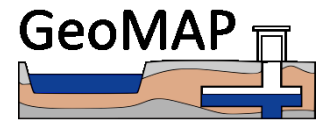




Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



2. Fachkonferenz des Projektes GeoMAP

„Geothermisches Potenzial von Grubenwässern und Herausforderungen der Anlagentechnik“

„Geotermický po-tenciál důlních vod a technologické výzvy“

Freiberg, 26. November 2019



technische
THERMO
DYNAMIK

Veranstalter

Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik

TU Bergakademie Freiberg

Gustav-Zeuner-Straße 7

09599 Freiberg

Kontakt

Dr.-Ing. Thomas Grab

+49 3731 39-3004

Thomas.Grab@ttd.tu-freiberg.de



geothermie.iwtt.
tu-freiberg.de

Metody průzkumných prací na rekultivovaných územích po hornické činnosti

Martin Klempa; Pavel Pospíšil; Aleš Poláček

VŠB – Technická univerzita Ostrava

martin.klempa@vsb.cz; pavel.pospisil@vsb.cz; ales.polacek@vsb.cz

1. Úvod

Rychlé ukončení těžby uhlí a následná likvidace dolů zatopením a zasypáním jam v letech 1991 – 1993 v ostravské oblasti vyvolalo celou řadu technických problémů. Bylo nutné řešit udržení hladiny podzemních vod na kótě - 358 m B.p.v. centrálním čerpáním důlních vod na dole Ostrava v jámě bývalého závodu Jeremenko. Cílem čerpání je trvalé snižování hladiny podzemních vod karbonské zvodně tak, aby nedocházelo k přelivu podzemních vod do petřvaldské brachysynklinály a odtud pak do dolů karvinské oblasti. Dalším úkolem stabilizace výše hladiny podzemních vod v ostravské kotlině je zabránit komunikaci nově obnovené karbonské zvodně s přípoверхovými kvarterními vodami a také s možným ovlivněním podzákladí staveb. Pro pozorování hydrogeologické situace v bývalých DP likvidovaných dolů je zřízena monitorovací síť.

V místech, kde uhlonosný karbon vychází na povrch nebo pokravný útvar dosahuje mocnosti několika metrů až prvních desítek metrů, a zejména v lokalitách bývalých jam a štol, proniká na povrch metan. Z minulosti, ale i z nedávné doby (bývalá jáma Hugo ve Slezské Ostravě) jsou známy případy zapálení i exploze metano – vzdušné směsi v souvislosti s pronikáním CH₄ do lidských obydlí i průmyslových objektů.

Plynodajnost ostravských dolů je dlouhodobě sledována od roku 1895, kdy činila 130 000 m³/den. Zvyšování těžby a rozšiřování DP (především dolů Heřmanice aj. Šverma) se projevilo i ve vzrůstající plynodajnosti, která dosáhla maxima v roce 1966 (533 000 m³/den). S postupem likvidačních prací se snížila plynodajnost na větraných lokalitách na cca 120 000 m³/den. Metan hromadící se v důlních prostorách, jejichž objem se odhaduje asi na 100 milionů m³, proniká spolu s dalšími plyny (např. CO₂ a CO) na povrch únikovými cestami, jimiž jsou především bývalé jámy. Ze zhruba 280 likvidovaných jam v ostravské části (celkový počet jam a štol se blíží 400) je z pohledu úniku CH₄ považováno za nejnebezpečnější 55 jam. Jsou proto prováděna nákladná opatření k odvodu metanu do ovzduší z těchto míst. Je velmi pravděpodobné, že se stoupáním vodní hladiny po stanovenou úroveň a s konsolidací hornicky ovlivněného masivu bude docházet k dalšímu vytěšňování CH₄ na povrch. Po ustálení vodní hladiny karbonské zvodně lze očekávat pozvolný pokles exhalace. Karbonský masiv bude však nesporně nadále trvale produkovat metan. Proto je dlouhodobé monitorování exhalace metanu nezbytným opatřením.

Určité nebezpečí představuje rovněž narušení stability neúplně, nedostatečně nebo nevhodně likvidovaných jam a jejich blízkého okolí, případně starých mělkých jam, které se nepodařilo dosud přesně lokalizovat. Např. v roce 1973 došlo k neřízené devastaci svrchní části jámy Salma II v DP Heřmanice, v roce 1979 jámy Hedvika Dolu J. Fučík, do níž byla stržena i těžní věž.

2. Typické příklady narušení stability nedostatečně nebo nevhodně likvidovaných jam

2.1. Jámy mělké

Mělké jámy do 10 m, které nemají komunikaci s dalšími důlními prostory, jsou zcela zasypány dnes již ztuhlým materiálem, bez nebezpečí výstupu metanu na povrch, se označí pouze informační tabulkou se základními identifikačními údaji.

2.2. Jámy kutací, nálezné

V jámách kutacích, po jejich dohledání, se vrtáním ověřuje stav a druh zásypového materiálu. Pokud jsou zjištěny nedostatky v založení důlních děl v založení důlních děl, případně výstup důlních plynů je nezbytné zpracovat projekt ne rekonstrukci.

2.3. Jámy se sníženou stabilitou

Je-li zjištěna snížená stabilita zásypového materiálu, zpravidla se projevují přímo v ústí jámy, je nezbytná rekonstrukce.

2.4. Jámy nebezpečné ujetím zásypového materiálu nebo okolních hornin

V tomto případě se evidentně jedná o volné prostory v jámovém stvolu. V důsledku poklesu zásypového materiálu může dojít i k deformaci jámové ohlubně. I tento případ vyžaduje zjednání nápravy.

2.5. Horizontální a úklonná stará důlní díla

Likvidace a zajištění horizontálních a úklonných důlních děl je složitější v tom, že je nutno zajistit těsnost a stabilitu nejen ústí, ale často i v poměrně značné jejich délce. Problém spočívá v tom, že k výstupu důlního plynu může docházet nejen v ústí díla, ale v důsledku závalu i podél průběhu důlního díla.

3. Metodické aspekty dohledávání horizontálních důlních děl v malých hloubkách

Výsledky, uvedené v této kapitole představují pokus o první systematické zkoumání možností vybraných geofyzikálních metod, konkrétně metody elektrické rezistivní tomografie a georadaru na vyhledávání horizontálních důlních děl v malých hloubkách pod povrchem. Tato aktuální problematika je značně komplikovaná, protože vzájemně spolupůsobí celá řada faktorů, které se případ od případu mění:

3.1. Faktory vyplývající z fyzikální charakteristiky horninového prostředí v místě měření ve vztahu k použité geofyzikální metodě

Jedná se o princip geofyzikální metody (využívané fyzikální pole), způsob měření, možnost využití v závislosti na fyzikální charakteristice geologického prostředí, v němž se vyhledávané důlní dílo nachází. Podmínky pro provádění geofyzikální měření z hlediska způsobitelného povrchu pro realizaci zvolené geofyzikální metody. Výsledky mohou být ovlivněny hydrogeologickými 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.

3.2. Geometrické faktory

Je to především poloha samotného důlního díla v horninovém masívu vzhledem ke zvolené síti profilů, případně jednotlivým profilům, jeho současné rozměry (stav) důlního díla a jeho hloubka pod povrchem, jeho skutečná pozice (orientace důlního díla) v prostoru. Ideálním případem je z tohoto pohledu situace, kdy pod horizontálním povrchem se nachází horizontální důlní dílo. Obvyklým případem však může být horizontální důlní dílo pod různě ukloněným povrchem terénu, nebo ukloněné důlní dílo pod horizontálním povrchem.

Reálná podoba důlního díla v místě měření výrazně ovlivňuje výsledky 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 (použitá

ano ne výztuž). Odlišné geomechanické vlastnosti horninového prostředí mohou znamenat v příznivých případech vytvoření zóny uvolněného napětí kolem důlního díla, která se konkrétně může projevit až propadáním stropu a tedy k vytvoření příznivějších podmínek pro naplnění hlavního cíle geofyzikálního měření – vymezení místa s existencí důlního díla.

Na základě nastíněné, poměrně komplikované a dosti složité problematiky, která je rozhodujícím faktorem, který se promítá do výsledku každého měření, pro účely tohoto projektu bylo provedeno rozdělení vyhledávaného důlního díla do dvou skupin:

1. Taková důlní díla, jejichž rozměry, průběh je zachován a odpovídá stavu, kdy bylo důlní dílo vybudováno anebo lze toto předpokládat s velkou pravděpodobností. Tato skupina je představována ložiskem moravských posidoniových břidlic - Štola „G“ Svatoňovice.
2. Důlní dílo vykazuje v prostoru nejasným průběhem a rozměry. Nelze vyloučit v některých místech výraznou změnu jeho průřezu (důsledek nepříznivých geomechanických vlastností – částečné propadání stropu, případně některých v místech jeho zavalení). Tato skupina je představována ložiskem moravských posidoniových břidlic - Dřevěná štola, Černná ve Slezsku.

4. Geofyzikální průzkum při dohledávání horizontálních důlních děl v malých hloubkách

Dokumentovaná štola se nachází cca 1,5 km jihozápadně od obce Černná ve Slezsku u silnice do Nových Oldřůvek a bezejmenné vodoteče (přítoku vodoteče Budišovka). Je osamocena, dobře viditelná v západním svahu od silnice, bez břidlicového odpadu. Severně cca 0,5 km jsou situovány ústí SDD štoly Žlutý květ a dvou jam. Předpokládaná délka štoly je cca 134 m. V blízkosti ústí jsou pozůstatky haldoviny. Byla zajištěna kovovou mříží; v době průzkumu byla zničena a přístup k ústí štoly byl zatarasen spadlými stromy (Obr. č. 1).



Obr. č. 1: Čelní pohled na zavalený vchod důlního díla

5. Metoda ERT

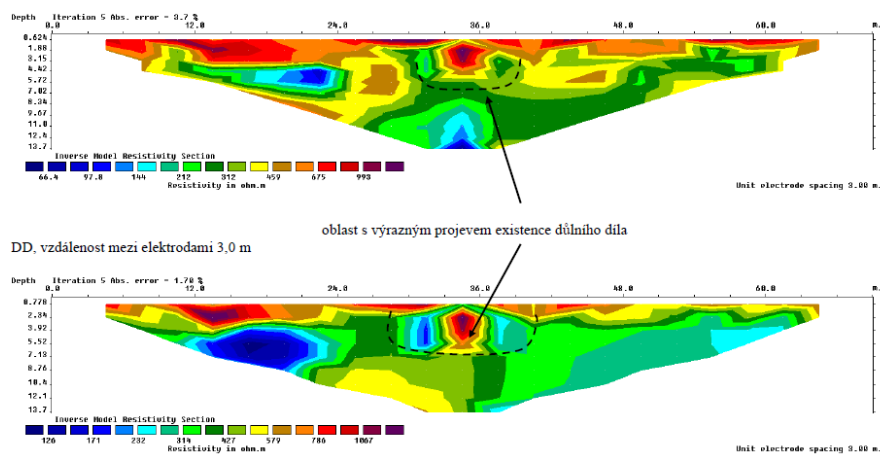
Délka profilů byla podmíněna jednak zvolenou metodikou měření a také požadavkem na dosažení optimálního hloubkového dosahu vzhledem k předpokládané hloubce lokalizovaného důlního díla. Z rešerše historických pramenů vyplývá, že předpokládané důlní díla se nachází v případě navrženého profilu P I cca v hloubce 5 - 7 m, v případě profilu P II v hloubce cca 10 - 12 m, v případě profilu P III v hloubce cca 20 m.

První experimentální měření metodou ERT bylo provedeno na dvou profilech P I a P II. Výsledky jsou znázorněny ve formě vertikálních izoohmických řezů. V tomto případě bylo použito uspořádání dipól-dipól (dále DD) kombinace W-SCH (Wenner-Schlumberger). Vzdálenost mezi elektrodami byla 1,5 a 3m.

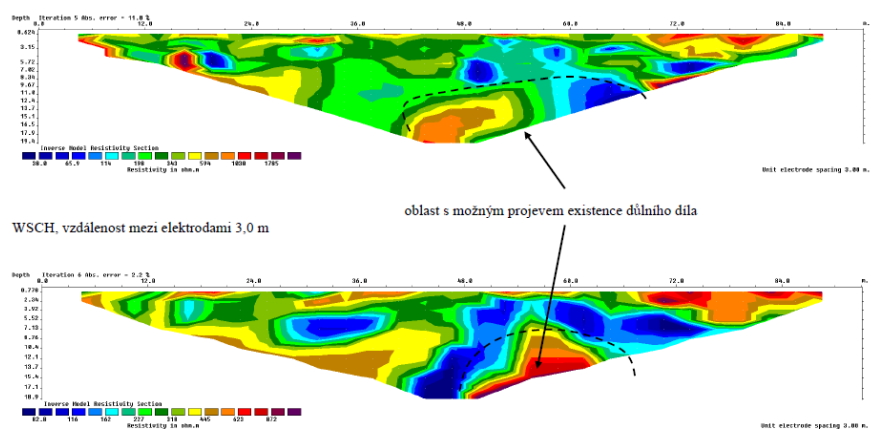
Druhé měření metodou ERT bylo provedeno na profilu P III. Výsledky jsou znázorněny ve formě vertikálních izoohmických řezů. V tomto případě bylo použito uspořádání W-SCH a DD se vzdáleností mezi elektrodami 3 m.

Reálný hloubkový dosah měření při použitím systému zvoleného počtu elektrod a použité metodice měření a vzdálenosti elektrod od sebe 1,5 m a 3 m u vybraných profilů byl cca min. 15 m. Odpovídal předpokládané hloubce výskytu horizontálního důlního díla. Takto jsou i vyneseny výsledky interpretace na jednotlivých profilech (Obr. č. 2).

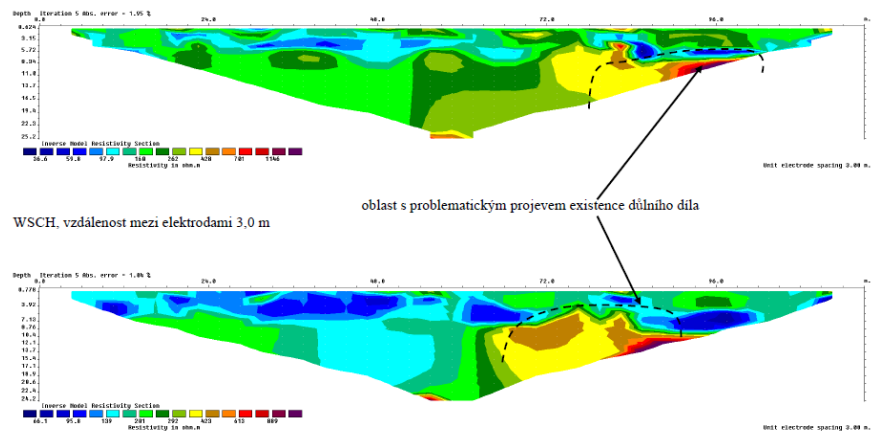
PI



P II



P III

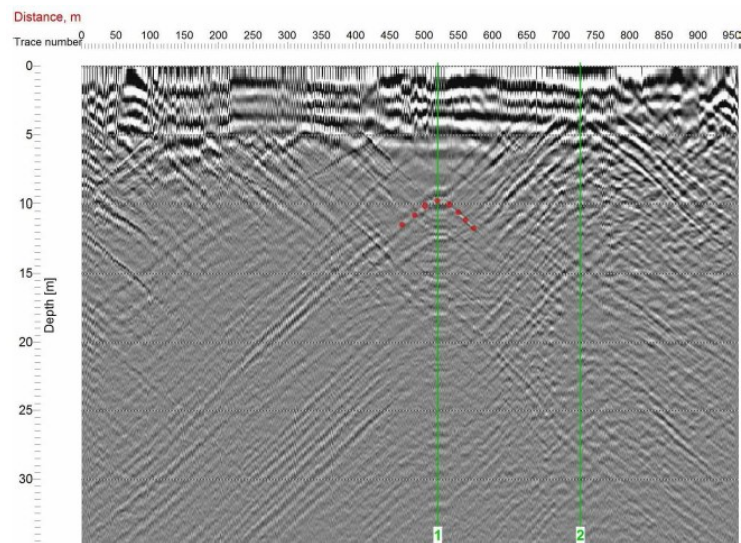


Obr. č. 2: Interpretované vertikální izoohmické řezy na profilu P I, P II a P III

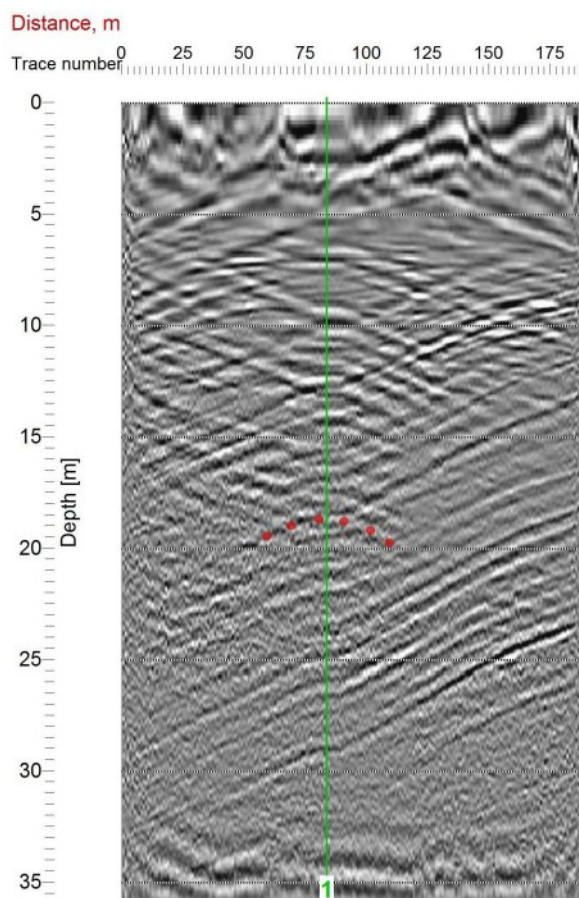
6. Metoda GPR

Výsledky jsou znázorněny ve formě radargramů na obr. č. 3. Použita byla nestíněná anténa s frekvencí 50 MHz.

PI



PIII



Obr. č. 3: Radargram z profilu PI a PIII s vyznačeným reflexem stropu

Radargram z profilu PI naznačuje zastižení důlního díla v hloubce cca 10 m, radargram na profilu P III pak v hloubce cca 20 m. V obou případech radarový obraz znázorňuje více podobných reflexů. Přiřazení určitého k důlnímu dílu se jeví jako nejednoznačné a opírá se o konfrontaci s výsledky metody ERT. Na základě získaných výsledků pouze georadarem nelze polohu důlního díla věrohodně vymežit.

7. Závěry

Pro geofyzikální průzkumné práce k dohledání SDD je k dispozici rozsáhlý soubor metod, které využívají k diagnostice geotechnického prostředí fyzikálních polí, a to jak přirozených, tak uměle vyvolaných. Principy, na jejichž základě tyto metody pracují, jsou obecně využívány v mnoha jiných oborech. Podle fyzikální podstaty průzkumných polí lze geofyzikální metody rozdělit na metody:

- gravimetrické,
- magnetometrické,
- radiometrické,
- geotermometrické,
- geoelektrické,
- seismické,
- metody karotážní.

Dále jsou rozeznávány varianty podle umístění zdroje pole a měřící jednotky při měření - povrchové (pěši), vrtní, důlní, vrt - povrch, podzemní dílo - povrch, podzemní dílo - vrt, vrt - vrt, automobilní apod.

V převážné většině jsou to metody operativní a relativně levné. Nejčastěji jsou orientovány na získání spojitého obrazu mezi dokumentačními díly (rýhami, šachticemi, průzkumnými vrty, místy odběru vzorků, body polních geotechnických zkoušek, apod.).

Fyzikální projev nehomogenity horninového prostředí se označuje jako geofyzikální anomálie. Optimální situace při průzkumu nastává v případě, kdy anomálie odpovídá změnám toho fyzikálního parametru prostředí, který je přímo předmětem průzkumného zájmu (přímá indikace). Detekční schopnost geofyzikální metody je však vázána jednak na teoretické možnosti průzkumného prostředku (pole), jednak na aktuální technickou úroveň zařízení, jímž jsou měření realizována. Jsou některé geotechnické parametry, které je velmi obtížné indikovat za určitých podmínek přímo.

Na základě zhodnocení získaných výsledků měření metodou ERT a GPR, lze konstatovat, že uvedené metody jsou na vyhledávání horizontálních důlních použitelné. 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 optimální vzdálenost mezi elektrodami 2 m a jeho hloubka pod povrchem v tomto případě nesmí překročit 10 m, tedy cca pětinásobek jeho průměru. To znamená, že úspěšnost měření je podmíněná kvalitou informace o dohledávaném důlním díle. Dále je vhodné při měření využít možností použité aparatury a zvolit alespoň dvě uspořádání elektrod, v našem případě kombinaci Wenner- Schlumberger a dipól-dipól. Nelze vyloučit, že i změněná podoba důlního díla v různých místech jeho lokalizace ovlivní i optimální volbu vzdálenosti mezi elektrodami. Jako účelné se dále ukázalo použití georadaru, i když terénní podmínky v místech měření pro pohyb antény byly značně komplikované. Jedná se zejména o ty případy, kdy metoda ERT již důlní dílo nezastihne a georadar ano. Jedná se o větší hloubky důlního díla, ale současně musí platit, že odpory hornin, v nichž se hledané důlní dílo nachází, jsou větší než 100 ohm. Věrohodnost získaných výsledků se tak opírá v rámci možností o výsledky dvou principiálně odlišných metod a různých metodik použitých při vlastním měření. Toto by mělo vycházet v maximální míře ze studia předchozích podkladů o prováděné hornické činnosti v daném místě, pokud jsou samozřejmě k dispozici.