

MONITORING GEOMECHANICKÉ STABILITY DŮLNÍCH PROSTOR; LÉTA 2001–2011

MONITORING OF GEOMECHANICAL STABILITY OF MINING WORKINGS; 2001-2011

*Radovan Kukutsch¹, Petr Žůrek², Robert Kořínek², Tomáš Daněk², Vlastimil Hudeček², Petr Michalčík²,
Arnošt Grmela²*

Abstrakt

Zpřístupnění podzemních prostor Dolu Jeroným v Čisté a zabezpečení povrchu nad podzemními prostory je podmíněno stabilitou těchto důlních děl. Proto je v obou oddělených částech (opuštěná a stará důlní díla) prováděn mj. výzkum stability. V části ODD je sledování geomechanických a geologických parametrů realizováno pracovníky VŠB – Technické univerzity Ostrava a Ústavu geoniky AV ČR, v.v.i., Ostrava. Provádění monitoringu přispívá k lepšímu poznání této národní kulturní památky a její ochraně, neboť deformační účinky mohou být způsobeny přirozeným deformačním procesem probíhajícím v masivu, nebo také sanačními a výstavbovými pracemi prováděnými hornickým způsobem, které jsou a budou v tomto důlním díle i nadále prováděny.

Abstract

Making the underground workings of the Jeroným Mine at Čistá accessible and securing the surface above the underground workings are conditioned by the stability of these mine workings. That is why stability research is carried out, among others, in both parts separated at present from each other (Abandoned and Old Mine Workings). In the part of AMWs, geomechanical and geological parameters are monitored by staff members of VŠB – Technical University of Ostrava and those of Institute of Geonics AS CR, Ostrava. Monitoring implementation contributes to a better understanding of the national cultural heritage and its protection, because the deformation effects can be caused by natural deformation process taking place in the massif, and the remediation work and build-up mining methods that are and will be in the mine workings performed.

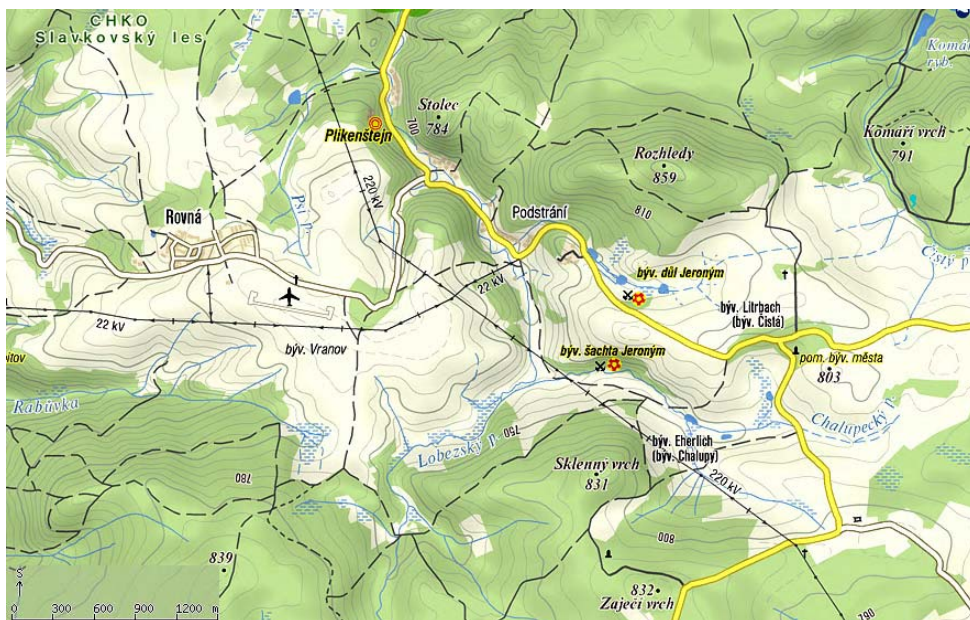
Klíčová slova

Důl Jeroným, geomechanický monitoring, geologický monitoring, stabilita

1 Úvod

Nejstarší důlní prostory Dolu Jeroným (obr. 1, obr. 2) byly vyruvány již před více než 400 lety, a proto významným úkolem nejen v době budování muzea, ale i po dobu jeho provozu, bude posuzování stability jednotlivých částí důlního díla i důlního díla jako celku. Podzemní prostory budou v blízké budoucnosti vystaveny větším antropogenním zásahům při přípravě zpřístupnění této památky

veřejnosti. Stručně řečeno – cílem našich prací je prognóza časoprostorových změn stability důlních prostor historického důlního díla evropského významu.

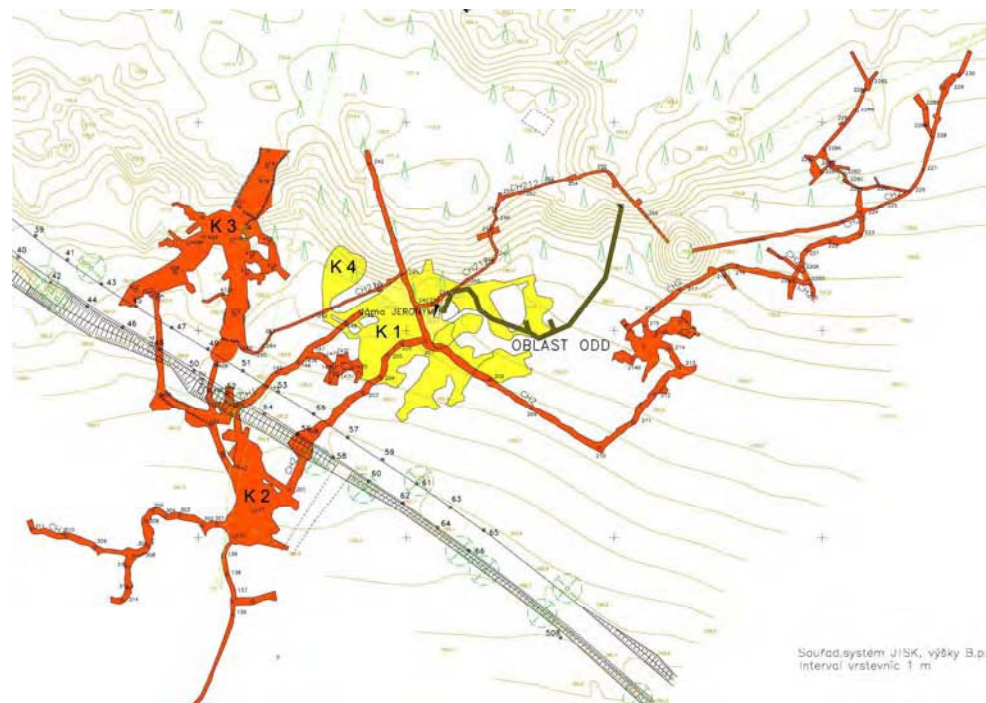


Obr. 1 Lokalizace Dolu Jeroným na mapě ČR

2 Geologický monitoring

Prvotní koncepce geologického monitoringu vycházela z:

- Provedení detailních strukturně-tektonických měření v celém rozsahu opuštěných, popřípadě i starých důlních děl s ohledem na doposud známé významné strukturně-tektonické fenomény ve vlastních granitoidních horninách, tak v okolním metamorfovaném krystaliniku a to s cílem ověření původu puklinové tektoniky v ochranných pilířích a tektoniky v oblastech destrukce granitoidních hornin postupující až na povrch, s ohledem na stabilitu těžebních komor ve vztahu k povrchu.
- Studia kaolinizovaných litno-topazových žul, na něž bylo vázáno historicky rozhodující zrudnění cín-wolframových rud na ložisku Čistá. Cíl – ověřit předpokládaný úklonný (hloubkový) dosah 100 m a směrný dosah 400 m uváděný ve studovaných podkladových materiálech. Ve vymezené rudní zóně verifikovat všechna známá důlní díla.
- Studia žilných struktur tvořených křemenem s kasiteritem a wolframitem, jakožto druhým rudonosným typem na ložisku Čistá. Cíl – ověřit možnost existence starých důlních děl, především exokontaktu granitoidů krudumského masivu, kde se tyto žilné struktury v metamorfním krystaliniku vyskytují.



Obr. 2 Schéma Dolu Jeroným

- Ověření charakteru kontaktu žul s „pláštěm“, zda je intruzivní povahy, či tektonické povahy spjaté s příčnými poruchami S-J. Cíl – ověření přispěje k pochopení celkového tektonického stylu a jeho významu pro stabilitu studovaných důlních děl. Možnost upřesnění předpokládaných žilních struktur v exokontaktu a na ně případně vázaných důlních děl.

2.1 Stávající geologický monitoring

V rámci geologického monitoringu (Žůrek et al., 2008) byla na puklinové tektonice v granitoidech krudumského masivu sledována stabilita, a to nejprve pomocí sádrových terčíků. V další etapě byly instalovány skleněné terčíky, pro jejichž fixaci bylo použito dvousložkové epoxidové lepidlo. Vzhledem k nevhodným vlastnostem dvousložkového epoxidového lepidla, které nepřilnulo dostatečně k povrchu sklíčka a ani po utuhnutí nebyla jeho rigidita srovnatelná se skleněnou destičkou, bylo v následující etapě jako tmel použito cementové pojivo odolné proti agresivním vodám. Tato metoda se ukázala jako nejvhodnější, neboť cementové pojivo dostatečně přilnulo k vlhké skalní stěně, zatuhlo do dostatečné pevnosti a skleněná destička se od něj neodděluje. Z tohoto důvodu byly skleněné destičky na cementových patkách nainstalovány na stávající kontrolní body T1, T4, T5, T6, T9, T10 a na nově vytvořený kontrolní bod T11 lokalizovaný v klenbě chodby poblíž kontrolního bodu V4.

Provedená měření prokázala, že k dynamickému vývoji disjunktivní tektoniky dochází především v horní komoře na zbytkových pilířích. Dá se předpokládat, že tyto projevy jsou podmíněny stříhovým zatížením antropogenním odvalovým materiálem, který byl do komory K-1 sypán v 70. letech 20. století. Dalším významným faktorem negativně ovlivňujícím stabilitu pilířů v horní komoře je kolísání vodní hladiny, což se nejvýrazněji projevuje na malém pilíři s terčíkem T6, kde dochází k postupnému rozevírání dlouhé pukliny procházející podél pilíře napříč celou zbytkovou klenbou (tzv. můstkem). V tomto místě dojde pravděpodobně v dohledné době k celkové devastaci klenby a následně i pilíře s přilehlým okolím (Žůrek et al., 2005). Disjunktivní tektonika na pilířích horní komory bude vyžadovat zvýšenou pozornost i v budoucnu, především v souvislosti s technologickými (trhacími) pracemi, které mohou způsobit intenzivnější namáhání skalního masivu seismickými účinky, případně vibracemi technologických zařízení.

3 Geomechanický monitoring

Geomechanický monitoring předmětné oblasti ODD Čistá sleduje vzájemnou souvislost deformačních změn a deformačních projevů v podzemních báňských dílech a povrchu masivu (zejména deformačních projevů na komunikaci č. II/210). Deformační projevy budou nepochybně způsobeny (kromě vlivů zdůvodněných) sanačními a výstavbovými báňskými pracemi. V zásadě lze vyslovit předpoklad, že ohodnocení vlivů prací, které zpřístupní NKP Čistá, bude možné jen tehdy, budou-li tyto práce probíhat odděleně. Při časovém překrývání báňských prací může docházet k nekontrolovatelnému superponování jejich účinků.

3.1 Koncepce geomechanického monitoringu podzemních báňských děl

Monitoring snadno dostupnými prostředky spočíval ve vytvoření:

- Konvergenčních profilů minimálně vždy při ústí chodeb do komor. V každém konvergenčním profilu stabilizovat minimálně 5 měřicích bodů a konvergenční stojkou nebo pásmem monitorovat změnu jejich lineární vzdálenosti.
- Ve stávajících pilířích viditelně označit trhliny a pukliny, včetně tzv. novodobých a sledovat geometrický rozvoj trhlín v čase. Sledování rozvoje trhlín provádět přesným dilatometrem nebo běžným pravítkem, případně sádrovými nebo skelnými terčíky.
- Provést pasportizaci a viditelné označení stávajících opadů a odprysků hornin ve stropě a bocích důlních děl na lokalitě a sledovat a dokumentovat jejich rozvoj.
- Sledovat výšku vodní hladiny v zatopených důlních dílech v úrovni štolového patra a v komoře K 1 a její změnu v průběhu báňských prací.

Monitoring s využitím dostupné techniky vyššího řádu spočívá v použití extenzometrických měření v bocích báňských děl. Extenzometrická měření jsou schopna podat informaci o posunech horniny v neviditelné části masivu. Horniny, které tvoří obsyp báňských děl na lokalitě ODD Čistá lze na základě vizuálního pozorování a na základě dostupných údajů zařadit do třídy R 3 (dle bývalé ČSN 73 1001).

Monitoring stavu a vlivu nadržovaných a prosakujících důlních vod – nadržené a na některých místech zadržované důlní vody ovlivňují svým statickým i proudovým tlakem skelet horninového masivu. Stávající stav lze označit za vyrovnaný. K úvaze se předkládala i možnost provedení čerpacího pokusu, k realizaci však nedošlo. Cílem pokusu (odčerpání části vod ze zatopených prostorů nad úrovní štolového patra) bylo zjistit, zda vůbec, a za jakou dobu dojde ke vzduť hladiny důlních vod na původní úroveň.

3.2 Koncepce geomechanického monitoringu podzemních báňských děl

V případě geomechanického monitoringu se převážně jedná o manuální odečet sledovaných hodnot posunutí konvergenčních bodů (liniová a prostorová díla), resp. o manuální odečet úrovně hladiny podzemních vod.

Geomechanický monitoring je zaměřen pro kvantifikované zjišťování měřitelných a pozorovatelných hodnot:

- konvergence vybraných příčných profilů liniových báňských děl;
- konvergence vybraných profilů prostorových báňských děl;
- výškové úrovně hladiny důlních vod na vybraných stanovištích;
- rozvoje trhlín na vybraných místech prostorového skeletu báňských děl v oblasti ODD;
- charakterizujících opady a závaly hornin v celé oblasti ODD.

Pro geomechanický monitoring byly postupně instalovány (obr. 3):

- konvergenční profily v liniových báňských dílech v počtu 16;
- konvergenční profily v prostorových dílech (komořích) v počtu 5;
- stanoviště pro měření výškové úrovně hladiny důlních vod v počtu 5;
- sádrové a skleněné terčíky pro sledování rozvoje a vývoje trhlín v počtu 10.



Kontrolní měření na všech konvergenčních bodech (obr. 4) potvrzuje skutečnost, že nedochází v současné době k žádným pohybům, které by ovlivňovaly celkovou stabilitu všech důlních děl na dané lokalitě. Monitorované hodnoty konvergence v liniových a prostorových dílech nevykazují žádné změny a dlouhodobě se shodují se základním (nultým) měřením z července 2001. Po celé sledované období se na hodnotách konvergence neprojevil ani vliv časového faktoru ani vliv zahájených technologických operací při zmáhání a ražení štoly Jeroným.

Ke zvýšení kvality a kvantity geotechnického monitoringu přispívá instalace měřících (kontinuálních) instrumentů. Popis a výsledky měření těmito instrumenty jsou shrnuty v článku o distribuovaném měřícím systému.

3.3 Důlní vody

Hydrogeologické poměry hornicky hlubinně otevřeného ložiska nerostné suroviny a následné antropogenní změny přirozených hydraulických poměrů lokality jsou významným činitelem, ovlivňujícím geomechanické projevy horninového masivu. Jsou nedílnou součástí komplexního a systémového posouzení hornicky postižené oblasti i dlouhodobě po ukončení těžebních prací.

Pro posouzení hydrogeologie vytěženého ložiska je nutná znalost systému otvírky, dobývání a případné likvidace starých důlních děl dolu (Kaláb et al., 2008). Na ložisku byla uplatňována hlubinná těžba cínu pomocí mělkých šachtic s následným vyplavováním kasiteritu z horniny v blízkém potoce. Na den byla ruda těžena také Dědičnou štolou Jeroným. Hlavní dobývací metoda – sázení ohněm, při které vznikaly poměrně velké důlní prostory – komory. Důlní díla zřejmě nepřekročila svislou hloubku 50 metrů.

Z hydrogeologického hlediska jsou ložiskové horniny velmi málo propustné a ve styku s podzemní vodou jsou relativně chemicky stabilní. Propustnost hornin krystalinika (mimo zónu zvětrávání) závisí na hustotě, rozevření a výplni puklin. Krystalinikum je klasifikováno v úrovni nepropustných hornin $K = 0,5 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ až $0,5 \cdot 10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$. Většina tektonických struktur ložiska má obecně nízkou propustnost ($K = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$). Je nutné podotknout, že uváděné propustnosti platí pro nealterované horniny.

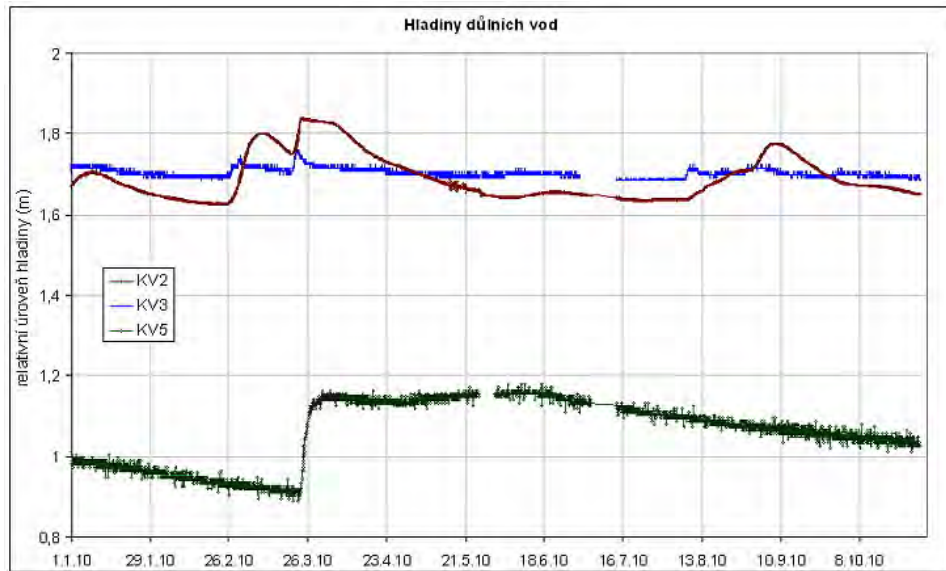
Největší propustnost (průlinová) je dosažena na hranici zvětralinový plášť – hornina a to je obecně v hloubce 3–4 m; v údolí potoků a vodotečí je hloubka 7–8 m. Hlubší zóna zvětrávání dosahuje do hloubky 10–12 m.

V současné době lze v oblasti bývalého dolu Jeroným vyčlenit tři typy cirkulace podzemních vod:

- podzemní vody s mělkým oběhem (částečně komunikující s potokem Chalupeckým). Jedná se o vody vázané na pokryvné útvary a dotované především srážkami. Hladina vod je volná a sleduje konformně terén. Hloubka mělkého oběhu je podmíněna morfologií terénu a přípoверхovou geologickou stavbou. Hlavní zasakování vod do důlních prostorů probíhá v místech dobývání (v současné době v místě dobývacích prací zavezených odvalovými hmotami po částečné rekultivaci). Po zatopení dolu je část těchto vod stažena do úrovně tzv. štolového patra (tj. úroveň Dědičné štoly Jeroným).
- podzemní vody akumulované v důlních dílech bývalého dolu Jeroným, situovaných nad úrovní odvodňovací báze Dědičné štoly Jeroným (tj. nad úrovní +738 m n. m.). Celé těžební pole není pravděpodobně zatopeno pouze na úroveň Dědičné štoly Jeroným, ale úroveň místní erozní báze bude pravděpodobně níže, protože chod hladin, např. na štolovém patře v oblasti V3-V4, ukazuje na ještě nižší úroveň odvodnění. Tento stav je možný vzhledem k nedostatečnému poznání všech báňských rozfárávek ložiska v hluboké minulosti.
- podzemní vody s hlubším oběhem jsou vázány na propustnější úseky tektonických struktur ložiskových hornin, tj. na úseky kde se dobývalo. Tyto důlní vody spolu s přetokem vod z mělké zvodně a z důlních děl, vytvářejících akumulaci vod v tzv. zavěšené zvodni, jsou drénovány Dědičnou štolou Jeroným (cca +730 m.n.m.) či případně důlními díly na nižší úrovni (dnes neznámé/nepoznané hlubší drenážní báze) do vod povrchových.

Jak je patrné z grafu chodu hladin (obr. 5), v důlním díle došlo v březnu roku 2010 (Žůrek et al., 2010) k výraznému projevu nárůstu hladin, a to prakticky ve všech monitorovaných oblastech dolu. Tento jev se periodicky opakuje v jarním období. Příčiny tohoto jevu, vzhledem ke složitosti a značnému stupni neznalosti skutečných prioritních cest, tvořených starými důlními díly a dobývkami, jsou obtížně vysvětlitelné. Jsou reálné tři příčiny:

- meteorologická situace předcházející pozorovanému jevu – jev by výrazně koreloval s chodem srážek, táním sněhu, průtokem povodňových vln apod.;
- sifonový efekt přetoku z vyšších úrovní dolu (ze zavěšených zvodní po dosud nepoznaných starých důlních dílech) – jev by byl výrazně periodický;
- přetok z vyšších úrovní dolu (ze zavěšených zvodní po dosud nepoznaných starých důlních dílech) po překonání hydraulického odporu (a následném rozmytí) jílovitých sedimentů akumulovaných v důlním díle – jev by byl výrazně nahodilý.



Obr. 5 Graf chodu hladin ve starých důlních dílech

Cílem metody časosběrného snímkování (Kukutsch et al., 2010) je sběr časových dat a dlouhodobé pozorování míst se sníženou stabilitou, s kterou je spojená i pravidelná dokumentace opadů a závalů. Z doposud provedených časosběrných snímků je patrné, že nebyly dokumentovány žádné známky toho, že by docházelo ke změnám na sledovaných bocích a stropech. Přestože se oproti jiným částem Dolu Jeroným jedná o místa se sníženou stabilitou, na základě uplatněných metod vizuálního monitorování lze konstatovat, že se na sledovaných místech gravitační jevy vyvolané procesem zvětvávání a erozí horského masivu vůbec neuplatňovaly. Registrován byl pouze pohyb kousků opadlé horniny, vyvolané pohybem osob v těchto částech důlního díla. Závaly se nijak nerozšiřují a registrované změny jsou pouze antropogenního charakteru.

V tomto případě nejpravděpodobnější příčinou skokového zvýšení hladiny zatopených důlních děl byla momentální meteorologická situace v širší oblasti ložiska.

4 Vizuální monitoring

V důlním díle Jeroným se nachází několik míst, která jsou předmětem vizuálního monitoringu (časosběrného snímkování). Jedná se o místa, ve kterých se nachází výrazné opady stropů a závaly, u kterých je předpoklad, že se mohou vlivem nadržené vody rozplavovat, a tím měnit svůj plošný rozsah.

Na testovací časosběrné snímkování, realizované v posledním čtvrtletí roku 2009, bylo v roce 2010 navázáno sérií dalších, již plnohodnotných měření, která měla dokladovat aktuální stav a případné změny na stěnách (bocích) a stropech monitorovaných důlních děl, tj. komory K1, komory K3 a komory K4.

5 Závěr

Významným úkolem nejen v době zpřístupňování Dolu Jeroným, ale i po dobu jeho provozu, je posuzování stability jednotlivých částí důlního díla i důlního díla jako celku, protože podzemní prostory budou v blízké budoucnosti vystaveny četným antropogenním zásahům při přípravě zpřístupnění této památky veřejnosti. A přestože se jedná pouze o souhrn činností prováděných na Dole Jeroným, z nichž by si každá zasloužila vlastní prostor, je zřejmé, že z pohledu posouzení stability a bezpečnosti je Dolu Jeroným věnována velká pozornost.

Příspěvek dokumentuje postup a přínos prací v rámci geotechnického a geologického monitorování historického důlního díla Důl Jeroným v Čisté. Z hlediska geologického sledování nedošlo k žádným extrémním projevům, které by signalizovaly nebezpečné změny stability horského masivu. Kontrolní měření na všech konvergenčních bodech potvrzuje skutečnost, že nedochází v současné době k žádným pohybům, které by ovlivňovaly celkovou stabilitu všech důlních děl na dané lokalitě. Dlouhodobě nejvýznamnějším výsledkem z monitorování pomocí distribuovaného měřicího systému je registrace poklesů hladiny důlních vod na štolovém patře, přičemž tento fenomén není zatím vysvětlen. Z dosud provedených měření a pozorování vyplývá, že změna úrovně hladiny podzemních vod v zásadě koreponduje s významnými přítoky srážkových vod z povrchu. Pomalé změny úrovně hladiny podzemní vody, které se necyklicky projevují v některých místech, však s přítoky povrchových vod nebo s možnými přítoky z oblastí starých důlních děl zjevně nesouvisí.

Součástí dlouhodobého monitorování důlního díla je i provádění nivelačních měření na silnici č. II/210, nacházející se nad komplexem ODD, externí měřičskou službou. Výsledky, jež jsou velice důležité pro hodnocení stability této komunikace spojující Horní Slavkov a Sokolov, zatím nevykazují žádné významné změny, které by svědčily o přímém vlivu pohybu masivu v souvislosti s důlní činností.

References

- KALÁB Z., HRUBEŠOVÁ E., KNEJZLÍK J., KOŘÍNEK R., KUKUTSCH R., LEDNICKÁ M., ŽŮREK P. Mine Water Movement in Shallow Medieval Mine Jeroným (Czech Republic). In: *Rapantová, N. and Hrkal, Z. (Eds): Mine Water and the Environment. Proceedings of 10th International Mine Water Association Congress*, Karlovy Vary, 2008.
- 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.
- ŽŮREK P., KOŘÍNEK R., KALÁB Z., HRUBEŠOVÁ E., KNEJZLÍK J., DANĚK T., KUKUTSCH R., MICHALČÍK P., LEDNICKÁ M., RAMBOUSKÝ, Z. *Historický Důl Jeroným v Čisté*. Monografie, VŠB – Technická univerzita Ostrava a Ústav geoniky AVČR, v.v.i. Ostrava, 2008, ISBN 978–80-248–1757-6, 82 s.
- ŽŮREK P., KOŘÍNEK R., MICHALČÍK P., DANĚK T., HUDEČEK V., KALÁB Z., KNEJZLÍK J., KUKUTSCH R., LEDNICKÁ M. Odborné sledování geomechanické stability a seismického zatížení národní kulturní památky Důl Jeroným v Čisté, Karlovarský kraj. *Závěrečná zpráva HS č. 500 001*, 2010, 39 s.
- ŽŮREK P., KOŘÍNEK R., MICHALČÍK P., ŠTĚPÁNKOVÁ H., DANĚK T., KUKUTSCH R., KALÁB Z., KNEJZLÍK J., LEDNICKÁ M. Komplexní sledování geotechnických problémů lokality Čistá – Důl Jeroným, období 2004–2005. *Uhlí, Rudy, Geologický průzkum*, č. 9, 2005
- ŽŮREK P., KOŘÍNEK R., SLIVKA V., MICHALČÍK P., DANĚK T., ŠTĚPÁNKOVÁ H., DOLEŽAL M., KALÁB Z., KNEJZLÍK J., KUKUTSCH R., LEDNICKÁ M. Sledování geomechanické stability kulturní památky Důl Jeroným v Čisté okr. Sokolov. *Závěrečná zpráva HS 500 5006*, 2008, 39 str.

Summary

An important task in the course of making the Jeroným Mine accessible and also in the course of its operation, is to assess the stability of individual parts of the mine working and the mine working as a whole, because underground workings will be subjected, in the near future, to numerous anthropogenic actions associated with the preparation of opening this heritage site to the public. Although this is only a case of a set of activities performed in the Jeroným Mine, each of which should be discussed separately, it is evident that, from the point of view of stability and safety assessment, great attention is given to the Jeroným Mine.

The contribution documents the sequence of operations and their contributions in the framework of geotechnical and geological monitoring a historical mine working, Jeroným Mine at Čistá. From the point of view of geological monitoring, any extreme events signalling hazardous changes in rock mass stability have not occurred. Check measurements of all points of convergence confirm the fact that at present any movements which would affect the overall stability of all mine workings in the given locality do not take place. The most important long-term result from monitoring by means of distributed measurement system is the record of drops in mine water level on the adit level; this phenomenon has not been explained yet. It follows from measurements and observations carried out so far that a change in groundwater level corresponds in principle to significant inflows of rainfall from the surface. However, slow changes in groundwater level, which manifest themselves in some places not cyclically, are evidently related neither with surface water inflows, nor with possible inflows from the area of old mine workings.

Figures:

Fig. 1 Localization of the Jeroným mine on the map of the Czech Republic

Fig. 2 Territory of the Jeroným mine

Fig. 3 Localization of the measuring levels and profile lines

Fig. 4 The profile P10 having a convergence prop

Fig. 5 Depiction of the level course in the old mine workings

Authors

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

Doc. Ing. Robert Kořínek, CSc. – Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, FAST, VŠB-TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava – Poruba

Ing. Tomáš Daněk, Ph.D. – Institut geologického inženýrství, HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba

Ing. Petr Michalčík – 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

Doc. Ing. Arnošt Grmela, CSc. – Institut geologického inženýrství, HGF, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava-Poruba