

STUDIUM PODZEMNÍCH PROSTOR V MALÝCH HLOUBKÁCH POD POVRCHEM

STUDY OF UNDERGROUND WORKINGS AT SMALL DEPTHS BELOW THE SURFACE

Radovan Kukutsch¹, Petr Žůrek², Vlastimil Hudeček²

Abstrakt

V souvislosti s řadou havárií a mimořádných událostí v oblastech zasažených hornickou činností je nutno se zabývat problematikou studia podzemních prostor v malých hloubkách pod povrchem. Jde zejména o oblasti starých – středověkých dobývek, jejichž mapová dokumentace je buď minimální, nebo žádná. Proto vzniká nutnost se tímto problémem zabývat.

Abstract

In relation to many accidents and incidents in the areas affected by mining operations it is necessary to be concerned with the issue of study of underground voids at small depths below the surface. Above all, it is a case of area of old – medieval stops, the map documentation of which is either minimal, or is completely missing. For this reason, there is a need to deal with this problem.

Klíčová slova

Důl Jeroným, přípovrchová důlní díla, opady, závaly

1 Úvod

V souvislosti s řešením problematiky alternativního využívání starých důlních děl a opuštěných průzkumných děl je nutno stále častěji řešit situace, kdy se důlní díla nacházejí v malých hloubkách pod povrchem a jejichž dlouhodobá stabilita je narušována řadou vnějších faktorů. V našem článku se zabýváme základní charakteristikou podzemních prostor nacházejících se v malých hloubkách pod povrchem a způsoby zjišťování podzemních prostor. Uvádíme přehled používaných geofyzikálních metod ke zjišťování podzemních prostor a příklady ztráty únosnosti stropů a nadloží.

Jednou z částí tohoto příspěvku je konkrétní hodnocení vlivu dobývacích metod na stabilitu dochovaných důlních děl na lokalitě Čistá – Jeroným.

2 Charakteristika přípovrchových oblastí důlních děl

Jedná se o oblasti, ve kterých se mohou vyskytovat nezavalené nebo polozavalené dutiny a kaverny vzniklé hornickou činností, jejichž dlouhodobá stabilita je problematická a může být narušena řadou přírodních (vznik porušení překročením dlouhodobé pevnosti, vody

apod.) nebo antropogenních faktorů (vliv dopravy, technických otřesů apod.). Ztráta nosné schopnosti stropů a nadloží těchto kaveren vede k náhlým poklesům a závalům, jejichž nebezpečnost pro dopravu, objekty i lidi je zcela zřejmá a velmi vysoká. K obdobným náhlým projevům deformace nadloží může docházet ve výjimečných případech i zřícením struktury vrstev mocných násypů (starých odvalů), u kterých došlo k vytvoření dutin vlivem sufóze.

Je také nutné uvažovat a charakterizovat oblasti, ve kterých se pravděpodobně nevyskytují volné (nezaplněné) dutiny a kaverny. Volné prostory jsou v této oblasti většinou nebo z větší části zaplněny (cca 70 až 80 %) rozvolněnou nadložní horninou. Další porušování nadloží a konsolidace závalů může způsobovat vznik poklesových jevů a kotlin na povrchu. Stejný účinek a projevy se mohou vyskytovat i v místech starých odvalů hlušin především tam, kde tyto odvaly tvoří násypy větších mocností, a kde byla na jejich bázi i uvnitř násypných těles sufózními jevy narušena jejich nosná struktura. Tím vznikly podmínky pro ztrátu stability struktury a vznik poklesů. Rychlost těchto jevů bude výrazně nižší než rychlost procesů tvorby závalů. Faktory determinující vznik poklesových jevů jsou většinou antropogenního charakteru.

3 Zjišťování podzemních prostor

Ke zjišťování podzemních prostor se využívá přímých a nepřímých metod, pomocí kterých se zjišťuje efektivně plošný obraz zájmové oblasti v mapě a často i objemový (3D) model.

Přímé metody jsou založeny na principu průzkumných vrtů. Jejich hlavní předností je rychlost a relativní spolehlivost získávání informací, vysoký stupeň mechanizace a bezpečnost práce. Tyto metody jsou však nákladné a proto je nutno dbát na racionálním využití (Schejbal, 2003).

Pro zjišťování podzemních prostor v malých hloubkách pod povrchem lze použít mělké průzkumné vrtání. Lze použít vrtné soupravy různého typu, od malých přenosných ručních či motorových až po velké mobilní. Vrtání může být spirálové, nárazové, nebo vibrační, rozhodující jsou pevnostní parametry hornin.

Nepřímé metody, ze kterých se nejvíce využívají geofyzikální metody, podávají informace o podzemních prostorech nepřímo, na základě analýzy fyzikálních polí a fyzikálních parametrů horninového prostředí. Mají zprostředkovaný vztah k rozložení studovaných charakteristik prostředí, proto je nutný:

- dostatečný kontrast měřených fyzikálních vlastností prostředí,
- zjiřitelný vztah mezi měřenými fyzikálními parametry a sledovanými charakteristikami prostředí a
- vysoká míra jednoznačnosti a přesnosti interpretace, tj. získání požadované informace z měřených dat.

Technologická a metodologická náročnost geofyzikální metody je dána stupněm technické obtížnosti získání hodnověrných dat v terénu. Zde se uplatňuje automatizace sběru (měření) dat použitou aparaturou, přístupnost terénu mobilita použité aparatury, nepříznivě také ovlivňuje efektivitu získání užité informace vliv různých šumů a doba měření jednotky užité informace.

Většina interpretačních postupů vyžaduje znalost významné části anomálního projevu často do značných vzdáleností od zkoumaného objektu. Proto je někdy nutné provádět geofyzikální měření nejen v rozsahu zájmové oblasti, ale v širší oblasti, kde se projevuje tzv. normální pole – pole neovlivněné sledovanými lokálními nehomogenitami. Tyto přesahy závisí na principu použité metody a rozměrech použitého uspořádání, rozměru detekovaných objektů a jejich hloubce.

V krátkosti uvádíme stručný přehled používaných geofyzikálních metod:

- Geoelektrické metody;
- Mělká seismika;
- Magnetometrie;
- Gravimetrie;
- Termometrie;
- Radiometrie;
- Geofyzikální měření ve vrtech (karotáž);
- Letecké metody a dálkové snímkování.

4 Metody použité na Dole Jeroným

Nejčastěji jsou při nepřímém průzkumu používány geoelektrické metody. U těchto měření se využívá různých elektrických umělých i přirozených polí, jak stejnosměrných, tak i obecně časově proměnných (elektromagnetických) ke studiu prostředí na základě celé soustavy jeho elektrických a elektromagnetických vlastností. Měří se zejména měrný odpor (rezistivita) či měrná vodivost – konduktivita, tj. převrácená hodnota odporu. Měrný odpor hornin úzce závisí na obsahu vody v jejich pórech a na kontaminaci porézní vody. Z tohoto důvodu mají odporové metody značný význam při oceňování hydrogeologických podmínek a stupně znečištění prostředí.

Dalšími parametry, které je možné zjistit geoelektrickými metodami a mohou mít vztah k studovaným vlastnostem prostředí (litologii, hydrogeologickým parametrům apod.), jsou elektrická permitivita a magnetická susceptibilita a různé projevy komplexních elektrochemických aktivit prostředí (polarizovatelnou spontánní či vyzvaná, oxidačně-redukční, filtrační a difuzní potenciály apod.).

Při studiu ekologických zátěží je dávana přednost metodám, které jsou ekonomicky a technologicky méně náročné a mají vysokou informační schopnost.

V okolí Dolu Jeroným, v oblasti bývalého ložiska Čistá, bylo v první etapě prací realizováno odporové měření, jehož cílem bylo vymezit nízkoodporové zóny, které by mohly být oslabenými zónami, protože s největší pravděpodobností se jedná o rozrušené skalní horniny (žuly či ruly) s větším obsahem vody (toto oslabení může být vyvoláno tektonickým porušením či porušením v důsledku dobývání, vymezit zóny vyšší rezistivity, které by mohly být jednak projevem důlních děl, jednak projevem závalu těchto důlních děl bez zvýšeného obsahu vody.

Měření bylo provedeno ve čtyřech profilech. V době měření bylo pracoviště vybaveno přístrojem ResiStar pro multielektrodové měření elektrického odporu, tento způsob byl aplikován, protože zajišťuje po dobu měření pro různé hloubkové dosahy konstantní polohu elektrod a tudíž chyba měření je menší než v případech, kdy je nutno pro každý hloubkový dosah znovu umisťovat elektrody do horninového prostředí. Předností multielektrodového měření je také to, že existuje interpretační software, který určí odporový model proměřovaného prostředí. Vzhledem k počtu elektrod, které byly při měření k dispozici, byl teoretický hloubkový dosah měření max. 31 m, ale prakticky byl menší v rozmezí 15,5 – 31 m.

V této etapě měření byly rovněž změřeny dvě klasické vertikální elektrické sondy (VES) a to jednak v místě, kde byla podle multielektrodového měření zjištěna anomálie s vysokým elektrickým odporem, jednak mimo anomální oblast.

Ze zpracování odporového měření bylo možno vymezit nízkoodporové zóny, a to jak ty, které se vyskytují v celém hloubkovém dosahu měření, tak ty které se jeví jako povrchové či které se vyskytují jen v hlubších částech řezů.

Podle průběhů profilových křivek a izolinií vertikálních izoohmických řezů byly vyznačeny předpokládané tektonické poruchy, do izoohmických řezů byly rovněž vyneseny polohy důlních děl. V celém hloubkovém dosahu měření byly vytipovány dvě oblasti, kde se nízkoodporové prostředí přibližuje k povrchu, což může představovat z hlediska stability problematické části horninového masivu. Z dostupných metod byla tato metoda po rozboru fyzikálních podmínek hodnocena jako nejvýhodnější, i když výhodnější by byla kombinace s gravimetrickým měřením.

Radiometrické měření na Dole Jeroným navazovalo na odporové měření, bylo aplikováno na otevřená důlní díla. Cílem měření bylo posoudit možnosti vyhodnocovaných parametrů charakterizujících přirozenou radioaktivitu prostředí jako možných ukazatelů, které jsou závislé na tektonických liniích, porušených pásmech, oslabených zónách či na existenci starých důlních děl. Měření měla charakter převážně profilových měření, v menší míře pak měření plošných, kdy na profilech byl zjišťován charakter pole koncentrace emanace.

Radiometrické měření bylo provedeno metodou gama spektrometrie manometrickou. V prvním případě byl použit přenosný gama spektrometr GS 256, emanační měření bylo provedeno aparaturou LUK 4a.

5 Příklady ztráty únosnosti stropů a nadloží

Propad na Březových Horách v Příbrami

Dne 19. 5. 1996 v časných ranních hodinách došlo k propadu povrchu u silnice č. I/18 v blízkosti zdravotního střediska na Březových Horách. Z dostupné mapové dokumentace archivu Rudných dolů Příbram, s. p., bylo zjištěno, že místo propadu je poddolované a to zcela konkrétně sled-



Obr. 1 Zatržení a rozvolnění stěny propadliny u silnice I/18

nými chodbami 1. patra v hloubce cca 25 m pod povrchem, vedenými po Vojtěšské hlavní žíle a jejích odžilcích (obr. 1, 2). Kromě toho nelze vyloučit ani dobývací práce na 1. patře Vojtěšské nadložní žíly, jejichž existence je vzhledem k velikosti propadu dokonce velmi pravděpodobná. Z uvedeného je zřejmé, že k propadu povrchu došlo v důsledku staré hornické činnosti.

Místo propadu se nacházelo v Husově ulici, kterou probíhá silnice č. I/18., uprostřed smíšené zástavby.

K propadu povrchu došlo mezi silnicí č. I/18 a garážemi na pozemku parc. Číslo stavební 169. Jihozápadně od propadliny se nachází budova zdravotního střediska, severně za silnicí pak objekt bývalé drátovny, Propadlina je nepravidelného tvaru, její maximální šířka činí 9,0 m, minimální 7,5 m a hloubka 2,75 m. Propadlá část terénu je tvořena navážkou (zřejmě stará halda).

Bývalý závod Fluorit Teplice – ložisko Vrchoslav

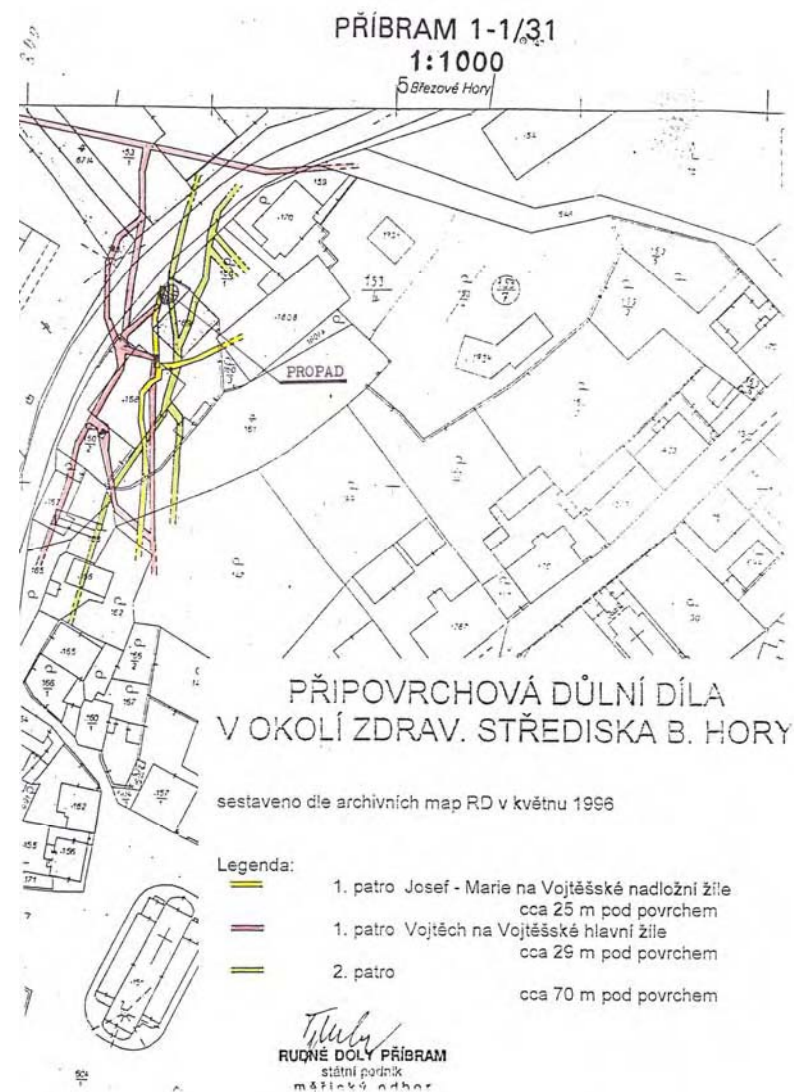
Propadlina vznikla jako následek žilného dobývání fluoritu a barytu destrukcí ponechaného pilíře v období 1950–1970 (Slivka et al., 2006). Zajímavá je především délka projevu na povrch a to cca 1500 m (klasické propady, štěrby, komíny apod.) šířky 3–8 m (obr. 3,4).

Propad komory jámového břidlicového lomu na lokalitě Čermná

Na obrázcích (obr. 5–7) je zdokumentována situace propadu komory jámového břidlicového lomu v lokalitě Čermná „B“. Propadlina byla kryta náletovými křovinami, po jejichž likvidaci byl proveden průzkum a zdokumentování propadlé komory pomocí lezecké techniky. Počva štoly se nachází 24 m pod povrchem (ústí 2 x 2 m), komora měla výšku cca 10 m (Slivka et al., 2006).

6 Vliv dobývacích metod na stabilitu důlních děl Dolu Jeroným

Dochovaná důlní díla na lokalitě Čistá – Jeroným byla vyražena a provedena v časovém intervalu řádu několika sta let. Mimo vlastní těžební práce s pozůstatky v podobě nezavalených a místy založených komor je na lokalitě značné množství chodeb a chodbic sloužících k větrání, odvodňování, průzkumu k ověření mocnosti a kvality zrudnění, mnohdy se ovšem jedná o díla zavalená, nepřístupná. Na lokalitách v oblasti Slavkovského lesa, a tedy i na lokalitě v Čisté – Jeroným byly používány čtyři základní postupy při dobývání rud a ražení důlních děl (Žůrek et al., 2008). První z postupů, který vyplýval z přirozeného charakteru otvírky ložisek slednými a směrnými chodbami, to bylo sestupkové



Obr. 2 Lokalizace propadliny na Březových Horách



Obr. 3 Situace propadliny bývalého závodu Fluorit Teplice – ložisko Vrchoslav.



Obr. 4 Současná situace propadliny bývalého závodu Fluorit Teplice-ložisko Vrchoslav



Obr. 5 Celková situace propadu do starého důlního díla v Čermné ve Slezsku



Obr. 6 Pohled z dolu na situace propadu do starého důlního díla v Čermné ve Slezsku

dobývání, tzv. sestupkování, poté bylo zaváděno i výstupkové dobývání, po zavedení střelné práce se mohlo uplatnit víc i příčné dobývání, avšak naprosto nejvýznamnějším dobývacím způsobem bylo komorování (patrové šíření), které se ukazovalo vzhledem k charakteru dobývaného ložiska jako nejefektivnější, protože v maximální míře dovolovalo úplnější vyrubání rudních partií s větší kovnatostí a s nejmenším nákladem na rubání. Ze stropů při částečném poškození pilířů působením žárové práce se uvolňovalo velké množství rudy, kterou nebylo nutné pracně srubávat.

V dlouhodobé perspektivě mělo ovšem i negativní důsledky, protože nesoudržnou horninou po častých závalech se do hlubiny snadno dostávala povrchová voda a při zaboření (zavalení stropu) komor byly zpravidla postiženy i sousední komunikace.

Dobývaná ložiska se tak podobala skeletům, v nichž hrozilo nebezpečí velkých závalů. Vyrubané prostory se nezakládaly a na mnoha místech po skončení prací v šířinách se vypalovaly i zrudněné pilíře. Šířiny se zajišťovaly vysokými hráněmi, přesto však docházelo k závalům.

Hlavním způsobem rozpojování hornin v počátcích dobývání byla žárová práce (tzv. sázení ohněm). Účinkem vysoké teploty docházelo k **degradaci pevnosti** (uvolnění) horniny na čelbě díla nebo ve stropě komory. Při žárové práci silně trpěly ponechané pilíře, které se časem rozrušovaly střídajícím se žarem a ochlazováním, spojeným s ubýváním a přibýváním vlhkosti.

7 Dotčená místa v podzemí na Dole Jeroným

Komora K3 (obr. 8) na Dole Jeroným společně s komorou K1 a K4 patří ke komorám s četným výskytem opadávek a závalových jevů. Komora K3 je dovrchně vedené důlní dílo, u kterého nelze vyloučit komunikaci s povrchem (Kukutsch, 2009). V úseku mezi měřicími body (dále jen m. b.) č. 266 – 412 nacházíme lokální opady stropu a částečně boků. V K3 směrem k m. b. Č. 417 se již vyskytují opady velkého rozsahu (obr. 9). Největší opady podél tektoniky registrujeme v úseku m. b. č. 408 – 410. V úseku m. b. č. 407 – 408 jsou již pouze odpady sporadické.

Strop severozápadní části komory K1 (obr. 10) je lavicovitě zatrhán podél subhorizontální tektoniky. Mocnost lavic cca 50 cm, trhliny od 1 – max. 5 cm. V jihozápadní části komory K1 jsou značné opadávky zejména stropů a částí boků většinou podél subhorizontální tektoniky. Stropní části komory K1 jsou z hlediska opadů značně nestabilní.

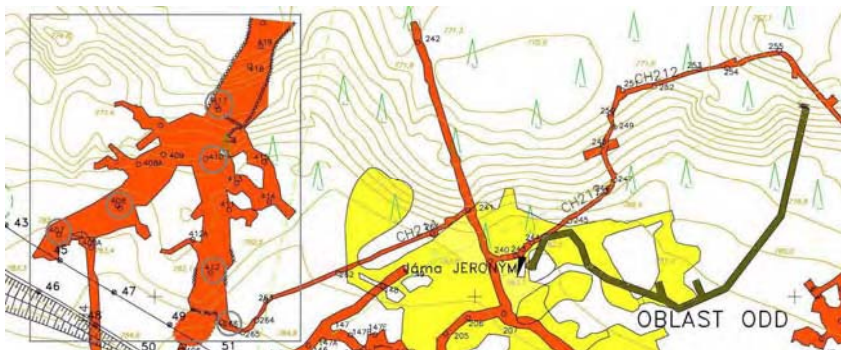
Do prostoru komory K4 (obr. 11) ústí dva závaly obsahující rulový materiál. Je



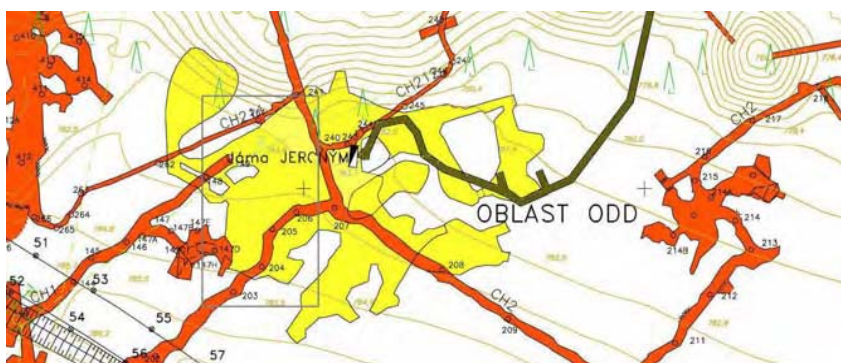
Obr. 7 Pohled z dolu na situace propadlých komor starého důlního díla v Čermné ve Slezsku



Obr. 9 Opady u měřicího bodu 417 v komoře K3



Obr. 8 Komora K3



Obr. 10 SZ a JZ část komory K1



Obr. 11 Komora K4

SCHEJBAL C. *Metodologie geologického průzkumu*. Košice 2003, 245 stran, ISBN 80-88922-73-9

to neklamný signál prolomení stropů u výše položených důlních děl, které souvisí s komorou K1. Lze předpokládat, že se jedná o závaly, které mohou dosáhnout až pod povrch (Kukutsch et al., 2010).

Vzhledem k bezprostřední blízkosti silnice č. II/210 bylo by vhodné se pokusit např. vrtným průzkumem z povrchu o ověření rozsahu předpokládaných závalů nebo možné existence nezaložených nebo nezavalených velkoprostorových důlních děl.

Studium a sledování zmíněných důlních děl probíhá v rámci vizuálního monitoringu zahájeném v roce 2009.

8 Závěr

V tomto příspěvku jsou shrnuty některé příklady již zjištěných a řešených problémů podzemních prostor v malých hloubkách pod povrchem. Pochopitelně popisujeme užívané metody jak přímé, tak nepřímé, které byly použity při vlastním řešení. Je neodmyslitelné, aby se komplex těchto metod nepoužil při vlastním řešení po konkrétních haváriích. Ovšem je nutno zvýšit pozornost již před možným nebezpečím na využití veškerých prostředků přímých i nepřímých metod zjišťování problémových oblastí. Veškerá tato činnost má přispět k zajištění bezpečnosti a ochrany osob, které se mohou v daných oblastech pohybovat. Praktickým vyústěním článku je popis podzemních prostor na Dole Jeroným, které v mnoha směrech analogicky vykazují identické znaky jako u zmíněných havárií, přesto však lze dotčená místa označit za stabilní.

References

- KUKUTSCH R. Uplatnění metod vizuálního pozorování v historickém důlním díle Jeroným, in *Transactions (Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava), Řada stavební, roč. IX, č.2/2009*, 2009, ISSN 1213-1962, ISBN 978-80-248-2119-1, 137-145.
- KUKUTSCH R., ŽŮREK P., STOLÁRIK M. Monitoring and Documentation of Flaking-off Phenomena in the Historical Jeroným Mine. *Acta geodynamica et geomaterialia*. Roč. 7, č. 3, 2010, s. 343-348. ISSN 1214-9705.

SLIVKA V., DVOŘÁČEK J., ŽŮREK P., HUDEČEK V., KUKUTSCH R. Analýza technických podmínek zakládání a báňských, bezpečnostních a ekologických rizik likvidace hlubinného dolu zakládáním včetně zatopených hlavních důlních děl. Projekt VaV ČBÚ 42–05 „*Likvidace hlubinného dolu zakládáním po ukončení báňské činnosti pro snížení bezpečnostních a ekologických rizik*“, VŠB-TU Ostrava, 2006

ŽŮREK P., KOŘÍNEK R., KALÁB Z., HRUBEŠOVÁ E., KNEJZLÍK J., DANĚK T., KUKUTSCH R., MICHALÍK P., LEDNICKÁ M., RAMBOUSKÝ Z. *Historický Důl Jeroným v Čisté. Monografie*, VŠB – Technická univerzita Ostrava a Ústav geoniky AVČR, v.v.i. Ostrava, ISBN 978–80-248–1757-6, 2008, 82 s.

Možnosti použití geofyzikálních metod při ověřování nejasných strukturně geologických, popř. jiných vztahů na lokalitách při průzkumu a nápravě starých ekologických zátěží. Metodický materiál MŽP v rámci projektu PPŽP/550/1/97

Projektová dokumentace „Likvidace propadu u zdravotního střediska na Březových Horách“. Fa BPP Herold. 1996

Summary

In this contribution, some examples of already found and solved problems associated with underground voids at small depths below the surface are summarised. Naturally, we describe both direct and indirect methods that were used in the course of solving itself. It is indispensable not to use a set of these methods in solving problems after specific accidents. However, increased attention should be paid to the application of all means of direct as well as indirect methods for the identification of problem areas already before a possible hazard. All this activity should contribute to ensuring the safety and protection of people who may move in the given areas. A practical result of the article is the description of underground voids in the Jeroným Mine that, in many respects, analogically exhibit identical features as with the mentioned accidents; nevertheless, the places concerned can be taken as stable.

Figures:

Fig. 1 Fracturing and decomposition of wall in the depression close to road I/18

Fig. 2 Localization of depression in the area Březové Hory

Fig. 3 Situation of the mine depression belonging to the former mine company – Fluorit Teplice; the fluorite deposit Vrchoslav

Fig. 4 Actual situation of the mine depression belonging to the former mine company – Fluorit Teplice; the fluorite deposit Vrchoslav

Fig. 5 The view into depression of the old mine working; locality Čermná in Silesia

Fig. 6 The view out of mine on situation of depression; the old mine working; locality Čermná in Silesia

Fig. 7 The view out of mine on situation of ruptured stops of the old mine working; locality Čermná in Silesia

Fig. 8 The stope K3 - map

Fig. 9 The rock fallings off close to the observe point n.417 in the stope K3

Fig. 10 The stope K1; the parts NW and SW

Fig. 11 The stope K4

¹ Ing. Radovan Kukutsch, Ph.D. – Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, tel. + 420 596 979 242, radovan.kukutsch@ugn.cas.cz

² Doc. Ing. Petr Žůrek, CSc. – Institut hornického inženýrství a bezpečnosti, HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba

Prof. Ing. Vlastimil Hudeček, CSc. – Institut hornického inženýrství a bezpečnosti, HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba