

GEOMETRICKÉ FAKTORY LIMITUJÍCÍ LOKALIZACI HORIZONTÁLNÍCH DŮLNÍCH DĚL POUŽITÍM METODY OT

GEOMETRIC FACTORS LIMITING OF HORIZONTAL MINES WORKINGS USING THE ERT METHOD

Aleš Poláček¹, Bladimir Cervantes², Petr Balcar³, Petr Buněk⁴

Abstrakt

V článku je zpracována problematika možnosti použití odporové tomografie (OT) při vyhledávání SDD. Tato studie také ověřuje geometrické faktory limitující lokalizaci horizontálních důlních děl použitím metody ERT. Práce je založena na provádění praktického geoelektrického měření metodou odporové tomografie, na interpretaci výsledků geoelektrických pseudořezů a posouzení vlivu rozestupu měřících elektrod na rozlišovací schopnost zvoleného uspořádání. Rovněž je založena na posouzení vlivu konfigurace elektrod při měření v závislosti na hloubce hledaného horizontálního starého důlního díla (SDD). Ukazuje se, že existující důlní dílo se velmi dobře projeví, když jeho rozměry odpovídají vzdálenosti mezi elektrodami. V případě, že je průřez důlního díla zachován v místě měření, pak je nejvhodnější použít uspořádání elektrod v kombinaci WSCH.

Abstract

This paper analyzes the possibility of using electrical resistivity tomography (ERT) in the localization of old horizontal mines. This study also verifies how the geometric factors limit the localization of the old horizontal mines using the method ERT. The work is based on the practical implementation of geoelectrical measurements, the interpretation of the results of geoelectrical pseudo-sections and the evaluation of the spacing electrodes. It is also based on an assessment of the influence of electrode configuration for measuring the depth of the old horizontal mines. Apparently, the existing old horizontal mine is proving very good when its dimensions are similar at the distance between the electrodes. In the case that the cross section of the old horizontal mine is preserved will be the best disposition to use the configuration Wenner-Schlumberger.

Klíčová slova

odporová tomografie (OT), stará důlní díla

Keywords

Electrical Resistivity Tomography (ERT), old horizontal mine

1 Úvod.

Nutným dědictvím hornické činnosti, která probíhala na našem území několik staletí, jsou stovky důlních děl v podzemí. Existující, mnohdy nedokonale založená zejména mělká horizontální důlní díla v mnoha případech negativně ovlivňují ráz krajiny. V jejich nadloží dochází povrchovým deformacím různého stupně a rozsahu, které mohou vést až ke vzniku propadů, apod.

Zahlazování těchto negativních vlivů dobývání na životní prostředí představuje náročný a různě složitý proces, který závisí na znalosti polohy konkrétního důlního díla v horninovém masívu, na znalosti jeho průběhu, na znalosti jeho rozměrů a mnoha dalších faktorech. Je nutno mít na zřeteli, že v mnoha případech se jedná o stará důlní díla mnoho desítek, výjimečně až stovek let, u nichž neexistují relevantní data nutná k jejich přesnému vymezení a následně provedení jejich likvidace dle současných právních norem.

Úspěšné vymezení polohy určitého důlního díla závisí na různých typech geologicko-průzkumných prací. Máme na mysli zejména racionální rozsah kombinace nepřímých průzkumných metod – metod geofyzikálních a přímých průzkumných metod – metod vrtného průzkumu.

V tomto příspěvku jsou uvedeny výsledky získané testováním metody elektrické odporové tomografie (dále metody ERT) na lokalitě Svatoňovice-Štola G. Kolektiv autorů se zabývá zejména některými metodickými aspekty, které mohou ovlivnit konečný výsledek měření – dohledání horizontálního důlního díla.

2 Formulace konkrétní úlohy – dohledání určitého objektu.

Vyhledávání horizontálních důlních děl je úloha značně komplikovaná, protože vzájemně spolupůsobí celá řada faktorů, které se mohou měnit nejen případ od případu, ale i v průběhu měření na jedné lokalitě a to i pouze změnou místa zvoleného geofyzikálního profilu. Složitost horninového prostředí (samotné geologické poměry, skutečná podoba hledaného důlního díla v místě měření a jeho nejbližším okolí, někdy i plošně omezená oblast průzkumu, v některých případech intenzivní poruchová fyzikální pole) způsobuje, že jak aplikace geofyzikálních metod, tak i jejich interpretace, je často velmi komplikovaná a v některých případech nemusí vést k úspěšnému vymezení hledaného důlního díla. Staré důlní dílo se může obecně projevovat odlišným fyzikálním charakterem měřeného fyzikálního pole. V našem případě budeme mít na mysli především změnu rezistivity, která ovlivňuje získaný fyzikální obraz sledovaného prostředí, v němž se předpokládá existence důlního díla.

Pozitivní výsledek měření, provedená kvantitativní interpretace geofyzikálního měření, zahrnující především vymezení samotné existence důlního díla, případně určení hloubky důlního díla, jeho rozměrů, jeho průběhu, závisí na mnoha faktorech.

Jedním z nejvýznamnějších je především poloha důlního díla v horninovém masívu vzhledem ke zvolené síti profilů, případně jednotlivým profilům. Dalším významným faktorem jsou rozměry důlního díla, jeho hloubka pod povrchem a reálná podoba důlního díla v místě měření. Máme tím na mysli skutečnost, že průřez důlního díla (modelově je můžeme nahradit horizontálním válcem s průměrem obvykle 2 – 3 m) může být buďto zachován od vzniku důlního díla do současné doby, nebo se podoba důlního díla může měnit v závislosti na zvoleném zajištění důlního díla.

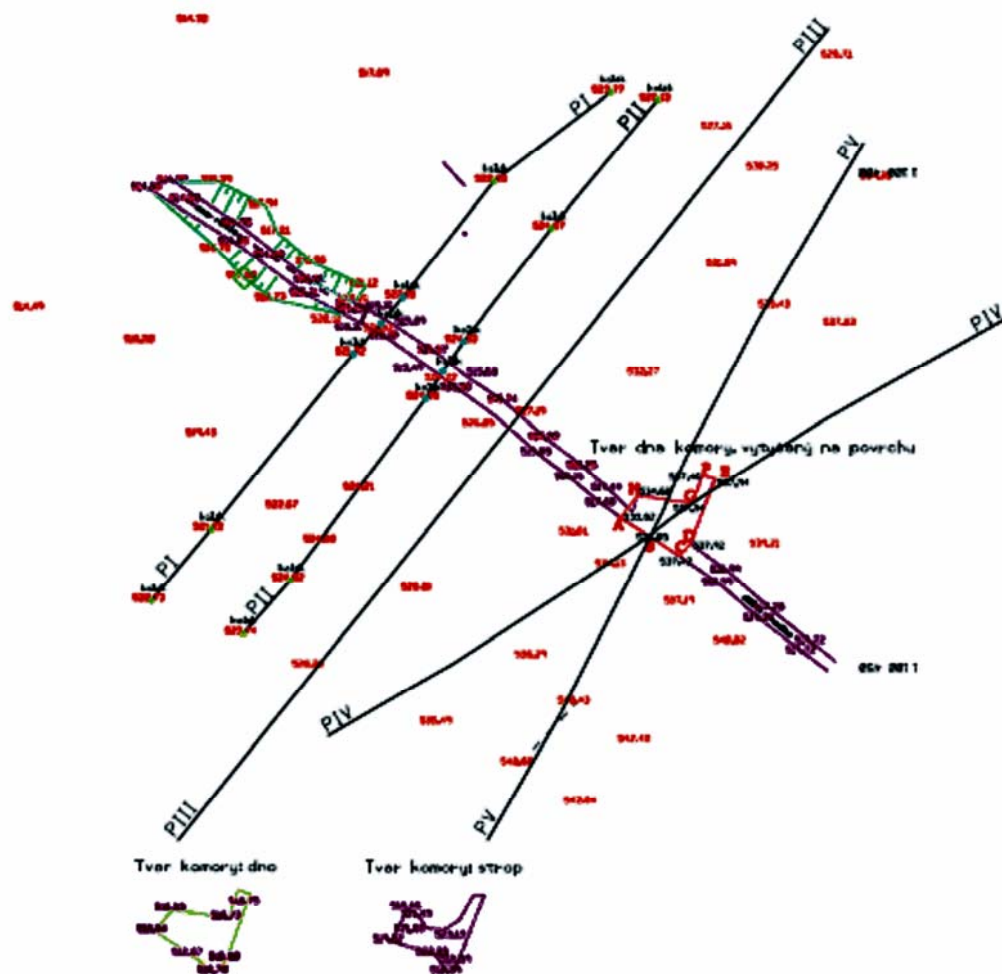
Odlišné geomechanické vlastnosti horninového prostředí mohou znamenat v některých případech i vytvoření zóny uvolněného napětí kolem důlního díla. Tato rozvolněná zóna (konkrétně se může projevit až propadáním stropu) může ovlivnit získaný fyzikální obraz, což může vést k vytvoření příznivějších podmínek pro naplnění hlavního cíle geofyzikálního měření – vymezení místa s existencí důlního díla.

Dalším významným faktorem jsou hydrogeologické poměry v místě měření. Tyto se mohou měnit v závislosti na ročním klimatickém cyklu. Různé období pro měření, z tohoto pohledu větší obsah vody v konkrétním důlním díle, může být příznivým faktorem, který umožní jeho jinak problematickou nebo nejednoznačnou lokalizaci. Důležitým faktorem je poloha (orientace důlního díla) v prostoru. Ideálním případem situace, kdy pod horizontálním povrchem se nachází horizontální důlní dílo. Obvyklým případem však může být horizontální důlní dílo pod různě ukloněným povrchem terénu, na němž se provádí vlastní geofyzikální měření.

3 Výsledky měření na lokalitě Svatoňovice štola – G.

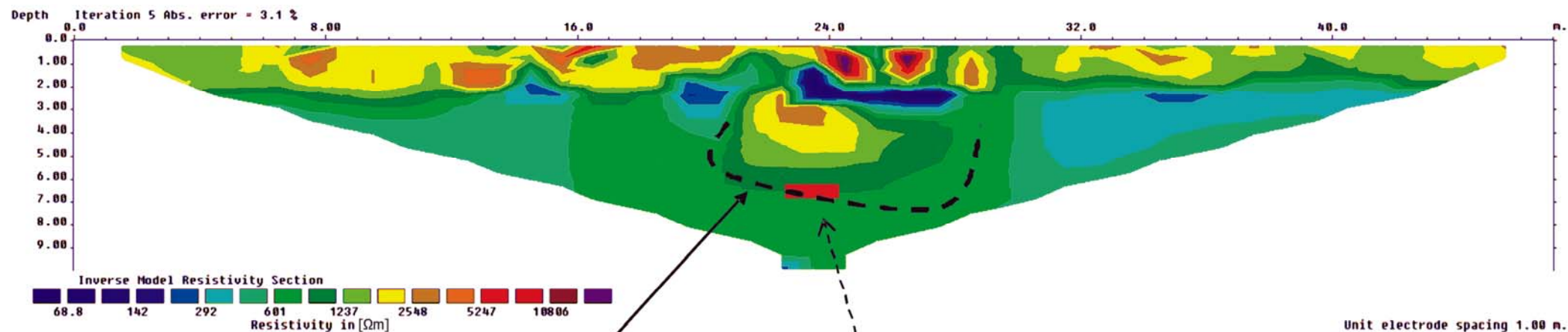
Lokalita se nachází asi 5 km sz. od města Vítkov v okrese Opava. Lze ji zařadit do kulmského vývoje flyšové facie spodního karbonu. Kulmská facie litologicky představuje souvrství střídajících se jílových břidlic, pískovců a drob.

Štola se nachází asi 1,5 km severně od obce Svatoňovice, v udržovaném lesním porostu u bezejmenného potoka, který je přítokem řeky Moravice za přehradní hrází Kružberk. V dané lokalitě byly původně dvě těžební štoly G a H. Nebylo zjištěno časové rozpětí funkčnosti štol, ani jejich začátek a ukončení těžby. Jedná se o nezajištěný opuštěný objekt. Dnešní ústí štoly G je v terénu snadno viditelné. Otevřené ústí štoly je v nízké stěně. Rozměry SDD jsou asi 170 cm – světlá výška a 180 cm – šířka. Délka štoly G je cca 60 m. (Segeřa, 2011). Viz obr. 1.

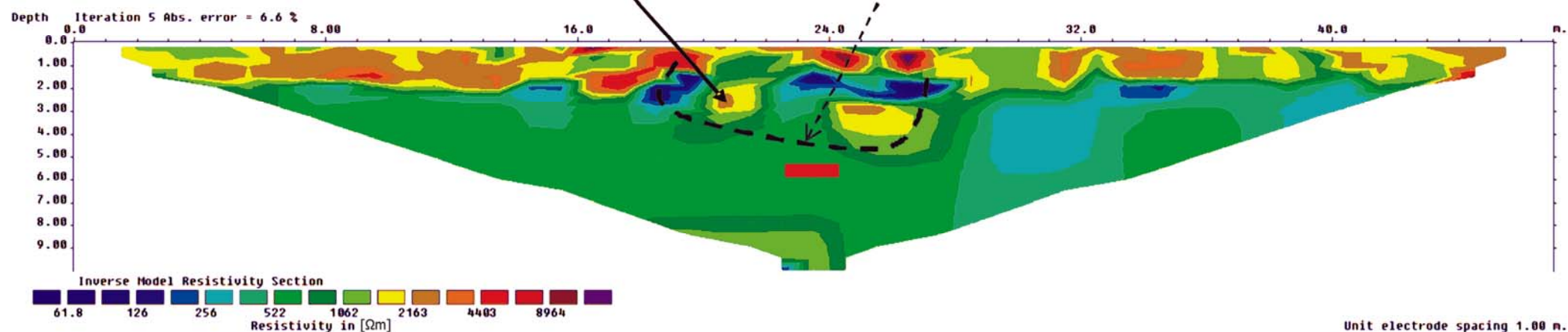


Obr. 1 Schematické znázornění geofyzikálních profilů, Svatoňovice štola G

Profil P I - hloubka počvy štoly cca 6 m,
WSCH, vzdálenost elektrod 1 m



DD, vzdálenost elektrod 1 m



Obr. 2 Interpretované vertikální odporové řezy na P I – Svatoňovice, štola G

Geoelektrické měření zde bylo postupně provedeno celkem na třech cca rovnoběžných profilech, cca kolmých na předpokládaný průběh důlního díla. Každý profil (bez ohledu na jeho délku) byl situován tak, aby jeho střed byl vždy nad předpokládaným důlním dílem.

Vzhledem k tomu, že ústí štoly se nachází ve svahu, byla u každého profilu postupně větší vzdálenost o počvy důlního díla. V případě profilu P 1 to bylo cca 6 m, v případě profilu P 2 pak cca 10 m, u profilu P 3 pak cca 12 m. Další dva profily P 4 a P 5 byly voleny nikoliv po vrstevnici, ale z důvodu nepříznivého povrchu terénu a vzhledem k relativně malému rozměru komory na konci štoly ve tvaru ležatého písmene X. Hloubka počvy komory v tomto případě byla cca 18 – 20 m. Situační schéma všech profilů je znázorněno na obr. 1. Data popisující geometrické poměry místa měření byla získána geodetickým zaměřením jak uvedených profilů, tak průběhu štoly. Rekognoskací průřezu štoly bylo zjištěno, že světlý průřez se v proměřovaném úseku mění minimálně, takže interpretace geofyzikálního měření vychází z následujících skutečností.

Geologické poměry se v průběhu celé štoly neměnily, nebylo pozorováno žádné výrazné tektonické porušení. Stejně tak pro vlastní interpretaci bylo možné předpokládat stejný průřez štoly. Měnila se pouze vzdálenost počvy důlního díla pod povrchem. Měření probíhala navzájem za stejných klimatických podmínek, před vlastním měřením nedocházelo několik dní k výrazné srážkové činnosti.

Profily P I a P II byly změřeny uspořádáními v kombinaci Wenner-Schlumberger (WSCH) a dipól-dipól (DD). Porovnáním získaných výsledků bylo u dalších měření upuštěno od uspořádání DD. V tomto příspěvku jsou uvedeny pouze vybrané výsledky na většině profilů, které mohou zejména z metodického hlediska být přínosem při provádění podobných měření. Vzdálenosti sousedních elektrod byly postupně měněny, délky profilů byly voleny tak, aby předpokládaná hloubka proměřovaného důlního díla byla menší, než interpretovaný hloubkový dosah u jednotlivých uspořádání. Měření bylo zpracováváno programem RES2DMOD (Loke, 1999).

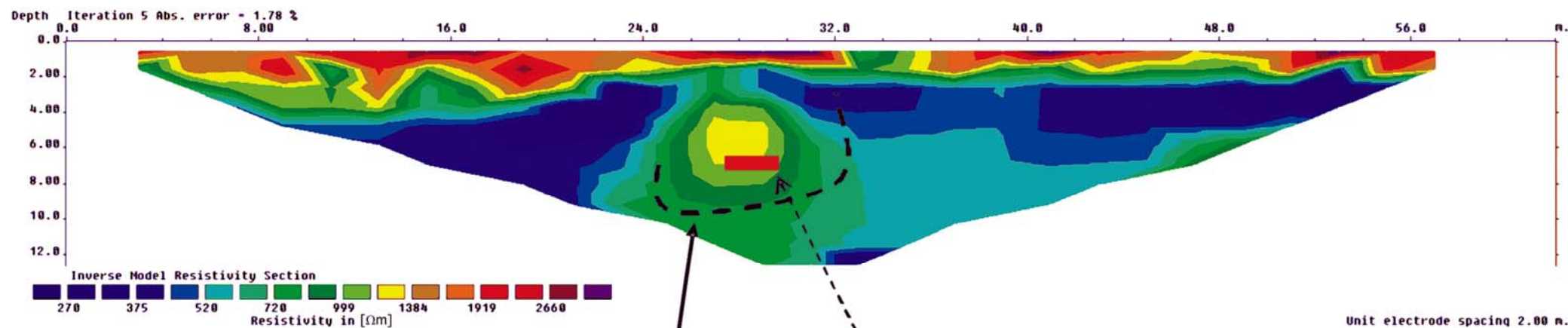
3.1 Profil P-I.

Počva štoly se pod tímto profilem nachází v hloubce cca 6 m. Výsledky měření jsou znázorněny na obr. 2 až obr. 4. Z obr. 2 vyplývá, že při vzdálenosti mezi elektrodami 1 m, je projev důlního díla problematický u obou uspořádání, jak naznačuje střed počvy štoly pod povrchem. Jeho hloubku na základě interpretace je možné situovat do cca 2 – 3 m, což neodpovídá skutečnosti. V případě uspořádání DD jsou výsledky ještě problematičtější, než je tomu u uspořádání WSCH. Na obr. 3 jsou znázorněny získané výsledky na základě podobného měření, pouze vzdálenost mezi elektrodami byla volena 2 m. V tomto případě průběh štoly charakterizují lépe výsledky získané uspořádáním WSCH. V případě vzdálenosti mezi elektrodami 3 m, pak lze na přítomnost důlního díla usuzovat pouze na základě zvýšených hodnot zdánlivého měrného odporu v místě jeho předpokládaného výskytu (obr. 4).

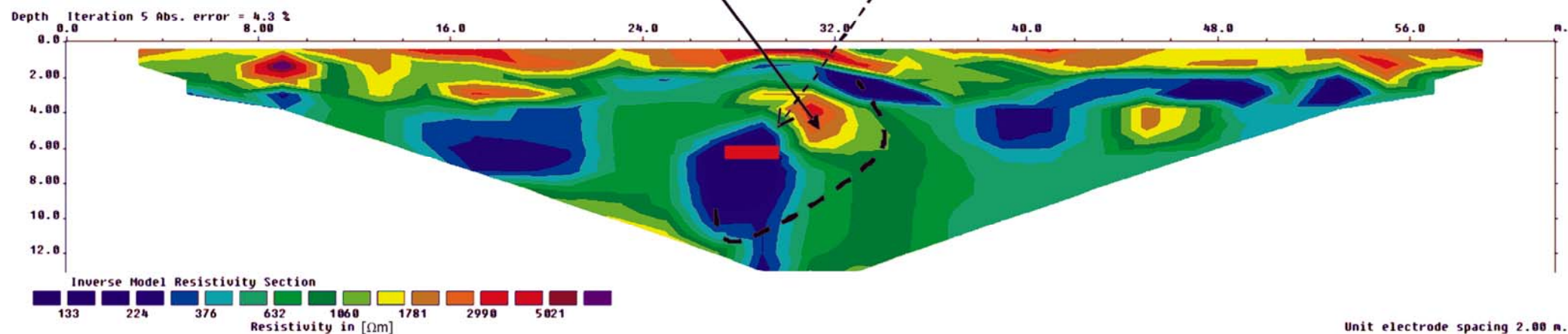
3.2 Profil P II.

Počva štoly se pod tímto profilem nachází v hloubce cca 10 m. Výsledky měření jsou znázorněny na obr. 5. Vzhledem k problematickým výsledkům zjištěným při vzdálenosti mezi elektrodami 1 m, bylo měření provedeno pouze při vzdálenosti elektrod 2 m, která se dříve ukázala jako optimální. V tomto případě při použití uspořádání WSCH lze konstatovat, že vysokoodporová anomálie cca v metrů 31 m, v hloubce cca 5 – 7 m odpovídá důlnímu dílu. Při zvětšení vzdálenosti mezi elektrodami 3 m, získaný odporový obraz neodpovídá projevu typickému pro horizontální důlní dílo.

Profil P I - hloubka počvy štoly cca 6 m,
WSCH, vzdálenost elektrod 2 m



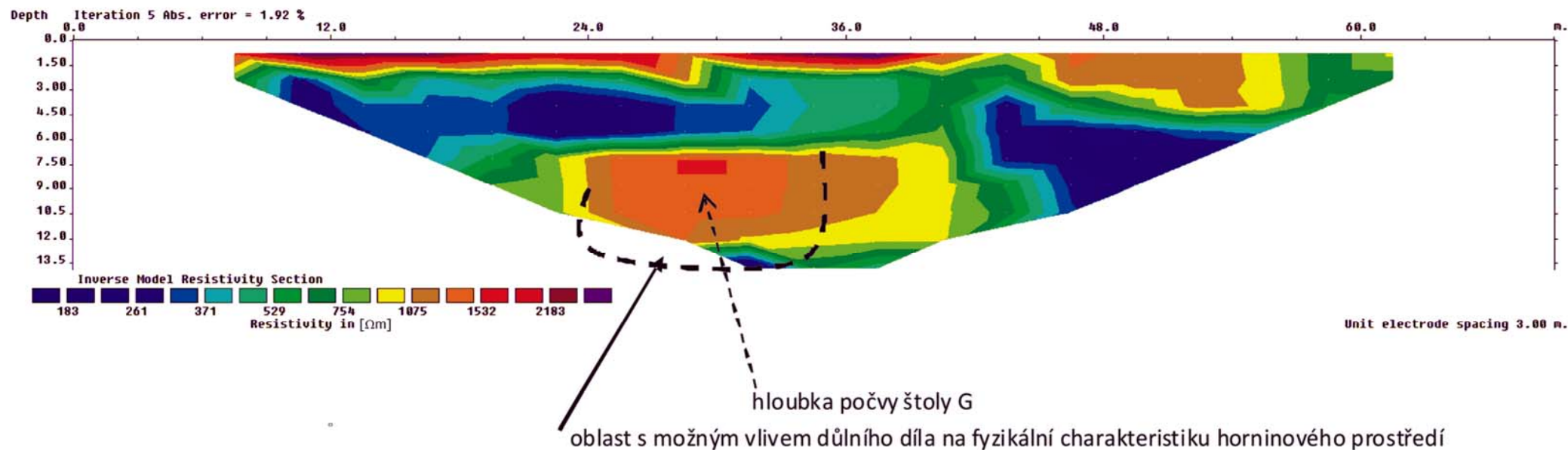
DD, vzdálenost elektrod 2 m



oblast s výrazným vlivem důlního díla na fyzikální charakteristiku horninového prostředí
hloubka počvy štoly G

Obr. 3 Interpretované vertikální odporové řezy na P I – Svatoňovice, štola G

Profil P I – hloubka počvy štoly cca 6 m,
WSCH, vzdálenost elektrod 3 m



Obr. 4 Interpretované vertikální odporové řezy na P I – Svatoňovice, štola G

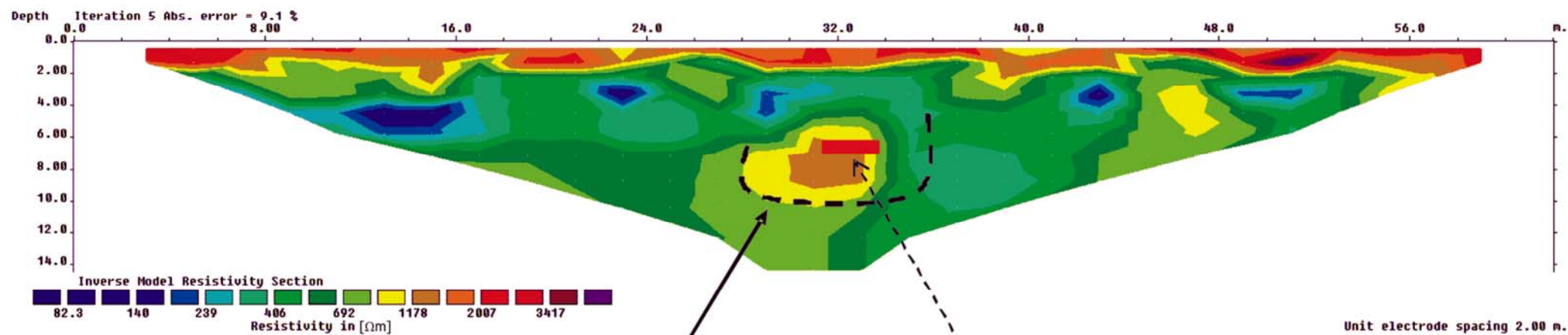
3.3 Profil P III.

Počva štola se pod tímto profilem nachází v hloubce cca 12 m. Výsledky měření při vzdálenosti mezi elektrodami 2 m jsou znázorněny na obr. 6. Vzhledem k poznatkům zjištěným při měření na profilu P II, byla zvolena vzdálenost mezi elektrodami opět nejdříve 2 m, pak pokusně zvětšena na 3 m. V obou případech hledané důlní dílo neovlivnilo velikost měrného odporu natolik, aby se ve vertikálních odporových charakteristicky projevilo.

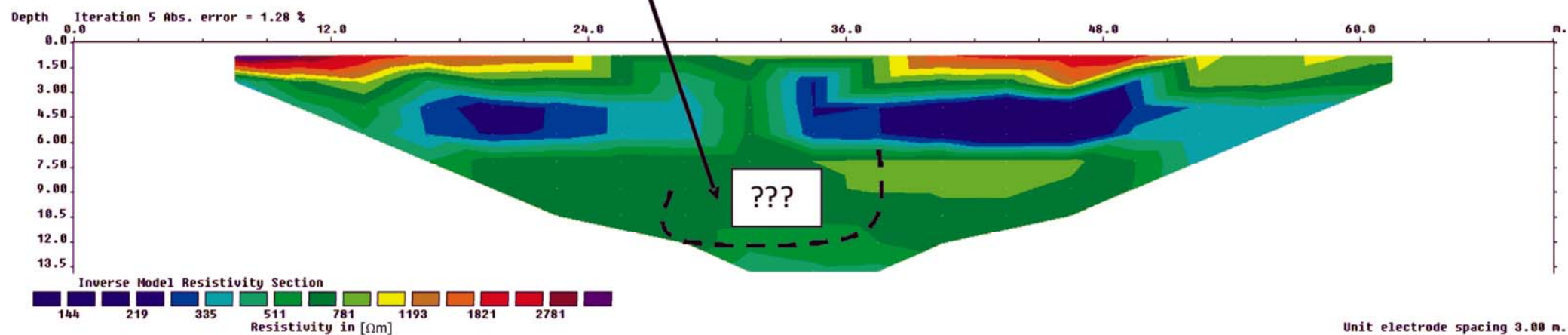
3.4 Profil P IV.

Počva štola se pod tímto profilem nachází v hloubce cca 18 - 20 m. Výsledky měření při vzdálenosti mezi elektrodami 4 m jsou znázorněny na obr. 7. Vzdálenost mezi elektrodami byla zvolena vzhledem ke známým rozměrům komory, nad níž bylo prováděno geoelektrické měření. Získaný odporový obraz naznačuje možnost existence důlního díla, avšak v žádném případě nelze usuzovat ani na jeho hloubku, případně rozměry.

Profil P II - hloubka počvy štoly cca 10 m,
WSCH - vzdálenost elektrod 2 m

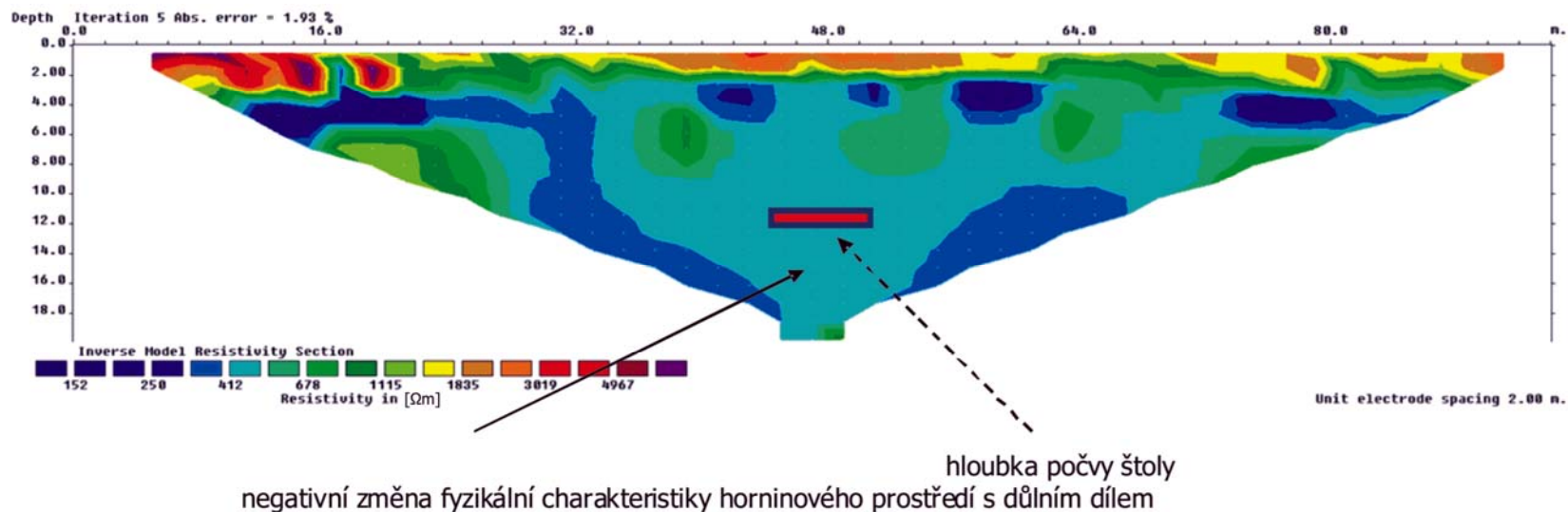


WSCH - vzdálenost elektrod 3 m



Obr. 5 Interpretované vertikální odporové řezy na P II – Svatoňovice, štola G

Profil P III – hloubka počvy štoly cca 12 m
WSCH, vzdálenost elektrod 2 m



Obr. 6 Interpretovaný vertikální odporový řez na P III – Svatoňovice, Štola G

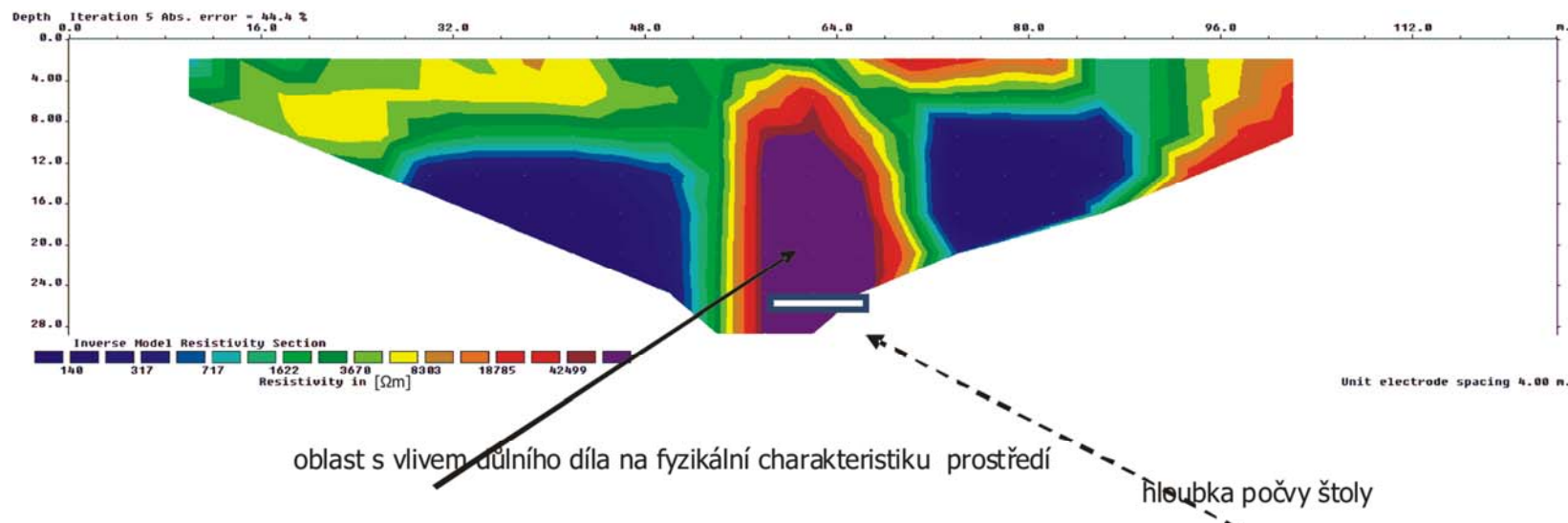
Diskuze, závěry a doporučení.

Na základě zhodnocení získaných výsledků měření metodou ERT na lokalitě Svatoňovice, štola – G lze konstatovat, že tato metoda je na vyhledávání horizontálních důlních běžných rozměrů vyskytujících se v malých hloubkách použitelná. Nicméně z metodického hlediska se ukázalo, že hlavní faktory, které ovlivní konečný výsledek měření a tím i kvantitativní interpretaci, je skutečná podoba důlního díla v místě měření a jeho hloubka pod povrchem. Rozměr důlního díla, v našem případě cca 2 m krát 2 m určuje volbu optimální vzdálenosti mezi elektrodami při měření 2 m, resp. 4 m (u komory). To tedy znamená, že úspěšnost měření je podmíněná kvalitou informace o dohledávaném důlním díle.

V případě, kdy je důlní dílo nezaloženo a jeho průřez pod místem měření odpovídá údajům z důlní dokumentace o něm, pak je jeho úspěšná lokalizace možná spíše při uspořádání WSCH. Vzdálenost elektrod by měla při podobných měřeních odpovídat jeho rozměrům. Na základě provedených měření i na jiných lokalitách se ukazuje, že jeho polohu v horizontálním směru (souřadnice X a Y) lze na základě měření metodou OT vymezit, určení jeho hloubky (souřadnice Z) je však méně přesné. Ověření každého získaného výsledku je nutné vrtným průzkumem.

Dále je nutné při měření využít možností použité aparatury a zvolit alespoň dvě uspořádání elektrod, v našem případě kombinaci WSCH a DD. Nelze vyloučit, že změněná podoba důlního díla v různých místech jeho lokalizace ovlivní i optimální volbu vzdálenosti mezi elektrodami.

Profil P IV – hloubka počvy štoly cca 18 m
 WSCH – vzdálenost elektrod 4 m



Obr. 7 Interpretovaný vertikální odporový řez na P IV – Svatoňovice, Štola G

Tento příspěvek vznikl díky řešení projektu FR-TIR 3/520 Věda a výzkum projevů hornické činnosti k fyzikálním proměnám charakteristik horninového prostředí.

Literatura

GF INSTRUMENTS *Automatický Geoelektrický Systém ARES* [online]. Available at: WWW <<http://www.gfinstruments.cz>

KAROUS, M. *Geoelektrické metody průzkumu*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1989.

LOKE, M. H. Tutorial: *2D and 3D electrical imaging surveys*. (2012). <http://www.umd.edu/geosciences/faculty/sheriff/495->

SEGETA, K. *Věda a výzkum projevů hornické činnosti ve vztahu k fyzikálním proměnám charakteristik horninového prostředí, Ložisko Moravických posidoniových břidlic*. Ostrava: GSP s.r.o., Ostrava, 2011.

POLÁČEK, A., CERVANTES, B, A. *Zpráva o geofyzikálním měření na lokalitě Štola G – Svatoňovice. VŠB Ostrava, 2011.*

POLÁČEK, A., CERVANTES, B, A. *Zpráva o geofyzikálním měření na lokalitě Štola G – Svatoňovice. VŠB Ostrava, 2012*

Autoři

¹ Ing. Aleš Poláček, CSc., VŠB-Technická universita Ostrava, HGF, tř. 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, ales.polacek@vsb.cz

² Ing. Bladimir Cervantes, VŠB-Technická universita Ostrava, HGF, tř. 17. listopadu 15, Ostrava-Poruba, cervantesrba@vsb.cz

³ Ing. Petr Halfar, GSP s.r.o., Ostrava-Poruba, Klimkovická 142, 708 00 Ostrava-Poruba, halfar@gspova.cz

⁴ Petr Bunčeka, GSP s.r.o., Ostrava-Poruba, Klimkovická 142, 708 00 Ostrava-Poruba, buncek@gspova.cz