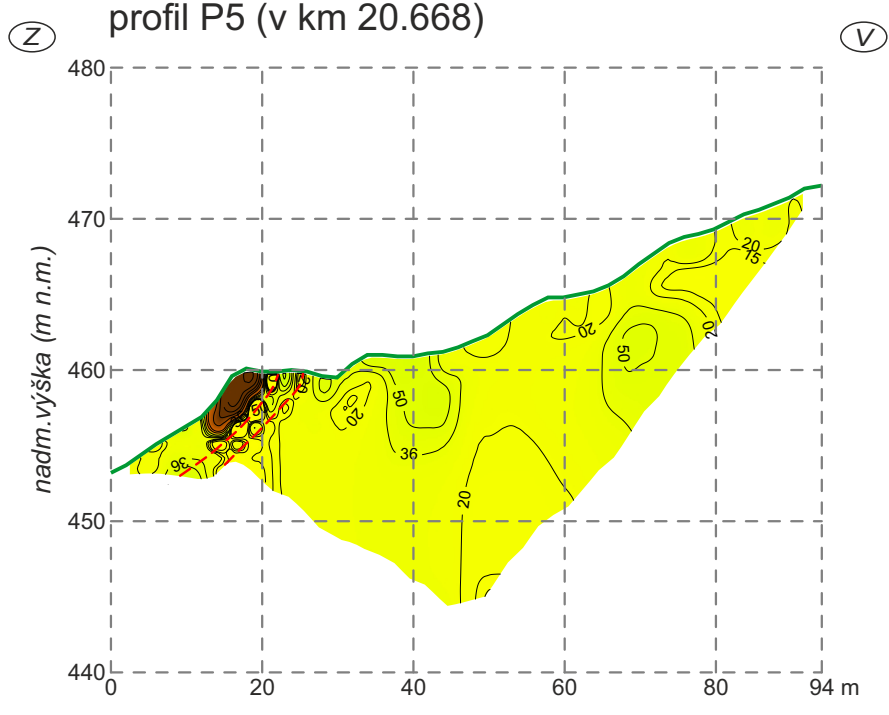
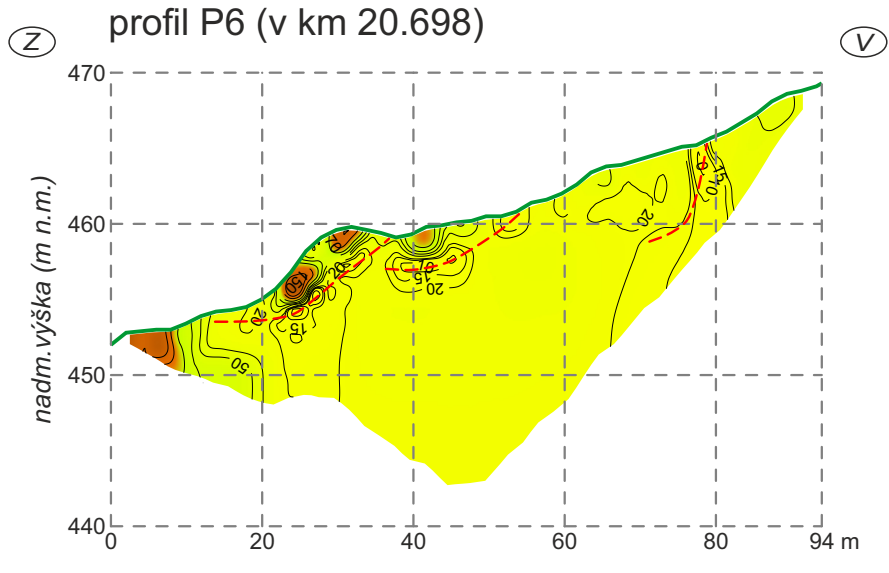
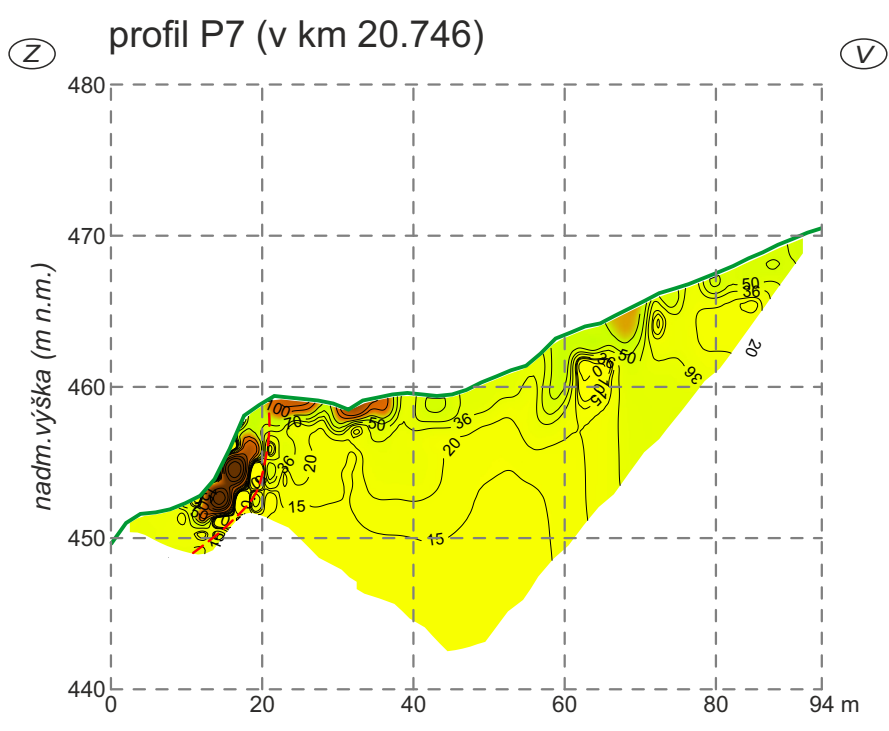
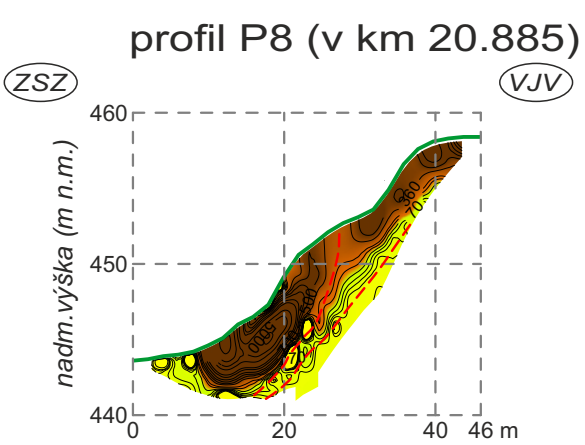
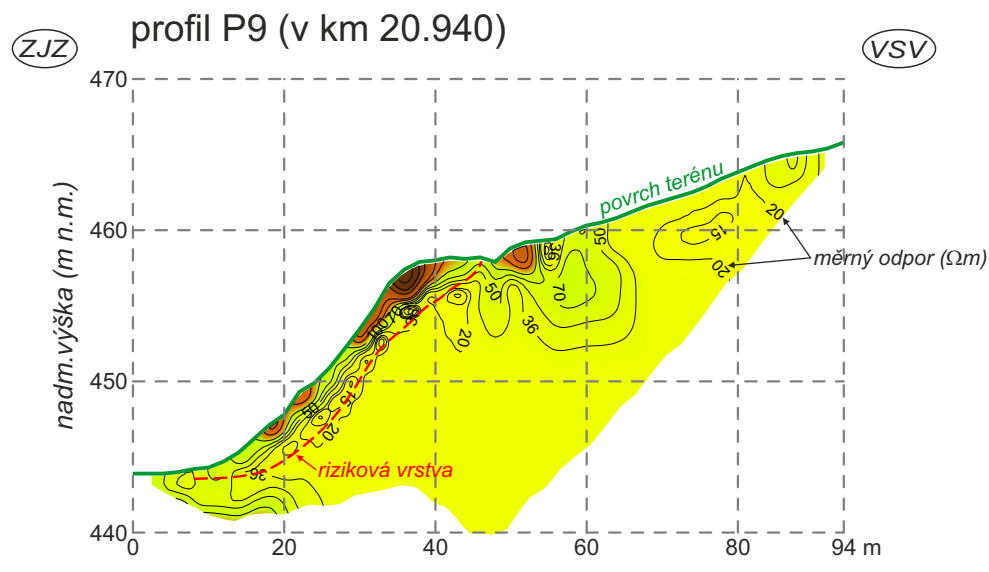
Příl. 4

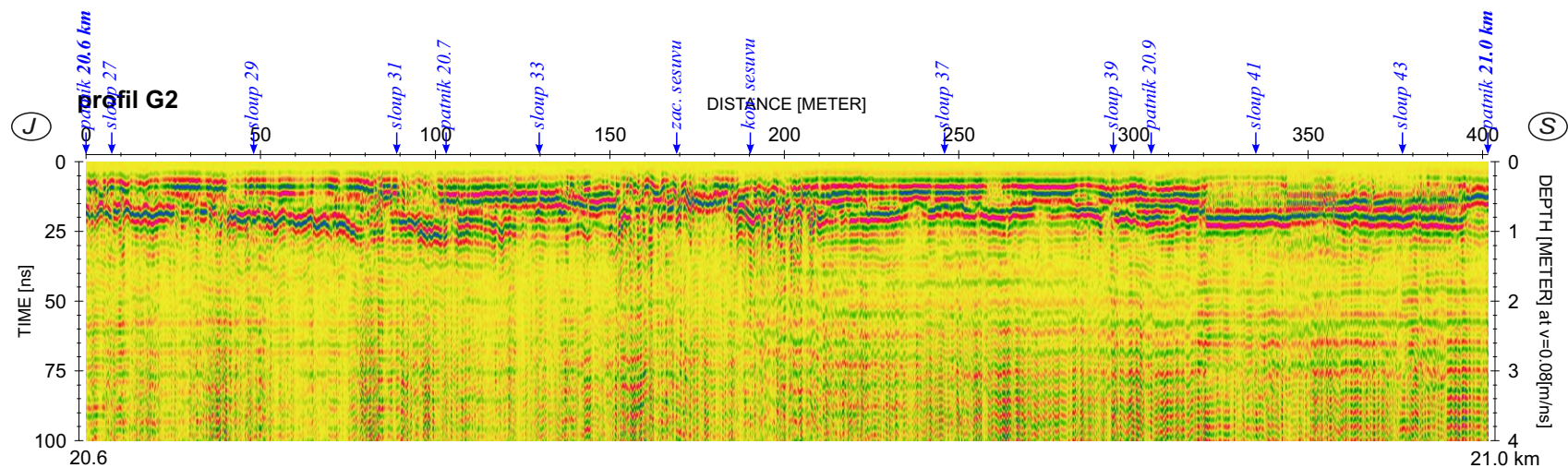
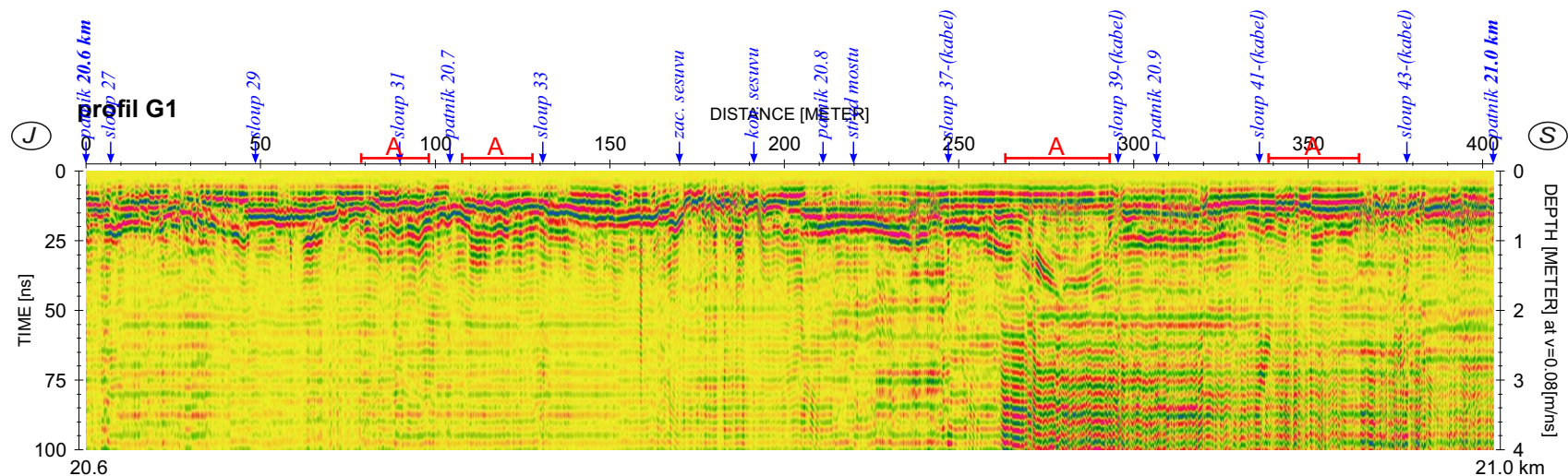
Valašská Polanka - Horní Lideč  
IG průzkum  
Lidečko, sesuv svahu km 20,770 - 20,800  
**GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM**

Odporové řezy dle MEM  
na profilech P1 až P4

1 : 1 000 / 500

22-063





**A** georadarové anomálie  
(poklesy pod levou kolejí)



**Příl. 6**

**Valašská Polanka - Horní Lideč**  
**IG průzkum**  
**Lidečko, sesuv svahu km 20,770 - 20,800**  
**GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM**

**Georadarové řezy na profilech**  
**G1 a G2**

**1 : 2 000 / 100**

**22-063**