



**MĚŘENÍ POHYBU HORNINOVÝCH BLOKŮ NA VYBRANÉ PUKLINĚ V DOLE JERONÝM**  
**MEASUREMENT OF THE MOVEMENT OF ROCK BLOCKS ALONG THE SELECTED CRACK**  
**IN THE JERONÝM MINE**

*Zdeněk Kaláb<sup>1</sup>, Markéta Růsnerová<sup>2</sup>, Tomáš Kaláb<sup>3</sup>*

**Abstrakt**

Středověké prostory Dolu Jeroným (okres Sokolov, Česká republika) jsou monitorovány distribuovaným měřicím systémem s cílem poskytnout informace o stabilitě důlního díla jako celku, případně jeho vybraných částí. Jedním ze sledovaných parametrů je i pohyb horninových bloků podél puklin. V článku je představen výsledek kontinuálního monitorování uvedeného projevu v komoře K1. Zde je použito strunové čidlo na měření absolutní vzdálenosti dvou bodů v bloku rozděleném puklinou a též sledování deformace skleněných terčíků. Získaná křivka z kontinuálního měření zahrnující desetileté období (2011–2021) vykazuje významnou roční periodicitu. Z výsledků vizuálního a kontinuálního monitorování je evidentní, že dochází k pomalému postupnému rozšiřování sledované trhliny; ve zmíněném desetiletém období je to asi 1 mm.

**Abstract**

The medieval underground spaces of the Jeroným Mine (Sokolov District, Czech Republic) are monitored by a distributed measuring system in order to provide information on the stability of the mining spaces as a whole, or selected parts of it. One of the monitored parameters is the movement of rock blocks along the cracks. The paper presents the result of continuous monitoring of the above-mentioned manifestation in chamber signed as K1. Here, a vibrating wire crackmeter is used to measure the absolute distance of two points in a block divided by a crack; deformation of glass targets is also used here. The curve obtained from continuous measurement covering a ten-year period (2011 - 2021) shows a significant annual periodicity. From the results of monitoring, it is evident that there is a slow gradual expansion of the monitored crack; in the mentioned ten-year period it is about 1 mm.

## **Klíčová slova**

*Pohyb horninových bloků, distribuovaný měřicí systém, kontinuální monitoring, Důl Jeroným*

## **Keywords**

*Movement of rock blocks, distributed measurement network, continual monitoring, Jeroným Mine*

## **1 Úvod**

Historie je součástí identity a kultury národa. Zručnost a vyspělost předchozích generací posuzujeme z dochovaných duchovních a hmotných výtvorů. K obdivovaným technickým památkám patří historická důlní díla, ukazující tehdejší stav technického poznání a myšlení. Pokud to technický stav památek dovoluje, je realizována jejich záchrana. Takovou technickou památkou je bezesporu soubor podzemních prostor Dolu Jeroným v Čisté (okres Sokolov). Nabízí příklad středověkého cínového hornictví a podzemního stavitelství, dokumentující dřívější technologie dobývání. Podobných důlních a podzemních děl ve Slavkovském lese, kde se Důl Jeroným nachází, bylo v 15. až 17. století řádově několik set (např. Beran et al., 1996). Jejich lokalizace je znesnadněna nedostatkem písemných pramenů a skutečností, že báňské práce v té době byly provozovány na malých výměrách dolových polí bez koordinace s činností ostatních dolů. Podzemní prostory Dolu Jeroným, díky vysokému stupni zachování původní hornické práce převážně z 16. století a jedinečností uchování historického dolu jako celku, představují unikátní montánní památku reprezentující evropskou hornickou kulturu středověku. Zachování původních dobývek ve velké části podzemních prostor je paradoxně následek poměrně chudého cínového zrudnění a též nalezení bohatších ložisek v nedalekém okolí (především Huberův a Schnödův peň). Důlní dílo Jeroným bylo představeno v řadě publikací, např. KALÁB et al. (2006) a ŽŮREK et al. (2008).

Nedílnou součástí historicko-montánních studií je i posuzování stability důlního díla jako celku a nalezení kritických míst, ať už z pohledu případné ztráty stability nebo z pohledu bezpečnosti pohybu osob v důlním díle. Proto je od roku 2001 realizován v uvedeném důlním díle geomechanický monitoring vybraných parametrů. Při obnově dědičné štoly byly používány trhací práce jako jedna z razicích technologií. Proto vyvstala diskuze k seismickému zatížení důlního díla a možnému poškození historických částí dolu. Seismická aparatura (Knejzlík a Kaláb, 2002), která je stejně jako seismometry umístěna v důlním díle, byla uvedena do provozu v roce 2004. Do této seismické aparatury byl od roku 2006 implementován distribuovaný měřicí systém (dále jen DMS). Jeho cílem bylo monitorovat vybrané geomechanické parametry, aby bylo možno posoudit dynamiku případné změny sledované veličiny (Lednická et al., 2011; Kaláb et al., 2012, 2015).

Deformační účinky v důlních prostorách lze očekávat jak v důsledku přirozeného degradačního a deformačního procesu v horninovém masivu, tak i jako následek stavebních prací, které byly a jsou prováděny v důlním díle. V článku jsou ve stručné formě představeny výsledky z měření pohybu horninových bloků podél vybrané pukliny v komoře označované K1. Sledované místo je osazeno senzorem napojeným na DMS, což umožňuje odečítání měřených hodnot v intervalu 1 hodiny, dále je využívána i instalace skleněných

terčíků. Časový průběh hodnot měřených strunovým čidlem v komoře označované K1 ukazuje velmi charakteristickou závislost s roční periodou.

## 2 Distribuovaný měřicí systém

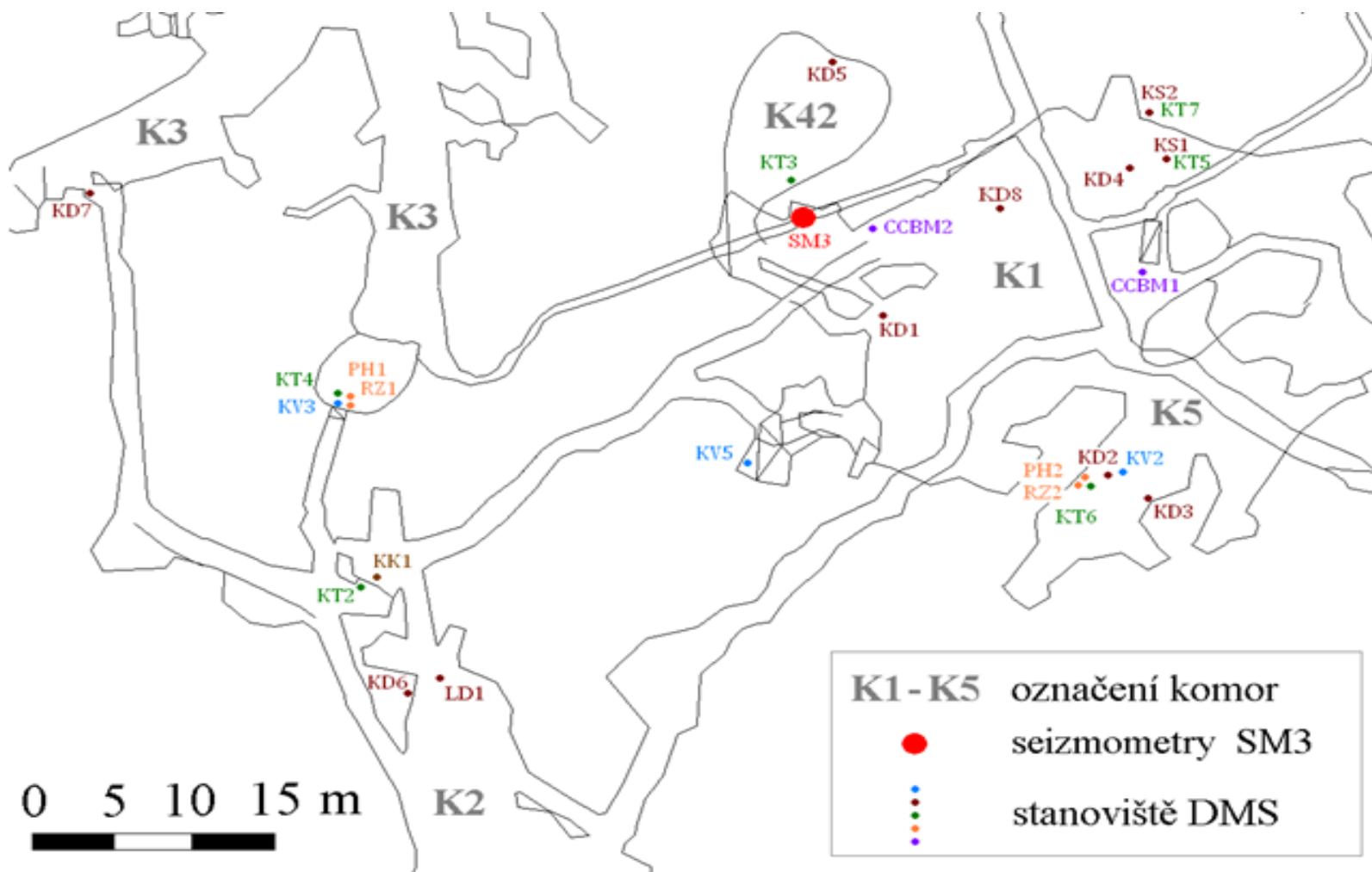
První geomechanická měření byla od roku 2001 realizována pracovníky VŠB – Technické univerzity Ostrava pouze při neperiodických návštěvách v dole, cca 3–4krát za rok. Tato měření sice poskytla řadu významných poznatků, neumožnila však posoudit přesné časové určení a dynamiku nalezeného projevu. Díky finanční podpoře Grantové agentury ČR (2006-2008, 2009-2013) byl postupně v Dole Jeroným v části ODD vybudován distribuovaný měřicí systém s telemetrickým přenosem dat. Nedílnou součástí realizace této sítě bylo metodicky připravit monitorování potřebných parametrů pro posuzování stability důlního díla během razicích prací při úpravách dolu a pro následné trvalé monitorování kritických míst důlního díla během plánovaného provozu muzejní expozice v podzemí.

Požadavky na DMS pro danou lokalitu byly stanoveny následovně:

- Automatická registrace vybraných, dosud manuálně kvartálně odečítaných veličin.
- Možnost začlenění různých běžných metod měření a ve výzkumném režimu ověřit využití moderních metod.
- Modulární architektura umožňující postupné rozšiřování systému.
- Rozmístění snímačů měřených veličin ve vzdálenostech až stovek metrů od centrální registrační jednotky. Instalace snímačů a kabeláže nesmí viditelně poškodit historické důlní dílo.
- Zařízení musí dlouhodobě pracovat v důlní atmosféře s téměř 100% relativní vlhkostí.

DMS je koncipován jako autonomní měřicí systém s telemetrickým přenosem dat, který pracuje v bezobslužném režimu (např. Knejzlík, 2006; Knejzlík a Rambouský, 2008). Jednotlivé senzory s analogovým výstupem jsou přes měřicí jednotky MICROUNIT (Tedia a.s.) připojeny k počítači prostřednictvím datové sběrnice standardu RS485 a komunikují protokolem Aibus2. Pro implementaci strunových senzorů posunutí (např. firem Mailhack a Geokon) byla vyvinuta měřicí jednotka MUWV3, která po datové sběrnici komunikuje stejným protokolem. Dále byly vyvinuty měřicí jednotky pro laserové měření konvergence, pro měření fyzikálních parametrů důlních vod a pro dlouhodobé experimentální monitorování změn tenzoru napjatosti horninového masivu pomocí tenzometrických sond CCBM a měření objemové aktivity radonu. Jednotlivá čidla, kabeláž a elektronické vybavení jsou ve vodotěsném provedení, významná je také ochrana systému proti účinkům blesků.

Kontinuální měření rozevírání (svírání) puklin a sledování změny úrovně hladiny důlních vod patří k základním poznatkům pro správné hodnocení stability podzemních prostor. V podzemí lze uvažovat o statickém tlaku důlních vod v zaplavených prostorech (akumulované vody), proudovém tlaku prosakující vody (jehož důsledkem je sufóze jemných částí horniny a oslabování horninového skeletu), mazacím efektu vody na tektonických plochách (snížení tření na těchto plochách a snížení smykové pevnosti trhlin a puklin)



**Obr. 1** Schéma podzemí ODD s lokalizací senzorů DMS (Kaláb et al., 2015)

horninového masivu (2 místa, CCBM), měření objemové radioaktivity radonu (1 místo, RA) a spouštěné měření vibrací v důlním díle (tříšložková registrace, SM3). Aktuálně jsou některá měřicí místa zrušena, a to buď z důvodu ukončení výzkumu daného problému nebo kvůli zestárnutí/poškození čidla. Z pohledu sledování pohybu bloků byla zrušena čidla na štolovém patře, tj. KD6, KD7a KK1, laserové čidlo LD1 bylo přemístěno do komory K1.

a chemickém zvětrávání živců ve vodním prostředí. V okolí důlního díla je vhodné sledovat nejen kolísání hladiny podzemní vody, ale také meteorologickou situaci (srážky).

V době intenzivního výzkumu zahrnoval DMS tato čidla (Obr. 1, Kaláb et al., 2015): kontinuální měření změny úrovně hladiny důlních vod (3 měřená místa, KV), kontinuální měření rozevírání (svírání) puklin v horninovém masivu (indukční a strunová čidla – 9 míst, KD, KS), měření svislého směru konvergence (mechanické a laserové čidlo – 2 místa, KK, LD), měření teploty důlní atmosféry (4 místa, KT), měření teploty důlní vody (2 místa, KT), měření fyzikálních parametrů vody (pH a zdánlivý měrný odpor – 2 místa, PH, RZ), měření změn tenzoru napjatosti

### 3 Výzkum pohybu horninových bloků podél pukliny v komoře K1



*Obr. 2 Sledovaný blok v severní části komory K1(vlevo) a čidlo instalované přes puklinu v tomto bloku (vpravo). Foto: Rösnerová*

Hlavní poznatky získané z kontinuálního monitoringu pomocí DMS v Dole Jeroným jsou publikovány v odborných časopisech, např. KALÁB et al. (2008), KALÁB a LEDNICKÁ (2011, 2016), KNEJZLÍK et al. (2011), TELESKA et al. (2011), LEDNICKÁ et al. (2012), LEDNICKÁ a KALÁB (2013a, 2013b, 2016), LYUBUSHIN et al. (2014). Pohyb horninových bloků podél puklin byl představen již v článku KALÁBA et al. (2015). Protože tehdy byla k dispozici jen krátká časová řada, bylo měření komentováno závěrem: „Stručně lze konstatovat, že žádné měřené hodnoty pohybu horninových bloků po puklinách nevykazují významné pohyby bloků hornin, i když na

některých křivkách již lze pozorovat náznak změny vzájemné polohy bloků“. Aktuální studie již dokládá delší časové období a dokazuje detekovatelný pohyb.

Jednou z lokalit v důlních prostorách, která je sledována jako kritické místo z pohledu stability, je část severní stěny v komoře K1 pod fárací jámou Jeroným. Jde o horninový blok, který je do komory K1 odkryt těžbou v daleké minulosti; na svislé ploše je zřetelná struktura ruční dobývky (Obr. 2 vlevo). Tento horninový blok je silně rozpraskán řadou paralelních horizontálních puklin, které jsou v krajní části protkány ještě šikmými až svislými puklinami. Na jedné z horizontálních puklin je instalováno strunové čidlo od firmy Geokon s označením KS1 (Obr. 2 vpravo). Čidlo je instalováno šikmo na subhorizontální poruchu. Z obrázku 2 je rovněž vidět, že před osazením došlo na poruše k subhorizontálnímu posunu – pravostranné otevření. Čidlo je osazeno šikmo, jak k původnímu markantnímu pohybu, tak i k rozevírání uvedené subhorizontální trhliny. Čidlo se nachází nedaleko fárací jámy, proto jsou měřené hodnoty významně ovlivňovány aktuální teplotou vzduchu proudícího důlním dílem. Součástí strunového čidla je i teplotní čidlo, což se využívá k opravě měřených hodnot. Teplota vzduchu se v důlním díle pohybuje v rozmezí 4–17 °C; v závislosti na lokalizaci čidla v důlním díle (blízkost větrné cesty, izolovaná prostora) je vliv teploty různý.

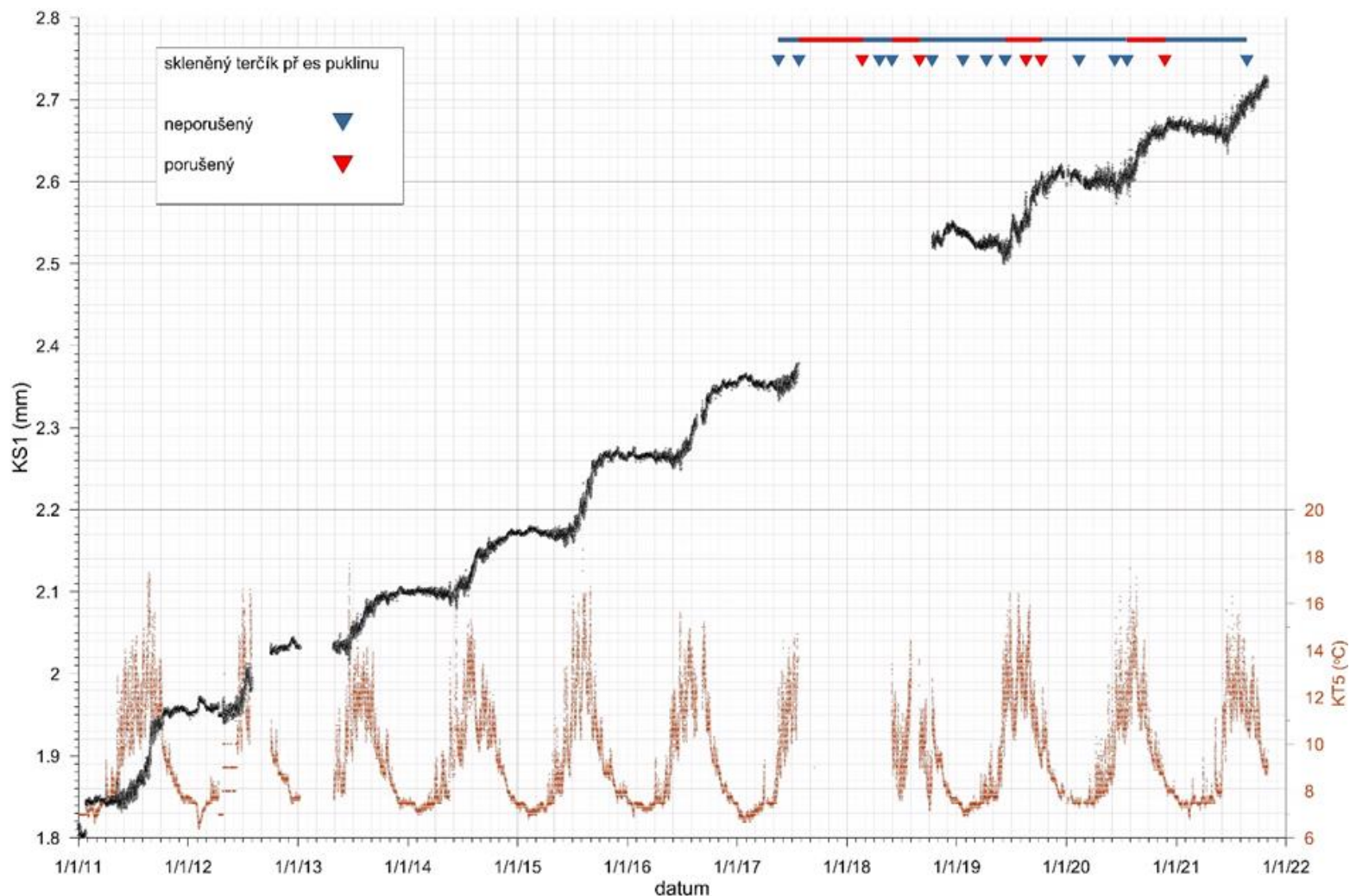
Zásadní výsledek monitorování uvedeného místa je představen na obrázku 3. Zde jsou vyneseny hodnoty změny měřené délky strunovým čidlem KS1. Jde o desetileté období v rozmezí 1.1.2011 – 1.1.2021. Hodnoty byly opraveny na vliv teploty. Delší výpadek 2017/2018 je v důsledku výpadku měření teploty, zde tedy nelze opravit měřená data. V grafu je zřetelně identifikovatelná roční perioda pohybu na puklině, což souvisí s největší pravděpodobností s oteplováním a ochlazováním důlního díla (případně související změnou vlhkosti). K rozšiřování pukliny dochází vždy během letního a začátku podzimního období, největší pohyb je detekován často při postupném ochlazení důlního díla. Pro názornější zobrazení detekovaného pohybu na puklině je v grafu na obrázku 4 vynesena relativní změna měřené délky strunovým čidlem KS1 v závislosti na teplotě vzduchu v daném místě pro vybrané období od května 2013 do června 2017. Jednotlivé měsíce v roce jsou rozlišeny barevně, časová období jsou popsána v pravé části grafu. Z grafu je zřejmé, že k rozevření pukliny dochází během června, července a září. Nejlépe je to patrné v létě roku 2015 (došlo k největšímu posunu na puklině a zároveň byly dosaženy nejvyšší teploty vzduchu během letních měsíců) a 2016. Již dříve bylo konstatováno na základě všech dostupných výsledků vizuálního i kontinuálního monitoringu (např. Kaláb et al., 2015; Kaláb a Lednická, 2016), že dochází k pomalému postupnému rozevírání sledované pukliny, v uvedeném desetiletém období se jedná o hodnotu cca 1 mm.

Na obrázku 3 jsou současně vyneseny informace o stavu skleněných terčíků, které jsou instalovány na stejné puklině. Terčíky se „ověřuje“ plná funkčnost strunového čidla. K lepení sklíček na této puklině je používán rychle tuhnoucí cement. Dříve používaná sádrová hmota na puklinách na štolovém patře se ukázala v tomto velmi vlhkém prostředí jako nevhodná (sádrová hmota zůstává „plastická“). Prasknutí skleněných terčíků je detailně sledováno od května 2017. Jakmile dojde při návštěvách v dole k objevení prasknutého terčíku, je na téže puklině instalován terčík další. Nález skleněného terčíku v porušeném či neporušeném stavu nás informuje o stabilitě sledované pukliny v období od poslední kontroly terčíku. Podle sledování terčíků byla puklina stabilní v období 5/2017 až 7/2017, 3/2018 až 5/2018, 9/2018 až 5/2019 a 10/2019 až 7/2020 a k pohybu na ní došlo v období 8/2017 až 2/2018 (příliš dlouhý interval mezi kontrolami terčíků – přes půl roku), 6/2018 až 8/2018, 6/2019 až 9/2019 a 7/2020 až 11/2020. Srovnáme-li výsledky kontinuálního monitoringu pomocí

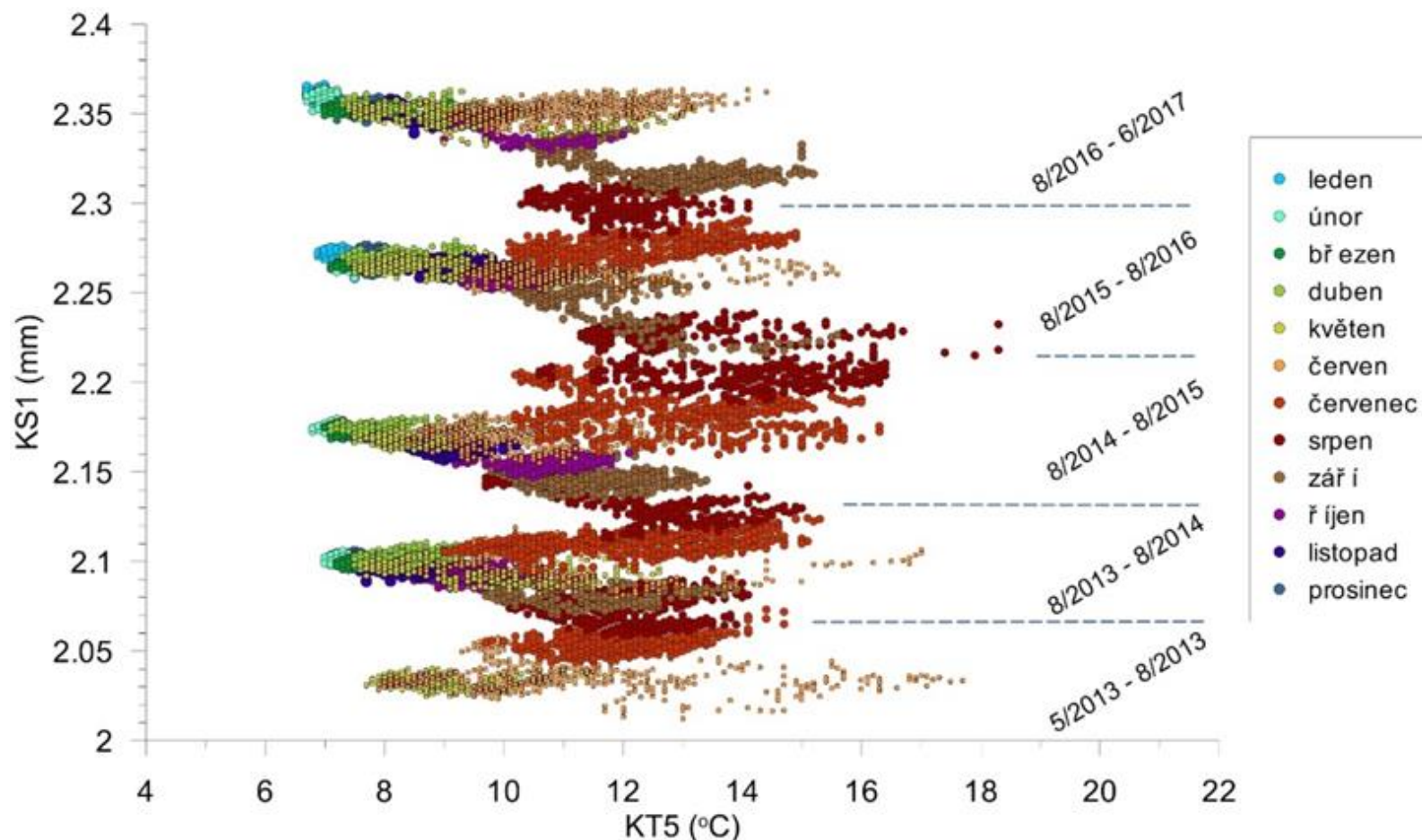
strunového čidla s výsledky sledování stavu terčů, vidíme, že oba způsoby měření potvrzují proces pohybu bloků v obdobném časovém úseku.

Pro úplnost dodejme, že sledovaná puklina se nachází v bezprostřední blízkosti místa, kde došlo v roce 2019 k významnému opadu horniny ze stropu. Šlo o blok, jehož celková hmotnost byla odhadnuta na 300–400 kg. Vibrační projev dopadu bloku na dno komory byl

**Obr. 3** Data ze strunového čidla KS1 opravená na změnu teploty vzduchu v důlním díle a teplota na stanovišti KT5. V horní části jsou symboly (trojúhelníky) označující porušení skleněných terčů na stejné puklině



zaznamenán na obou seizmických stanicích umístěných v komoře K1, což umožnilo přesné určení času vzniku opadu. Diskutovaný opad je s velkou pravděpodobností následek zvětrávacího procesu podél plochy odlučnosti, tedy je zcela nezávislý na činnosti v dole. Před vznikem opadu nebyl zaznamenán žádný významnější vibrační projev stavebních prací nebo silnějšího zemětřesení. Podrobně byl tento opad popsán KALÁBEM a LOSKOTEM (2020). Nicméně lze dodat, že k opadu došlo v průběhu měsíce srpna, což je období, kdy jsou na výše uvedené puklině detekovány pohyby.



*Obr. 4 Data ze strunového čidla KS1 v závislosti na teplotě vzduchu v místě měření KT5*

## 4 Závěr

Dlouhodobý monitoring geomechanických parametrů v prostorách Dolu Jeroným pomocí distribuovaného měřicího systému umožňuje získat řadu poznatků o stavu této středověké památky a přispět tím k jejímu zachování.

V článku je představen výsledek sledování pohybu horninových bloků ve stropní části komory K1 na vybrané puklině. K pohybu na sledované puklině dochází vždy v letním období a na počátku podzimního období, nejvíce při postupném ochlazení důlního díla, ve zbylé části roku je puklina víceméně stabilní. Z výsledků vizuálního i kontinuálního monitoringu představeného na obrázku 3 lze uvést, že dochází k pomalému postupnému rozevírání sledované pukliny, v uvedeném desetiletém období se jedná o cca 1 mm. Sledování



rozšiřování trhliny se provádí také pomocí USB mikroskopu – je opakovaně měřena šířka trhliny na zvoleném prasklém sklíčku. V důlních prostorách je vizuálně i čidly sledováno ještě několik míst (zvláště v komorách K3 a K4), na kterých jsou projevy pohybu podobné, měřené hodnoty jsou nižší.

Pro správné hodnocení stability podzemních prostor je informace o rozevírání (svírání) puklin zásadní. Pro celkové posouzení stavu důlních prostor a jejich stability je však nutné, aby bylo sledováno co největší množství parametrů ukazujících na změnu stavu horninového prostředí. Zde lze uvést seismologický monitoring, kolísání hladiny akumulovaných vod v uzavřených dílech, měření teploty a vlhkosti hornin a další.

## Poděkování

Príspevek je zpracován s podporou na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace RVO: 68145535.

Autoři děkují pracovníkům Okresního muzea Sokolov, příspěvková organizace za spolupráci.

## Literatura

- BERAN, P., JANGL, L., MAJER, J., SUČEK, P., OTFRIED, W. *1000 let hornictví cínu ve Slavkovském lese*, 1. vyd. Okresní muzeum Sokolov, 1996, 195 s.
- KALÁB Z., LEDNICKÁ M. Seismic Loading of Medieval Jeroným Mine During West Bohemia Swarm in 2008. In *Idziak, A.F., Dubiel, R. – editors: Geophysics in Mining and Environmental Protection. Ser. Geoplanet: Earth and Planetary Science*, 2011, Vol. 2, s. 21-30. © Springer-Verlag Berlin. DOI 10.1007/978-3-642-19097-1.
- KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M. Long-Term Geomechanical Observation in the Jeroným Mine. *Acta Geophysica*, Vol. 64, No. 5, Oct. 2016, s. 1513-1524. DOI 10.1515/ACGEO-2016-0054.
- KALÁB Z., LOSKOT J. Zvětrávací proces v historickém důlním díle: Příklad z Dolu Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 1, 2020, s. 32-39. DOI 10.26345/EGRSE-032-20-104.
- KALÁB, Z., HRUBEŠOVÁ, E., KOŘÍNEK, R., ŽŮREK, P., KUKUTSCH, R. Historical Jeroným Mine in Čistá – Underground Experimental Geotechnical Laboratory. *Tunnel – Magazine of the Czech Tunnelling Association and the Slovak Tunnelling Association ITA-AITES*, Vol. 21, No. 1/2012, s. 54-65.
- KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M., KNEJZLÍK, J., KALÁB, T. Deset let geotechnických studií v Dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 1, 2015, s. 1-9.
- KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J., KOŘÍNEK, R., ŽŮREK, P. Cultural Monument Jeroným Mine, Czech Republic – Contribution to the Geomechanical Stability Assessment. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, 2006, M-29(395), s. 137-146.
- KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J., KOŘÍNEK, R., KUKUTSCH, R., LEDNICKÁ, M., ŽŮREK, P. Contribution to Experimental Geomechanical and Seismological Measurements in the Jeroným Mine. *Acta Geodyn. et Geomater.*, 2008, Vol. 5, No. 2(150), s. 213-223.

- KNEJZLÍK, J. Distribuovaný systém pro monitorování v Dole Jeroným. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Řada stavební*, roč. VI, č.2/2006, s. 181-187.
- KNEJZLÍK, J., KALÁB, Z. Seismic Recording Apparatus PCM3-EPC. *Publs. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, 2002, M-24(340), s. 187-194.
- KNEJZLÍK, J., RAMBOUSKÝ, Z. Current Solution for Distributed Control and Measurement System in the Jeroným Mine – Modular System. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*. Vol. 5, No. 2(150), 2008, s. 205-212.
- KNEJZLÍK, J., KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M., STAŠ, L. Investigation of the Medieval Jeroným Mine Stability: Present Results from a Distributed Measurement Network. In *Idziak, A.F., Dubiel, R. – editors: Geophysics in Mining and Environmental Protection. Ser. Geoplanet: Earth and Planetary Science*, 2011, Vol. 2, s. 59-70. © Springer-Verlag Berlin. DOI 10.1007/978-3-642-19097-1.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z. Testování nedestruktivních metod měření zvětrání horninového masivu v Dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 2013a, Vol. XX.1, s. 66-77.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z. Vibration Effect of Earthquakes in Abandoned Medieval Mine. *Acta Geod Geophys.* 2013b, Vol. 48, Issue 3, s. 221-234.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z. Determination of Granite Rock Massif Weathering and Cracking of Surface Layers in the Oldest Parts of Medieval Mine Depending on Used Mining Method. *Arch. Min. Sci.*, Vol. 61 (2016), no. 2, s. 381-395. DOI 10.1515/amsc-2016-0028.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J. Kontinuální geomechanický monitoring v Dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 2011, Vol. XVIII.1, s. 62-72.
- LEDNICKÁ, M., KALÁB, Z., KNEJZLÍK, J. Monitorování úrovně hladin akumulovaných vod v Dole Jeroným. *International Journal of Exploration Geophysics, Remote Sensing and Environment (EGRSE)*, 2012, Vol. XIX.2, s. 54-68.
- LYUBUSHIN, A.A., KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M. Statistical Properties of Seismic Noise Measured in Underground Spaces During Seismic Swarm. *Acta Geod Geophys.* 2014, Vol. 49, Issue 2, s. 209-224. DOI 10.1007/s40328-014-0051-y.
- TELESCA, L., LOVALLO, M., KALÁB, Z., LEDNICKÁ, M. Fluctuation Analysis of the Time Dynamics of Laser Distance Data Measured in the Medieval Jeroným Mine (Czech Republic). *Physica A* (2011), Elsevier, s. 3551-3557. DOI 10.1016/j.physa.2011.04.026.
- ŽŮREK, P., KORÍNEK, 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, 2008, 82 s.

---

#### Autoři

<sup>1</sup> prof. RNDr. Zdeněk Kaláb, CSc. – Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, [kalab@ugn.cas.cz](mailto:kalab@ugn.cas.cz)

<sup>2</sup> Ing. Markéta Rösnerová, Ph.D. – Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, [Marketa.Rosnerova@ugn.cas.cz](mailto:Marketa.Rosnerova@ugn.cas.cz)

<sup>3</sup> Ing. Tomáš Kaláb – Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00, Ostrava-Poruba, [tomas.kalab@ugn.cas.cz](mailto:tomas.kalab@ugn.cas.cz)