

# PŘÍKLADY POUŽITÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH METOD PŘI LOKALIZACI HLAVNÍHO DŮLNÍHO DÍLA

## EXAMPLES OF USING ELECTROMAGNETIC METHODS FOR LOCALIZATION OF THE MAIN SHAFT

*Jiří Nedvěd<sup>1</sup>*

### **Abstrakt**

V předkládaném příspěvku uvádíme příklady lokalizace hlavního důlního díla na lokalitě v Kašperských Horách, kde byla dohledávána poloha jámy dolu Masné krámy, a na lokalitě Droužkovice u Chomutova, kde byly dohledávány polohy jam 12 i A. Tyto příklady použití elektromagnetických metod – elektromagnetického dipólového profilování (DEMP) a georadaru – byly vybrány proto, že výsledky nedestruktivního geofyzikálního průzkumu byly ověřeny přímými metodami. Na lokalitě v Kašperských Horách byla interpretovaná možná poloha jámy Masné Krámy úspěšně ověřena pomocí těžké dynamické penetrace a vrtnými pracemi, které byly provedeny pro ověření charakteru zásypu jámového stvolu. Na lokalitě Droužkovice u Chomutova byla po odstranění skrývky úspěšně ověřena interpretovaná poloha jámy 12. Jámu A na uvedené lokalitě se pomocí elektromagnetických metod nepodařilo lokalizovat, protože zásyp jámového stvolu nevykazoval fyzikální kontrast vůči okolním prostředí.

### **Abstract**

In the presented article we give examples of localization of vertical main shaft by electromagnetic methods in the Kašperské Hory, where detected position of the pit of the mine Masné Krámy, and in the locality of Droužkovice u Chomutova, where pits 12 and A were try located. These examples of application of electromagnetic methods – georadar and Dipole Electromagnetic Profiling (DEMP) - were selected, because in these cases results of non-destructive geophysical survey were verified by direct methods. On the site in Kašperské Hory was successfully validated interpreted probable the location of the main shaft Masné Krámy by using heavy dynamic penetration and borehole works, which have been carried out to verify character of refilling of the pit shaft. On the site in Droužkovice u Chomutova was after the removal of overburden validated successfully interpreted the position of the main shaft 12. The main shaft A on the site by using the electromagnetic methods failed to locate, because refilling of the pit was without the physical contrast to the surrounding environment.

### **Klíčová slova**

*georadar, dipólové elektromagnetické profilování, hlavní důlní dílo*

# 1 Úvod

Vyhledávání svislých důlních děl pomocí geofyzikálních metod je náročná úloha, protože jejich detekovatelný anomální projev je plošně omezen. Proto měření vyžadují vysokou hustotu dat resp. hustou profilovou síť, kdy vzdálenost mezi profily se volí menší než předpokládaný půdorysný rozměr svislého hlavního důlního díla. Pro úspěšnou lokalizaci musí být rovněž splněn požadavek kontrastu sledovaných fyzikálních parametrů hledaného objektu vůči okolnímu prostředí, který může být nedostatečný vzhledem ke stáří důlních děl a malé diferenciaci prostředí bývalého jámového stvolu a okolních hornin, kdy jámy byly zasypávány různorodým materiálem, především haldovinou, jílovitou zeminou, popelem a pod.

Na uvedených lokalitách byly nejprve plošně použity elektromagnetické metody – georadar a dipolové elektromagnetické profilování (DEMP) jako rychlé a relativně levné metody a předpokládalo se, že v interpretovaných anomálních místech bude provedeno měření dalšími geofyzikálními metodami a to mikrogravimetrií popř. elektrickou odporovou tomografií (ERT). Na lokalitě v Kašperských Horách však bylo rozhodnuto provést ověření první fáze geofyzikálního průzkumu technickými pracemi a v případě druhé lokality Droužkovice u Chomutova, vzhledem k postupu stavby, bylo ověření interpretovaných možných poloh jam z elektromagnetických měření realizováno při plánovaném odstranění skrývky.

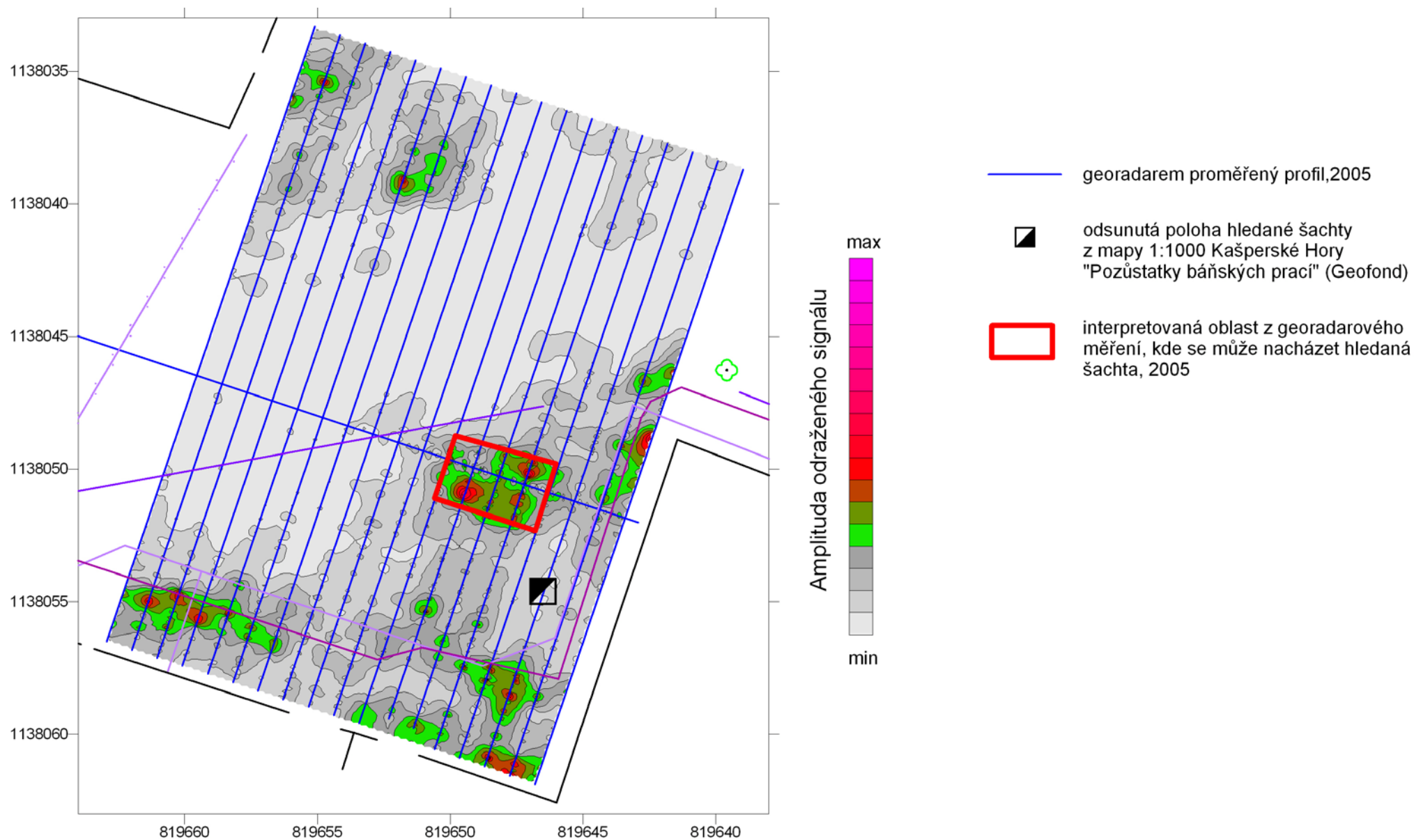
## 2 Lokalizace hlavního důlního díla Masné krámy v Kašperských Horách

Na základě archivní rešerše, která posloužila jako podklad pro podrobný geotechnický průzkum pro projektovou dokumentaci dopravní koncepce centra Kašperských Hor, byla vytipována místa starých důlních děl. Jedno z nich – důl Masné krámy – bylo předmětem těchto průzkumných prací.

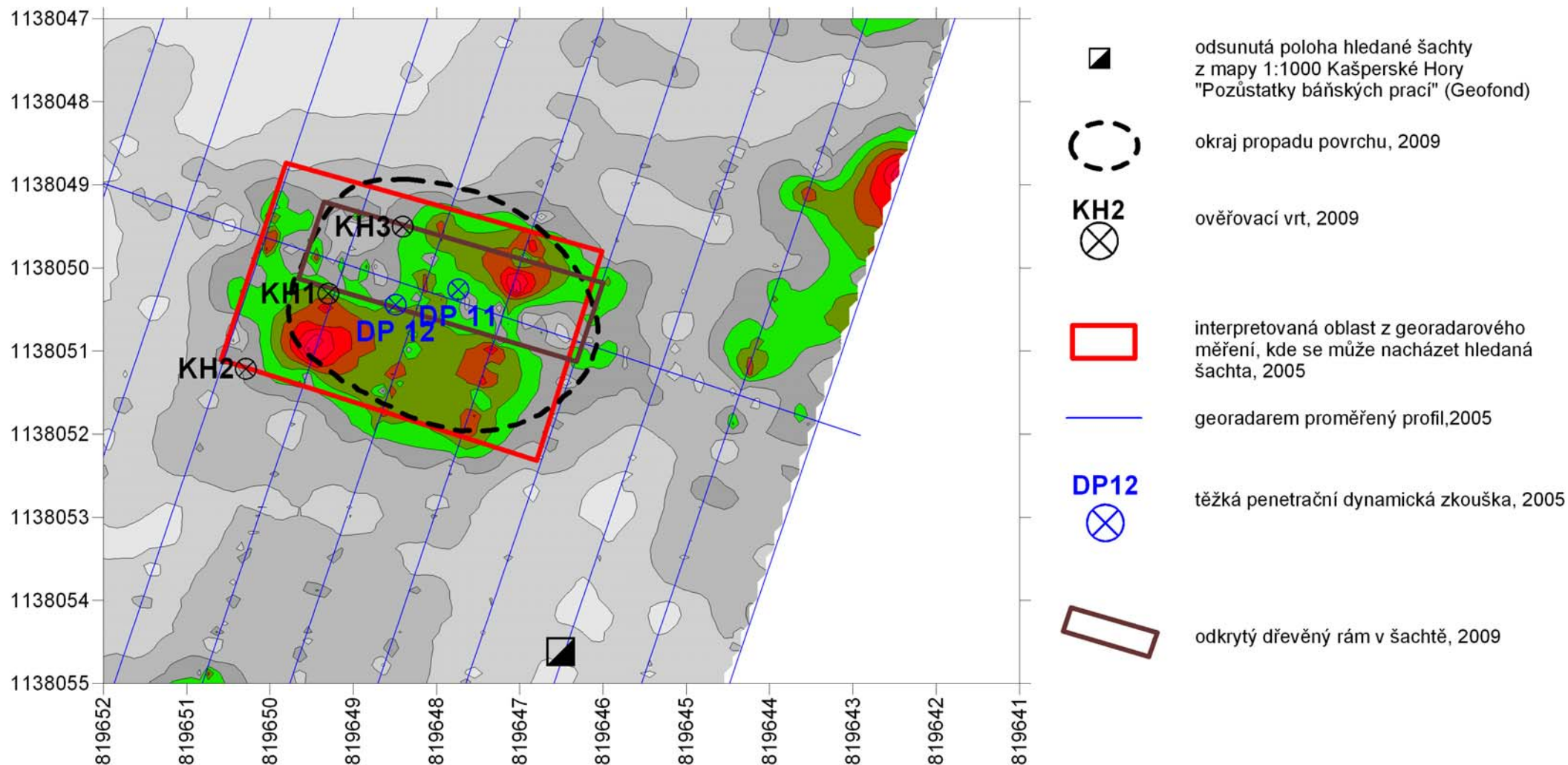
V centru města se předpokládají do hloubky cca 1.5 m silně hlinité písky, v jejichž podloží budou eluvia pararul charakteru slabě hlinitých písků s úlomky pararul do hloubky cca 2.0 až 2.5 m. Dále eluvia přechází do silně zvětralých pararul a od hloubek 3.0 – až 4.0 m lze očekávat mírně zvětralé pararuly.

Sled prací byl následující:

- V roce 2003 byla provedena studie inženýrsko-geologických poměrů a vytipování starých důlních děl v prostoru náměstí v Kašperských Horách.
- V říjnu 2005 byl proveden georadarový průzkum na dohledání polohy jedné ze tří šachet dolu Masné krámy na ploše před restaurací Pod věží v jižní části náměstí v Kašperských Horách.
- V prosinci 2005 bylo provedeno geotechnické ověření možné polohy šachty, která byla interpretovaná z georadarového měření, pomocí těžké penetrační dynamické zkoušky.
- V červnu 2009 byl proveden vrtný průzkum na kontrolní ověření výše uvedené georadarové anomálie a na ověření zda v šachtě je zásyp v celém profilu či zda jsou v šachtě kaverny, které by v případě destrukce mohly ohrozit stabilitu povrchu náměstí.



**Obr. 1** Mapa izolinií amplitudy odraženého georadarového signálu v hloubce cca 1.5 m



**Obr. 2 Detail situace průzkumných prací**

Účelem georadarového měření bylo upřesnit polohu jedné ze tří šachet dolu Masné krámy na ploše před restaurací Pod věží v jižní části náměstí v Kašperských Horách, jejíž přibližná poloha byla známa z archivních map. Na obr. 1 jsou vyobrazeny izolinie amplitudy odraženého signálu z hloubky cca 1.5 m a z georadarového měření interpretovaná oblast, ve které se může nacházet hledaná šachta.

Situace vrtných prací a penetračních zkoušek je na obr. 2. Penetračními zkouškami byl v místě georadarové anomálie ověřen prostor vyplněný převážně kyprou sypaninou – předpokládalo se, že se zřejmě jedná o starou, dnes zasypanou šachtu Masné krámy. Penetrační zkouška **DP11** vykazovala velmi nízké hodnoty penetračního odporu, místy byl zaznamenán až propad nářadí v hloubce 3.4 až 5.0 pod





*Obr. 3 Pohled na ověřované místo vrtnými pracemi, 2009*





*Obr. 4 Propad povrchu po průtrži mračen, 2009*





*Obr. 5 Očištěný bok rámu v šachtě, 2009*

povrchem terénu. V hloubce 5.8 m penetrační sonda narazila na dále neprorazitelné prostředí. Penetrační zkouška **DP 12** zastihla kyprý zásyp do hloubky 6 m, kde byla zkouška pro poruchu zařízení ukončena.

První vrt **KH 1** byl situován v prostoru anomálie zjištěné georadarem a kde sonda DP 12 prošla do hloubky 6.0 m, což je již pod úrovní zde se nalézajícího skalního podloží. Tento vrt zastihl v intervalu 3.5 – 5.1 m **dřevěný poval** z kulatiny o průměru okolo 15 cm. Ve svrchní části (cca 0.8 m) bylo dřevo ztrouchnivělé, ve vrtu byly vytaženy pouze třísky. Nad tímto 160 cm mocným povalem byly ve vrtu zastiženy antropogenní sedimenty – (navážky, zásypy).

Druhý vrt **KH 2** prošel do hloubky 3.7 m antropogenními sedimenty a byl ukončen v hloubce 4.5 m v silně jílovitě zvětralém skalním podloží – biotitických pararulách.

Vrt **KH 3** prošel antropogenními sedimenty do hloubky 5,1 m. Zde navrtal vodorovně uložené **dřevěné povaly** z kulatiny o průměru okolo 15 cm. Tato dřevěná kulatina byla vrtána až do 7.0 m. Od 7.4 m bylo soutyčí zapouštěno bez rotace a bez odporu až do 19.7 m.

Z průběhu vrtání je velice pravděpodobné, že v intervalech 14.0 – 14.5 m a 19.5 – 19.7 m jsou původní dřevěné šachetní povaly.

Ve vrtu KH 2 po vytažení pažnice začaly opadávat boky do hloubky přibližně 1,5 m a začala zde vznikat kaverna. Vrtnými pracemi se s největší pravděpodobností porušil poval nad šachtou a došlo zde k propadu materiálu do šachty a vzniku kaverny.

Při průtrži mračen ze dne 23. 6. na 24. 6. 2009 došlo k provalení povrchu terénu nad kavernou a vzniku propadu o rozměrech 3.70 x 2.80 m, hloubka 2.5 m.

Povrchové části okolí závalu byla odtěžena do hloubky 2.5 m. Zavalený materiál uprostřed závalu byl vybagrován do hloubky 3.5 m a byl zde zjištěn dřevěný rám o rozměrech cca 3.5 x 1.0 m (viz obr. 3 až obr. 5).

### **3 Lokalizace hlavních důlních děl – jámy č. 12 a jámy A u obce Droužkovice u Chomutova**

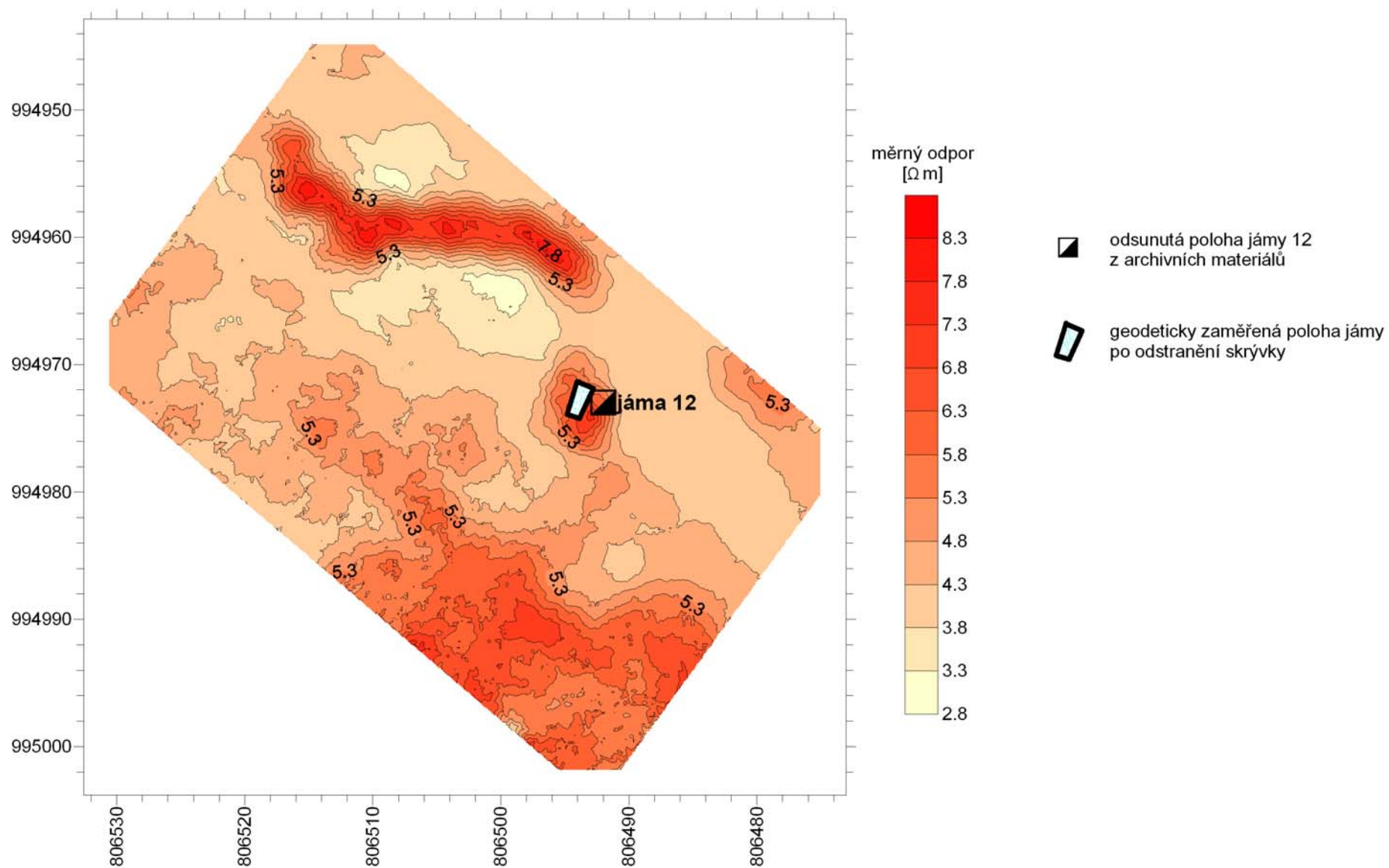
Účelem geofyzikálních prací bylo upřesnění polohy hlavních důlních děl – jámy č. 12 a jámy A. Obě hlavní důlní díla se nalézají pod tělesem nebo v bezprostřední blízkosti projektované silnice II/256 mezi km 1.3 až 1.8 a jejich stáří se odhaduje na polovinu 19. století. V báňském posudku (Havrlík, 2004) jsou uvedeny jejich souřadnice, které byly pravděpodobně odsunuty z mapy (odhadovaná přesnost  $\pm 10$  m). Předpokládané půdorysné rozměry obou jam jsou cca 1,5x1,5 m a předpokládaná hloubka je 45 m u jámy č. 12 a 40 m u jámy A. Způsob jejich likvidace je neznámý, ale lze předpokládat, že byly zasypány hlušinou s možností dřevěného povalu na ohlubni.

Předpokládané geologické poměry jsou následující: ve svrchní partii do hloubky cca 2.5 – 3.0 m se nacházejí kvartérní sedimenty (ornice, hlína, šterkopísky) a dále následují terciérní sedimenty tvořené prachovitými jíly a jílovci s třemi polohami uhelných slojí.

S ohledem na předpokládaný půdorysný rozměr dohledávaných hlavních důlních děl bylo měření georadarem a elektromagnetickým dipólovým profilováním provedena v systému rovnoběžných profilů s odstupem 1 m. V případě jámy č. 12 byla proměřena plocha 30x50 m, protože v původně uvažované ploše se nachází zemník. Pro dohledání jámy A byla dle původní úvahy proměřena plocha 40x40 m a odsunutá poloha této jámy A se nachází ve středu této plochy.

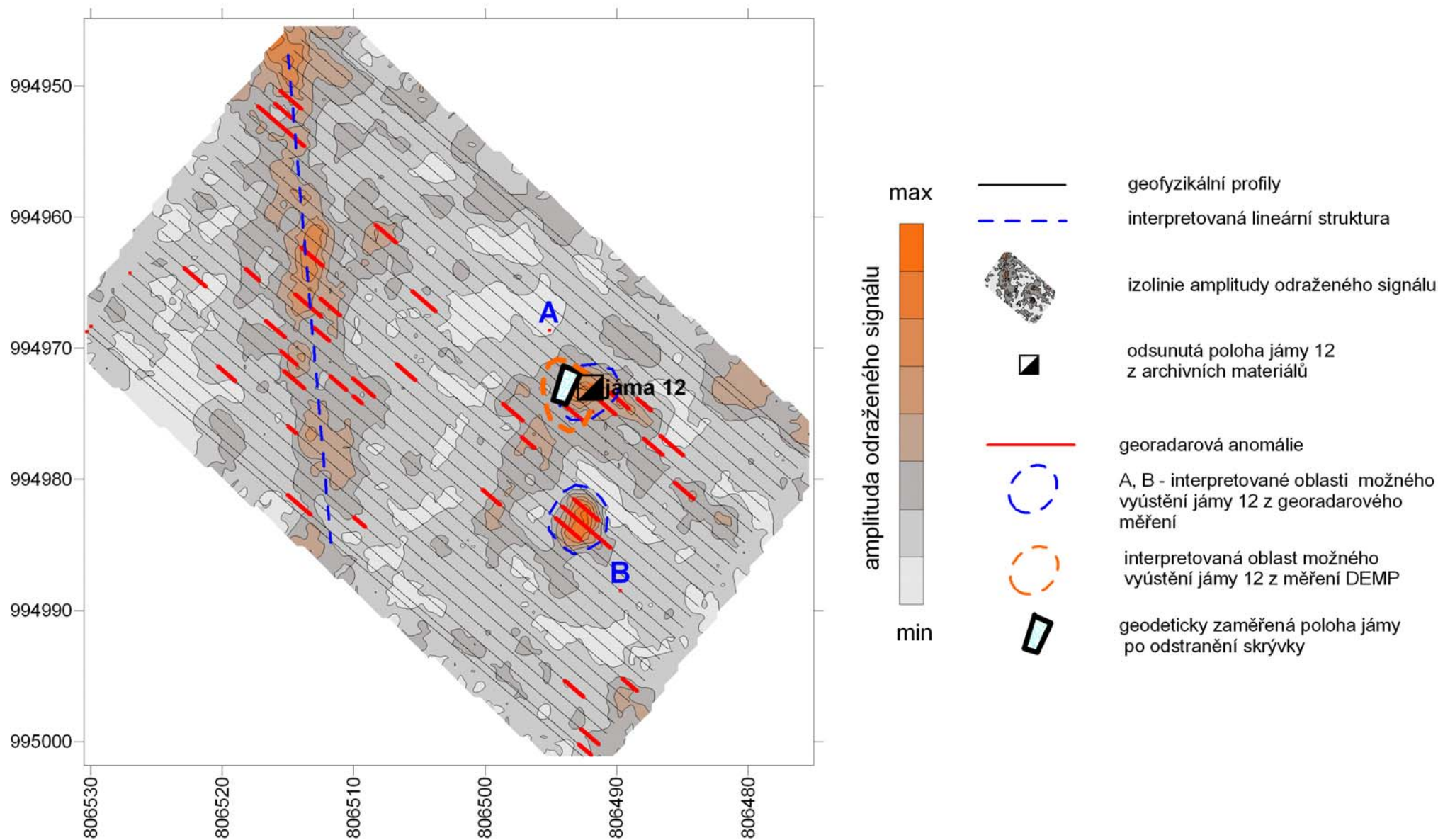


## DEMP - Droužkovice - jáma 12



**Obr. 6 Elektromagnetické dipólové profilování, izolinie měrných odporů ve vrstvě 2**

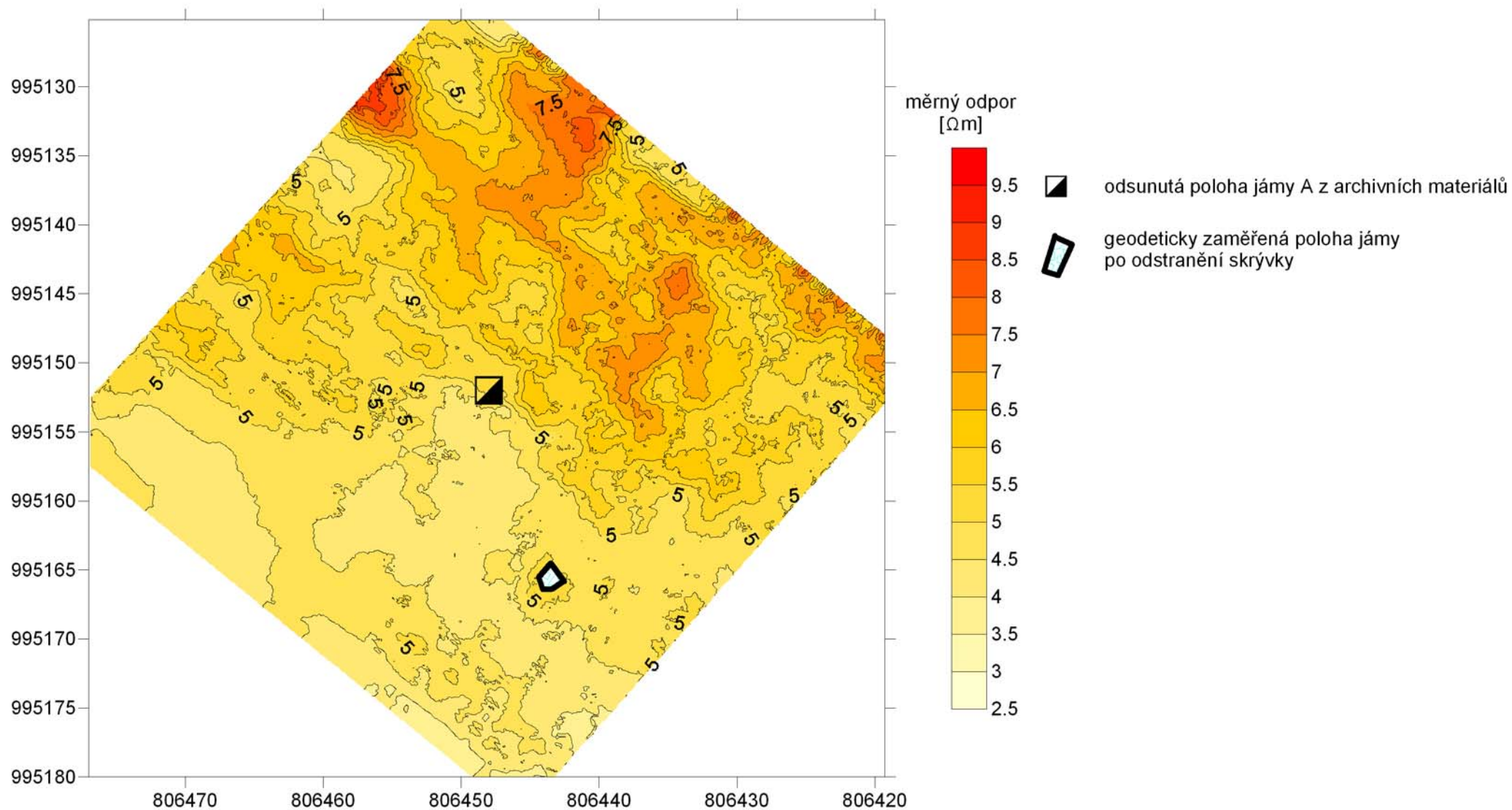
## Droužkovice - jáma 12



**Obr. 7 Interpretace georadarového měření se zákresem výsledné interpretace**

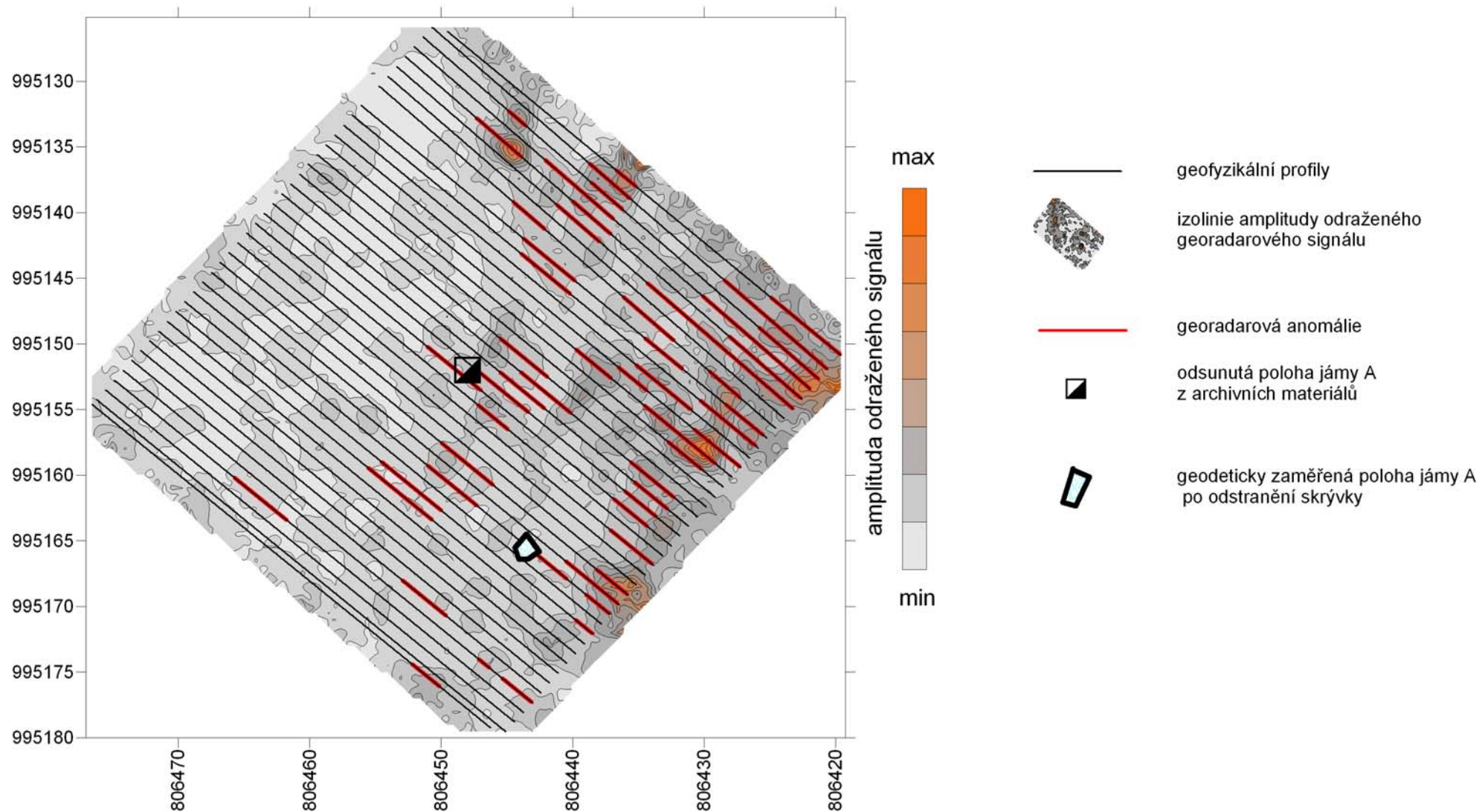


## DEMP - Droužkovice - jáma A



**Obr. 8** Elektromagnetické dipólové profilování, izolinie měrných odporů ve vrstvě 2

## Droužkovice - jáma A



**Obr. 9 Interpretace georadarového měření**



Naměřené hodnoty vodivosti byly invertovány na měrné odpory a z nich byly sestrojeny mapy izolinií měrných odporů pro 1 a 2 vrstvu pro dvouvrstevný inverzní model.

Na obr. 6 jsou znázorněny izolinie invertovaných měrných odporů pro druhou vrstvu. V místě odsunuté polohy jámy 12 byly zjištěny vyšší odpory a izolinie jsou v těchto místech uzavřené. Zároveň je na obr. 6 znázorněna skutečná poloha jámy 12, která byla geodeticky zaměřena po odstranění skrývky.

Na obr. 7 je uvedena interpretace georadarového měření, kde mimo amplitudy odraženého georadarového signálu z hloubkové úrovně cca 1,5 m jsou vyznačeny anomální projevy interpretované z jednotlivých georadarových řezů. Z georadarového měření byla interpretována dvě anomální místa (A i B), která označují oblast možného výskytu jámy a která byla navržena k dalšímu ověření. Z měření CMD je do tohoto obrázku promítnuta anomálie z obr. 6. Po odstranění skrývky a geodetickém zaměření skutečné polohy jámy 12 bylo tedy ověřeno, že anomální místo A s korelací anomálních projevů obou použitých metod indikovalo polohu dohledávané jámy 12.

V případě jámy A, viz obr. 8, se ukázala situace podstatně složitější. Elektromagnetickým profilováním v místech vytyčené jámy A nebyl zaznamenán odporový kontrast tak, jako tomu bylo v případě jámy č. 12. Zvýšené měrné odpory ve druhé vrstvě přisuzujeme lokálně většímu podílu písčité složky v jílovitých materiálech.

Georadarového měření na této ploše nevykázalo výraznější anomální změny viz obr. 9. Skutečná poloha jámy A, která byla geodeticky zaměřena po odstranění skrývky, není doprovázena anomálním projevem použitých metod. Možnou příčinou proč se nepodařilo detekovat ústí jámy A je, že oproti zájmové ploše s jámou 12, kde v první vrstvě invertované odpory dosahovaly hodnot až 500  $\Omega\text{m}$ , dosahovaly hodnoty invertovaných měrných odporů pro první vrstvu do 25  $\Omega\text{m}$ .

## 4 Závěr

Použití georadarové metody na lokalitě v Kašperských Horách při vyhledávání polohy jámy Masné Krámy bylo úspěšné, protože výplň jámového stvolu (antropogenní sedimenty) byla nehomogenní a vykazovala fyzikální kontrast vzhledem okolním skalním horninám. Výsledek georadarového měření byl ověřen technickými pracemi, které probíhaly v letech 2005 a 2009, a následným propadem povrchu v důsledku porušení stability zásypu vrtnými pracemi.

Na druhé lokalitě Droužkovice u Chomutova v prostředí nezpevněných hornin (jíly, štěrkopísky) se pomocí kombinace elektromagnetických metod – georadaru a elektromagnetického dipólového profilování – podařilo dohledat polohu ústí jámy 12. V případě dohledání jámy A její polohu nebylo možné určit, protože výplň jámového stvolu se fyzikálně nelišila od okolního prostředí.

## Literatura

BOUŠKA M. Studie inženýrskogeologických poměrů a vytipování starých důlních děl v prostoru náměstí v Kašperských horách. *SG – Geotechnika a.s.*, Praha, 2003, MS

BOUŠKA M. Dopis s komentářem k historické těžbě s vyznačením starých důlních děl, Ing. Gajdošová, *Geofond Kutná Hora*. Praha, ARCADIS Geotechnika a.s., 2003, MS

- BOUŠKA M. *Zpráva o výsledku geotechnického průzkumu pro rekonstrukci komunikací na náměstí v Kašperských Horách*. Praha, SG – Geotechnika a.s., 2005, MS
- ČERNÝ P. *Závěrečná zpráva o provedeném geotechnickém průzkumu na náměstí v Kašperských Horách*, Praha, ARCADIS Geotechnika a.s., 2009, MS
- HAVRLÍK S *Báňský znalecký posudek na stavbu R7 MÚK Vysočany – MÚK Droužkovice*, 2004, MS
- NEDVĚDJ. *Zpráva o provedeném georadarovém měření na náměstí v Kašperských Horách*, Praha, SG-Geotechnika, 2005, MS
- NEDVĚD J, VOTOČEK R. *Zpráva I. etapy o provedeném geofyzikálním měření pro dohledání polohy jámy č. 12 a jámy A na stavbě R7 MÚK Droužkovice – MÚK Vysočany*, Praha, ARCADIS Geotechnika a.s., 2010, MS
- ŠTRUPL V. *Báňsko-historická studie pro území historického jádra Kašperských Hor*. Kutná Hora, Geofond Kutná Hora, 1990, MS
- URBAN A. *R7 MÚK Vysočany – MÚK Droužkovice, SO 111, zaměření skutečné polohy jámy č. 12 a jámy A*. Louny, GEOSPOL, 2010, MS
- 

**Autor**

<sup>1</sup> RNDr. Jiří Nedvěd, ARCADIS Geotechnika a.s., Geologická 988/4, 152 00 Praha 5, nedved@arcadisgt.cz