

Měření náklonů svahu dolu ČSA ve štole Jezeří

RNDr. Jan Mrlina, Ph.D.¹, Ing. Václav Polák¹, Ing. Bohumil Chán¹, Petr Skalský¹

¹Geofyzikální ústav AV ČR, Praha; jan@ig.cas.cz

Přijato: 12. 10. 2020, recenzováno: 11. a 15. 2. 2021

Abstrakt

Na konci štolý Jezeří byla již v roce 1982 instalována náklonoměrná stanice jako součást monitorovacího systému hnědouhelného lomu ČSA. V roce 2001 byla dobudována druhá stanice v metráži 140. Obě stanice registrují velmi přesná náklonoměrná data sledující pohyby ve svahu krystalinika Krušných hor. Data jsou po zpracování převedena do vektorového grafu, který zobrazuje dráhu (směr a rychlost) náklonů. Dlouhodobý trend náklonu bývá narušen změnami v zimním období, které v důsledku zvýšených srážkových úhrnů, ale i dalších faktorů významně mění azimut i rychlost náklonů. Např. v roce 2011 byla registrována velmi výrazná změna směru i rychlosti již před začátkem významného sesuvu hornin v prostoru opěrného pilíře pod zámek Jezeří. V roce 2016 došlo ke změně dlouhodobého trendu směru náklonu patrně v souvislosti s postupem porubní fronty a hlubinným dotěžováním uhlí. Náklonoměrná data jsou poskytována on-line uhelné společnosti lomu ČSA a přispívají k zajištění ochrany zdraví pracovníků dolu i hmotného majetku v dole.

Measurement of inclines of the ČSA mine slope in the Jezeří gallery

At the end of the Jezeří gallery, an inclinometer station was installed as early as 1982 as part of the ČSA brown coal quarry monitoring system. In 2001, the second station at the length of 140 was completed. Both stations register very accurate inclinometer data tracking movements in the slope of the crystalline rocks of the Ore Mountains. After processing, the data is converted into a vector graph, which shows the track (direction and speed) of inclinations. The long-term trend of the incline is often disrupted by changes in the winter, which significantly change the azimuth and speed of the inclines due to increased precipitation totals, but also other factors. E.g., in 2011, a very significant change of direction and speed was registered even before the beginning of a significant landslide in the area of the supporting pillar under the Jezeří chateau. In 2016, there was a change in the long-term trend of the direction of inclination, probably in connection with the progress of the extracting front and finishing works of deep mining of coal. Inclinometer data are provided online to the coal company of the ČSA quarry and contribute to ensuring the protection of the health of mine workers and tangible assets in the mine.

Messung der Böschungsneigungen des ČSA-Tagebaus im Stollen Eisenberg

Am Ende des Stollens Eisenberg wurde bereits im Jahr 1982 eine Messstation installiert, welche zur Messung der Neigung diente, als Bestandteil des Monitoringsystems des Braunkohletagebaus ČSA. Im Jahr 2001 wurde zweite Station ausgebaut, in der Länge (Metrage) 140 m. Beide Stationen registrieren sehr präzise neigungsmäßige Daten, die Bewegungen in der Böschung des erzgebirgischen Kristallinikums verfolgen. Die Daten werden nach der Bearbeitung in die Vektorgraphik überführt, die die Bahn der Neigungen (Richtung und Geschwindigkeit) darstellt. Der langfristige Trend der Neigung ist oft von Änderungen im Winterperiode gestört, welche infolge erhöhter Niederschlagssumme, aber auch sonstigen Faktoren bedeutend ändert den Azimut sowie die Geschwindigkeit der Neigungen. Zum Beispiel im Jahr 2011 wurde sehr deutliche Änderung der Richtung sowie Geschwindigkeit bereits vor dem Beginn einer bedeutenden Rutschung der Gesteine im Raum des Stützpfilers unter dem Schloss Eisenberg. Im Jahr 2016 kam es zur Änderung des langfristigen Trends der Neigungsrichtung, wahrscheinlich in Zusammenhang mit dem Fortschreiten der Abbaufont und mit der Beendigung der Auskohlung auf untertägige Weise. Die neigungsmäßigen Daten werden on-line der Kohlegesellschaft des Tagebaus ČSA geliefert und auch zum Schutz der Gesundheit der Mitarbeiter sowie auch zum Schutz des Sachvermögens im Tagebau dienen.

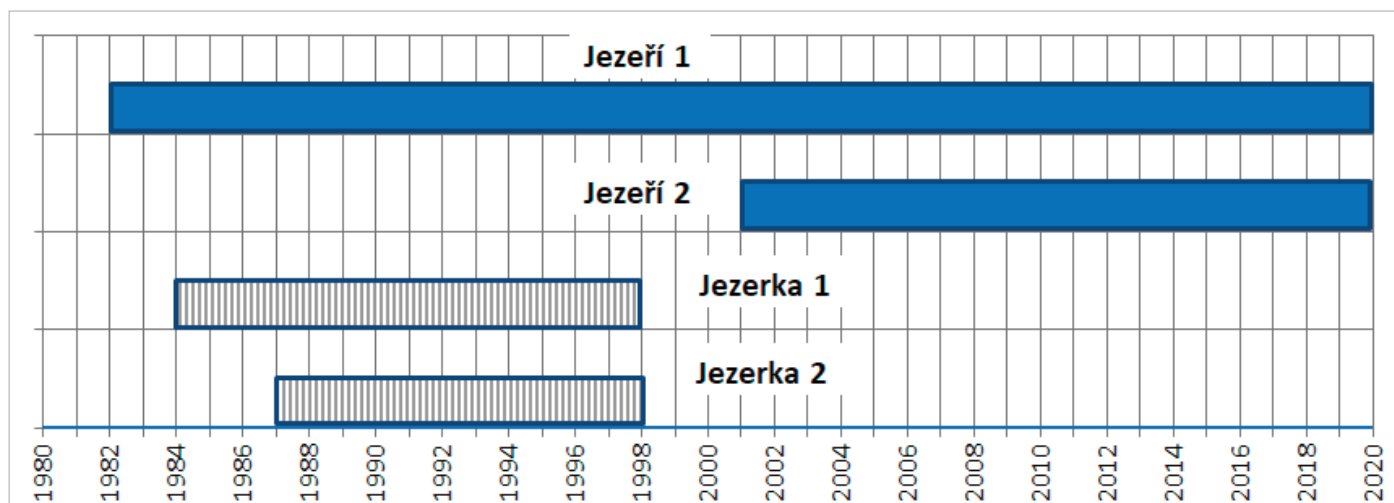
Klíčová slova: náklonoměr, sesuv, monitorování svahu.

Keywords: inclinometer, landslide, slope monitoring.

1 Úvod

V roce 1982 byl Geofyzikální ústav ČSAV (nyní GFÚ AV ČR) v Praze požádán vedením Severočeských hnědouhelných dolů v Mostě o vybudování dvou náklonoměrných monitorovacích stanic v kontrolních štolách Jezeří a Jezerka, vyražených v délkách cca 400 m a 500 m do masivu Krušných hor speciálně pro účely měření. Důvodem jejich žádosti byly závěry geologických studií (např. Rybář, 1983) poukazující na nebezpečí narušení stability svahů krystalinika masívu Krušných hor při těžbě hnědého uhlí velkolomovou metodou. Za zvláště nebezpečnou

oblast byly považovány hlubší partie krystalinika, kde pro nepatrnou velikost očekávaných deformací nebylo možno použít běžných geodetických a geologických měřících metod, zatímco speciální náklonoměry na principu horizontálního kyvadla (modely NSO a ASNS), vyvinuté a užívané pro sledování slapových pohybů zemské kůry, které měl Geofyzikální ústav k dispozici, se vyznačovaly dostatečnou citlivostí pro požadované monitorování deformačních procesů (Ostrovsky, 1961). Tyto přístroje jsou schopny nepřetržitě registrovat lokální náklony podkladu, na němž jsou instalovány, s mimořádnou rozlišovací

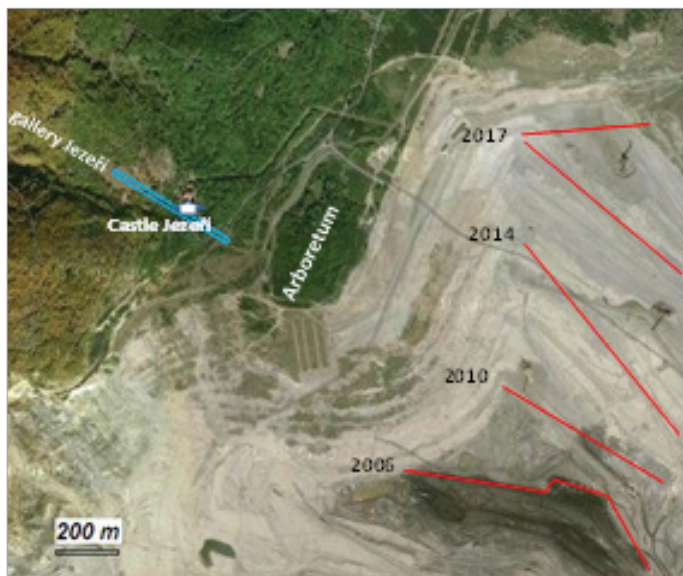


Obr. 1: Přehled období provozu jednotlivých náklonoměrných stanic ve štolách Jezeří a Jezerka.

schopností 0,0001 úhlové vteřiny. To odpovídá úhlu, který by vznikl zvednutím 2 000 km dlouhého pravítka na jednom konci o jediný milimetr! Takovými přístroji byly pak vybaveny tři náklonoměrné stanice v kontrolních štolách – Jezeří 1 a Jezerka 1 a 2. Stanice ve štolě Jezerka byly dočasné, fungovaly pouze v období 1984–1998. Naopak ve štolě Jezeří byla v r. 2001 vybudována druhá náklonoměrná stanice Jezeří 2 (viz obrázek č. 1). V tomto článku se zaměříme na štolu Jezeří s ohledem na její význam a dlouhotrvající observatorní aktivitu.

2 Náklonoměrné stanice Jezeří

Štola Jezeří prochází sedimenty mostecké třetihorní pánve včetně uhelné sloje, která byla společně se sedimenty pánve vyvlečena podél svahu; poté prostupuje masívem krystalických hornin (ortorula) Krušných hor. Podstatné je i to, že přímo nad ní se nachází historický zámek Jezeří, viz obrázek č. 2, který je důvodem obav široké veřejnosti o jeho stabilitu v těsné blízkosti povrchové těžby hnědého uhlí v lomu ČSA.



Obr. 2: Postup porubní fronty v dole ČSA, poloha Arboretu, štolý a zámku Jezeří.

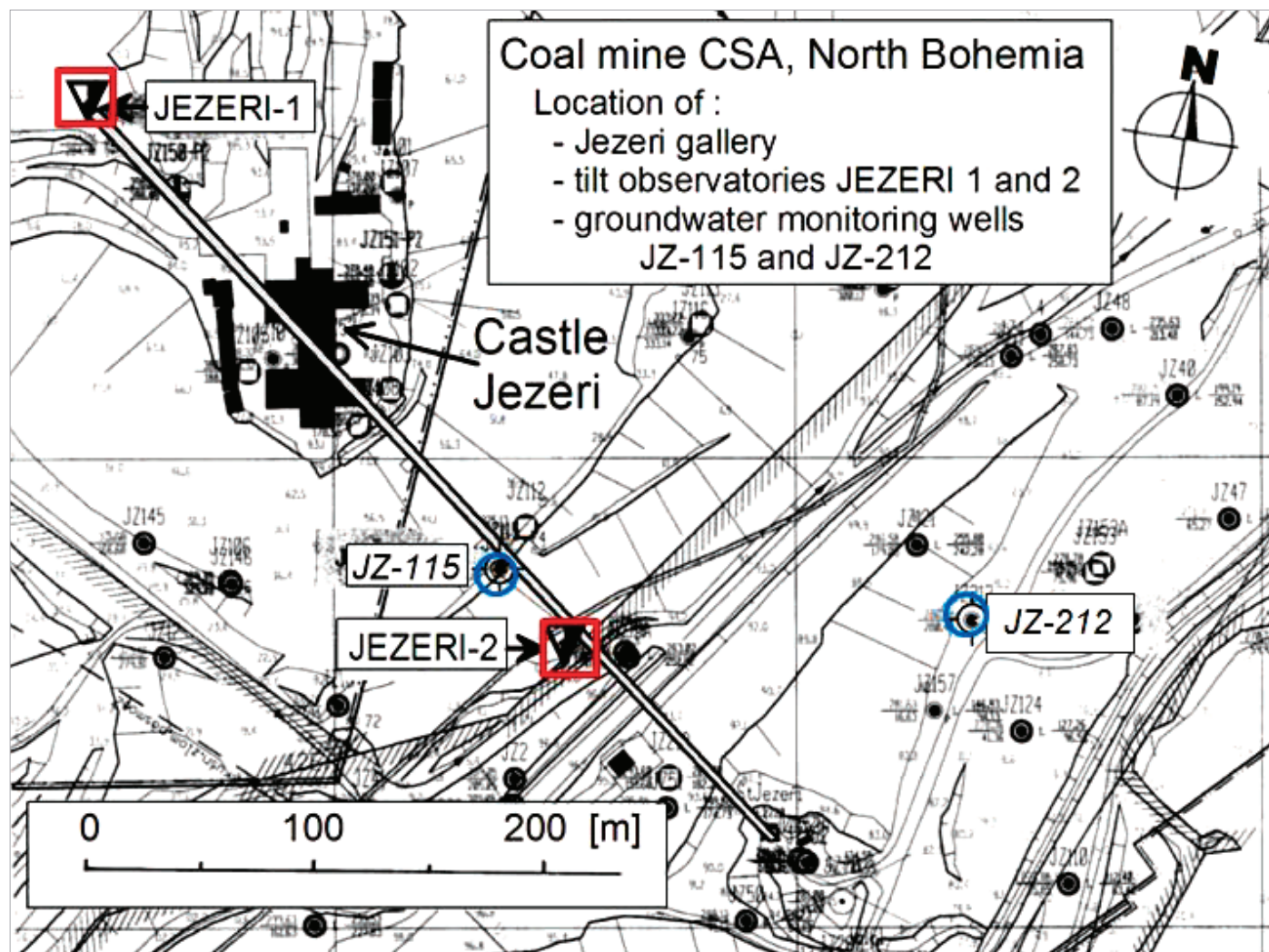
Stanice Jezeří 1 (dále JEZ-1) byla vybudována na konci štolý ca 409 m od ústí štolý v r. 1982, stanice Jezeří 2 (dále JEZ-2) pak v levostranné rozrážce ve vzdálenosti 140 m od ústí štolý v r. 2001 (Chán et al., 2003), viz obrázky č. 3 a 4. Původní fotoelektrické náklonoměry NSO byly postupně nahrazeny automatickými přístroji ASNS (všechny vyrobeny v bývalém SSSR). Přístroje jsou umístěny na žulových deskách po dvojicích, kdy jeden přístroj měří jednu složku náklonu, tj. S-J nebo V-Z (obrázek č. 5). Stabilita ustavení hraje velkou roli pro přesnost měření, stejně jako omezení rušivých vlivů – zvláště teploty a tlaku vzduchu. Pro přenos dat jsme položili cca 700 m speciálních vícežilových kabelů pro propojení obou stanic ve štolě s monitorovacím pracovištěm na povrchu. Těmito kabely jsou přenášeny jednak povely pro dálkové ovládání přístrojů ve štolě a obráceným směrem signály jejich datových výstupů na povrch.

Pracoviště na povrchu (tzv. „Monitoring“) bylo postupně vybaveno potřebnou technikou pro dálkový přenos dat, což umožňuje dálkovou kalibraci dat i automatickou korekci přesného času. Data kromě složek náklonu zahrnují i měření teploty, barometrického tlaku a dalších potřebných údajů. Již delší dobu jsou data dostupná on-line pracovníkům lomu ČSA, ale současně jsou přenášena do observatorního centra GFU AV ČR v Příbrami k detailnímu zpracování.

Na obrázku č. 3 je zobrazeno schéma štolý s polohou obou náklonoměrných stanic, ale i dvou hydrologických vrtů, v nichž provádíme rovněž kontinuální sledování hladiny podzemní vody. Na obrázku č. 4 je pohled na vstup do štolý Jezeří a na zámek Jezeří ve svahu nad štolou.

3 Indikace náklonu masívu

Data jsou dálkově přenášena do zpracovatelského centra na observatoři Příbram. Po řadě matematických procedur – interpolace, odstranění odlehlých měření, filtrace, atd., jsou určeny rychlosti a azimuty (směr) jednotlivých složek náklonu a z nich vytvořen vektorový graf. Ten ukazuje ve formě „mapy“ směr a velikost náklonu s denními, příp. měsíčními značkami. Z tohoto grafu interpretujeme chování horského masívu v místě náklonové stanice. Na obrázku č. 6 je zobrazen dlouhodobý



Obr. 3: Přesná pozice štolý Jezeří délky 411 m, probíhající pod zámek Jezeří, s polohou obou stanic JEZ-1 a JEZ-2 (červeně) i dvou monitorovacích vrtů JZ-115 a JZ-212 (modře).

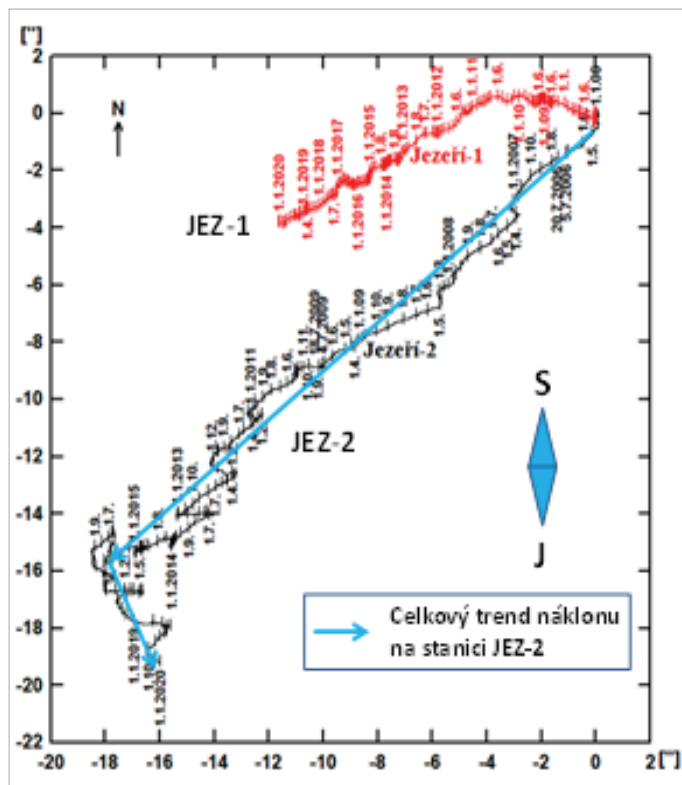


Obr. 4: Pohled na vstupní portál štolý Jezeří se zámek Jezeří v pozadí na svahu Krušných hor. V současnosti se vlevo od vchodu nachází objekt Monitoringu.

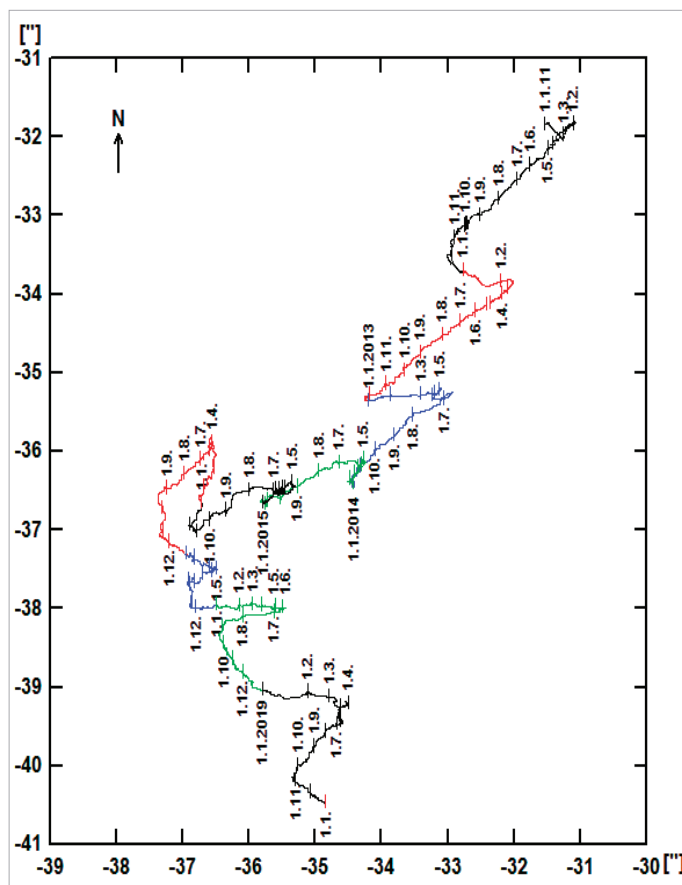
vektor (trajektorie) náklonu z obou stanic. Je zřejmé, že na JEZ-1 je celkový pohyb (náklon) výrazně pomalejší než na JEZ-2, ale směrově jsou naopak velmi podobné (dlouhodobý náklon k JZ). Na 'aktivnější' stanici JEZ-2 byly pozorovány zajímavé změny směru náklonu – většinou v zimním období, jež patrně indikovaly změnu režimu a množství srážek, které významně



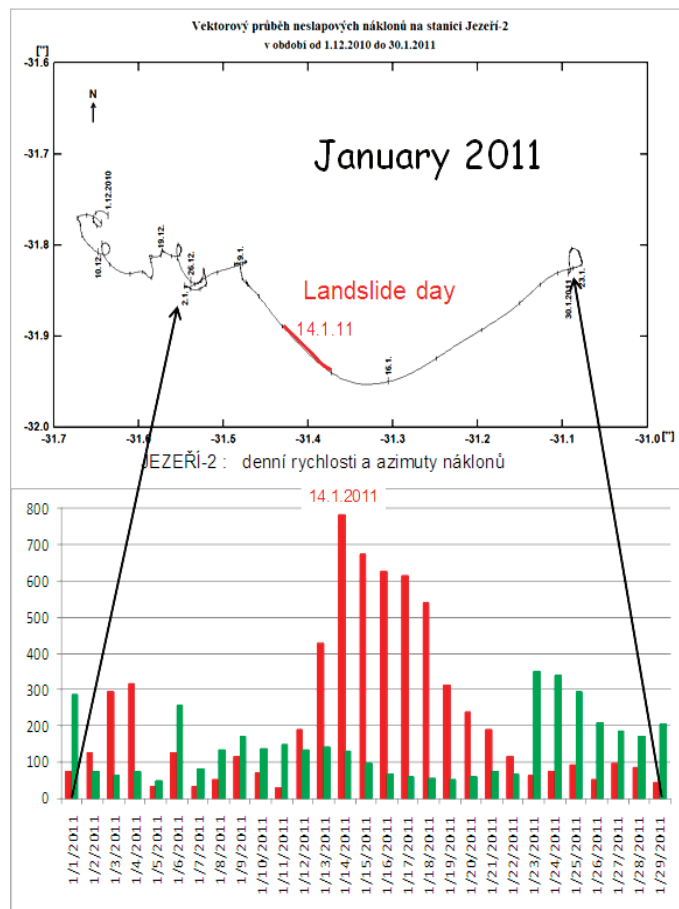
Obr. 5: Náklonoměr je instalován ve štolě na stabilní kamenné desce a obklopen tepelnou izolací s cílem potlačit rušivé vlivy na měřená data. Vpravo je zobrazena vnitřní konstrukce náklonoměru.



Obr. 6: Vektorový graf zobrazuje dlouhodobý směr náklonu na obou stanicích (2006-2019). Krátké úsečky na celkové křivce představují dělení po měsících. Dlouhodobý trend náklonu k JZ na JEZ-2 se v r. 2016 změnil k JJV.



Obr. 7: Vektorový graf náklonů na stanici JEZ-2 v období 2011-2019.



Obr. 8: Vektorový graf náklonů na stanici JEZ-2 v lednu 2011 (nahore) a graf denních rychlostí náklonů tamtéž. Rychlost náklonu červeně, azimut náklonu zeleně. Je vidět, že již 12.1.2011 se začala rychlost náklonu výrazně zvyšovat a maxima dosáhla právě 14.1. v den sesuvu.

ovlivňují průběh náklonů (Mrlina et al., 1997, 2010 a 2016). Tyto změny, označované jako “zimní otočky”, jsou patrné na obrázku č. 6 již od r. 2008, ale ještě výraznější na obrázku č. 7 v období 2011-2014. Poté došlo k první menší změně, kdy namísto ostré otočky došlo ke krátkodobému vratnému pohybu ze směru JZ na SV v letech 2014-2015. Nejvýznamnější změnou trendu náklonu byla celková změna dlouhodobého směru z JZ k JJV počínaje rokem 2016, viz obrázky č. 6 a 7. Tuto změnu směru pokládáme za projev posunu porubní fronty v lo-
mu ČSA od ZJZ k VSV, jak je schématicky naznačeno v obrázku č. 2, a současného postupu zakládky v zápolí těžby.

Za velmi důležitý pokládáme fakt, že během uvedených otoček docházelo i k výraznému až extrémnímu zvýšení rychlosti náklonu. V těchto obdobích došlo k několika sesuvům svrchních vrstev sedimentů na okrajích Arboreta (ochranného pilíře) v blízkosti zámku Jezeří. Např. v r. 2011 byla zvyšující se rychlost náklonu indikována v datech již 2 dny před sesuvem hornin (Mrlina et al., 2016) a v době sesuvu dosáhla svého maxima a vzápětí došlo i ke změně směru náklonu, obrázek č. 8. Rozsah sesuvu je patrný z obrázku č. 9.

Náklonová data byla využita i pro identifikaci regionální dlouhodobé deformace severní části Českého masívu (Košťák et al., 2011).



Obr. 9. Sesuv v severozápadním svahu lomu ČSA z roku 2011. V pozadí na svahu zámek Jezeří.

4 Závěr

Obě náklonoměrné stanice ve štolě Jezeří mají dlouhou historii od roku 1982 a 2001. Stanice jsou součástí monitorovacího systému lomu ČSA a jsou zaměřeny na sledování stability svahu Krušných hor v těsné blízkosti dolu. Tento prostor je náchylný i k sesuvům sedimentů do dolu.

Ačkoliv sesuvy vyvolaly velký zájem veřejnosti s ohledem na blízkost zámku Jezeří, naše data byla projednána společně s ostatními monitorovacími pozorováními s geotechniky a geomechanikou dolu ČSA i jiných pracovišť a vyhodnocena jako prozatím málo riziková pro stabilitu zámku.

Literatura

- [1] CHÁN, B., MRLINA, J., POLÁK, V.: Expansion and modernization of the tilt-measuring system monitoring hazardous slopes of the ČSA big-scale opencast mine in Most. Zpravodaj Hnědé uhlí, 2/2003, 28-39, ISSN 1213–1660. (English abstract)
- [2] KOŠTÁK, B., MRLINA, J., STEMBERK, J., CHÁN, B.: Tectonic movements monitored in the Bohemian Massif. J. Geodyn., 52, 34–44. doi:10.1016/j.jog. 2010.11.007, 2011.
- [3] MRLINA, J., CHÁN, B., POLÁK, V., SKALSKÝ, L.: Geophysical and geodetic control of hazard in mines. In: Geologically active – Williams et al. (eds.), Taylor & Francis Group, CRC Press, London, pp. 3379-3385, 2010. ISBN 978-0-415-60034-7.
- [4] MRLINA, J., POLÁK, V., SKALSKÝ, P., CHÁN, B.: Hazardous slope control in an open pit mine based on continuous tilt observations. Proc. 5th Geological & Earth Sciences (GEOS 2016), Global Science & Technology Forum (GSTF), Singapore, p. 48-52, ISSN 2251-3353.
- [5] MRLINA, J., SKALSKÝ, L., TOBYÁŠ, V.: Slope stability monitoring in the forefield of the open pit mine ČSA, Northwest Bohemia. Z. Rakowski Edit.: GEOMECHANICS 96, 51-56, 1997, Balkema, Rotterdam.
- [6] RYBÁŘ, J.: Vliv povrchové těžby uhlí na stabilitu svahů při úpatí Krušných hor. Výzkumná zpráva. Ústav geologie a geotechniky ČSAV Praha, 1983.
- [7] OSTROVSKY, A. E.: Le clinomètre à enregistrement photo-électrique. Bulletin d'Informations Marées Terrestres, No 25, Bruxelles, 500-536, 1961.