

Zhodnocení stabilitních a pedologických poměrů konečných svahů jezera Most

Ing. Petr Valvoda, Ing. Jaromír Fultner, RNDr. Michal Řehoř, Ph.D.

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s., Most, rehor@vuhu.cz

Přijato: 12. 6. 2012, recenzováno: 23. 8. a 31. 8. 2012 (2 posudky)

Abstrakt

Článek hodnotí stabilitu konečných svahů zbytkové jámy bývalého hnědouhelného lomu Most-Ležáky, přiléhajících ke vznikajícímu jezeru Most. Jsou zde stručně popsána dosavadní sanační a rekultivační opatření od ukončené báňské činnosti do současnosti. Všechny úpravy byly vyprojektovány a následně realizovány s ohledem na zajištění dlouhodobé stability konečných svahů. Okolí jezera bylo rozděleno do jednotlivých územních celků podle geologických, hydrogeologických a stabilitních parametrů. U všech územních celků je z geotechnického hlediska stručně popsán současný stav a v případě nevyhovující stability jsou navrženy svahové úpravy. V závěru článku je zhodnocena pedologická situace lokality.

Pit slope stability assessment and pedological characteristics of the former open-pit mine Most-Ležáky

The paper addresses problematic aspects of final slope stability in the former brown-coal open-pit mine Most-Ležáky, which is currently being transformed into a pit-lake. An overview of reclamation works which have been done since the closure of the mine up to the present is provided. All the reclamation works were performed in order to provide long-term stability of the final pit slopes. The area surrounding the future pit-lake was split into several sites categorized by geological, hydrogeological, and stability parameters. Then, stability of each site was assessed from the geotechnical point of view. If the stability of the particular site was assessed as unsatisfactory, appropriate slope works and stabilisation measures were recommended. Finally, pedological characteristics of each site are provided.

Bewertung der Stabilitäts- und bodenkundlichen Verhältnisse von Endböschungen des Sees Most

Der Artikel bewertet die Standsicherheit der an den entstehenden See Most angrenzenden Endböschungen des Restloches des ehemaligen Tagebaus Most-Ležáky. Es werden hier kurz bisherige Sanierungs- und Rekultivierungsmaßnahmen von der eingestellten Bergbautätigkeit bis zur Gegenwart beschrieben. Alle Maßnahmen wurden mit Hinsicht auf langfristige Standsicherheit der Endböschungen projektiert und anschließend realisiert. Die Seeumgebung wurde gemäß den geologischen, hydrogeologischen und Stabilitätsverhältnissen in einzelne Geländeeinheiten verteilt. Bei allen Geländeeinheiten wird aus der geotechnischen Sicht der heutige Zustand kurz beschrieben und im Falle der nicht entsprechenden Stabilität werden Böschungsanpassungen entworfen. Im Schluss ist der bodenkundliche Zustand der Lokalität bewertet.

Klíčová slova: stabilita, jezero Most, zbytková jáma, geotechnika.

Keywords: stability, Most Mine Pit Lake, former mine pit, geotechnics.

1 Úvod

Jezero Most se nachází mezi městem Most, areálem chemických závodů UNIPETROL RPA, a.s., a ČESKÁ RAFINÉRSKÁ, a.s., v Záluží u Mostu a obci Braňany. Oblast je pověstná svou dlouholetou tradicí v těžbě hnědého uhlí. Bývalé staré město Most muselo kvůli těžbě uhlí ustoupit v 70. letech minulého století hnědouhelnému lomu Most-Ležáky. Těžba uhlí a provoz lomu byly ukončeny k 31. 8. 1999. Následně probíhaly sanační a rekultivační práce, aby mohlo být přistoupeno k napouštění zbytkové jámy vodou. Tento proces byl zahájen 24. října 2008 s plánovaným ukončením v červnu 2012. Tak vzniká na ploše 309,414 ha vodní nádrž s názvem jezero Most, s hloubkou max. 75 m a objemem vody 70,48 miliónů m³. Tyto údaje platí pro provozní hladinu na úrovni 199 m n.m. Při maximální pří-
pustné úrovni hladiny na kótě 199,6 m n.m. bude činit plocha jezera 312,791 ha a objem vodního díla 71,41 m³.

2 Dosavadní sanační a rekultivační práce

Napouštění jezera Most předcházely zemní úpravy, sanační a rekultivační práce. Zemní úpravy byly zahájeny v prostoru vnitřní části ukončeného lomu. Rekultivace probíhající v okolí

lomu byly zaměřeny na oblast Rudolické výsypky, Strimické výsypky a následně i na vnitřní výsypku lomu Most. Jednalo se zejména o zemědělské rekultivace a plochy s realizací lesnických výsadeb, doplněné kompletním odvodněním a vybudováním obslužných komunikací. Situaci zbytkové jámy před napouštěním a v jeho průběhu dokládají obrázky č. 1 a 2.

Nezbytnou součástí sanačních prací, realizovaných v letech 2004 až 2007, bylo těsnění části dna jezera, které nebylo vnitřní výsypkou ještě dostatečně utěsněno. Těsnění dna pokračovalo stavebním způsobem, a to navezením a rozprostřením čtyř 20cm vrstev těsnících jíílů, zhutněných na celkovou mocnost 80 cm. Po ukončení hutnění byly těsnící vrstvy překryty krycí vrstvou zeminy tak, aby nedošlo k proschnutí jíílů před vlastním napouštěním jezera [1].

Rozhodujícím stabilizačním a protiabrazivním opatřením, zabraňujícím výraznému poškození břehové části, bylo vybudování jejího opevnění, dokončené v roce 2008, včetně obvodové komunikace široké 3,5-4 m a dlouhé 8 578 m. S ohledem na budoucí funkci a využití břehové části díla byly voleny i formy opevnění, od kamenného záhozu přes vlnolamy až k rozrážecům z lomového kamene. Místo budoucího přístaviště je zobrazeno na obrázku č. 3.



*Obr. 1: Jezero Most před zahájením napouštění.
(Zdroj: www.pku.cz)*

K tomu, aby budoucí vodní nádrž mohla plnit všechny předpokládané funkce, bylo nutné vybrat zdroj vody s kvalitou odpovídající hygienickým požadavkům pro její rekreační využití. Tento zdroj musel zabezpečit i trvalý a dostatečný přítok vody, aby nepravidelné a dlouhodobé napouštění nezpůsobilo nevratné stabilizační problémy na svazích pod i nad budoucí hladinou jezera [2].

3 Průběh zatápění zbytkové jámy lomu

Dne 24. 10. 2008 bylo zahájeno oficiální a řízené napouštění zbytkové jámy lomu Most-Ležáky - budoucího jezera Most. Od

roku 2002 do zahájení napouštění se voda v budoucím jezeře akumulovala v nejnižší části zbytkové jámy. Jednalo se o vody z atmosférických srážek a mělké podzemní vody na svazích bývalého lomu. Ke dni zahájení napouštění měla vodní retence hladinu na kótě 145 m n.m., rozlohu cca 22 ha a průměrnou hloubku 21 m [3].

Hlavním přítokovým zdrojem je voda z řeky Ohře, která je přiváděna do jezera přivaděčem z průmyslového vodovodu Nechranice v množství $0,6-1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Délka napojení k hlavní trase přivaděče měří 4,9 km [3].



*Obr. 2: Jezero Most v průběhu napouštění - rok 2009.
(Zdroj: www.pku.cz)*



Obr. 3: Budoucí přístaviště v oblasti jihovýchodních břehů jezera.
(Zdroj: www.pku.cz)

Trasa vodního přivaděče do jezera Most je vyznačena na obrázku č. 4, přítokový objekt je na obrázku č. 5. Červeně je vyznačena trasa trubního podzemního vedení DN 800 zakončeného regulačním objektem, v němž přechází v otevřené koryto (viz obrázek č. 5).

4 Stabilitní problematika

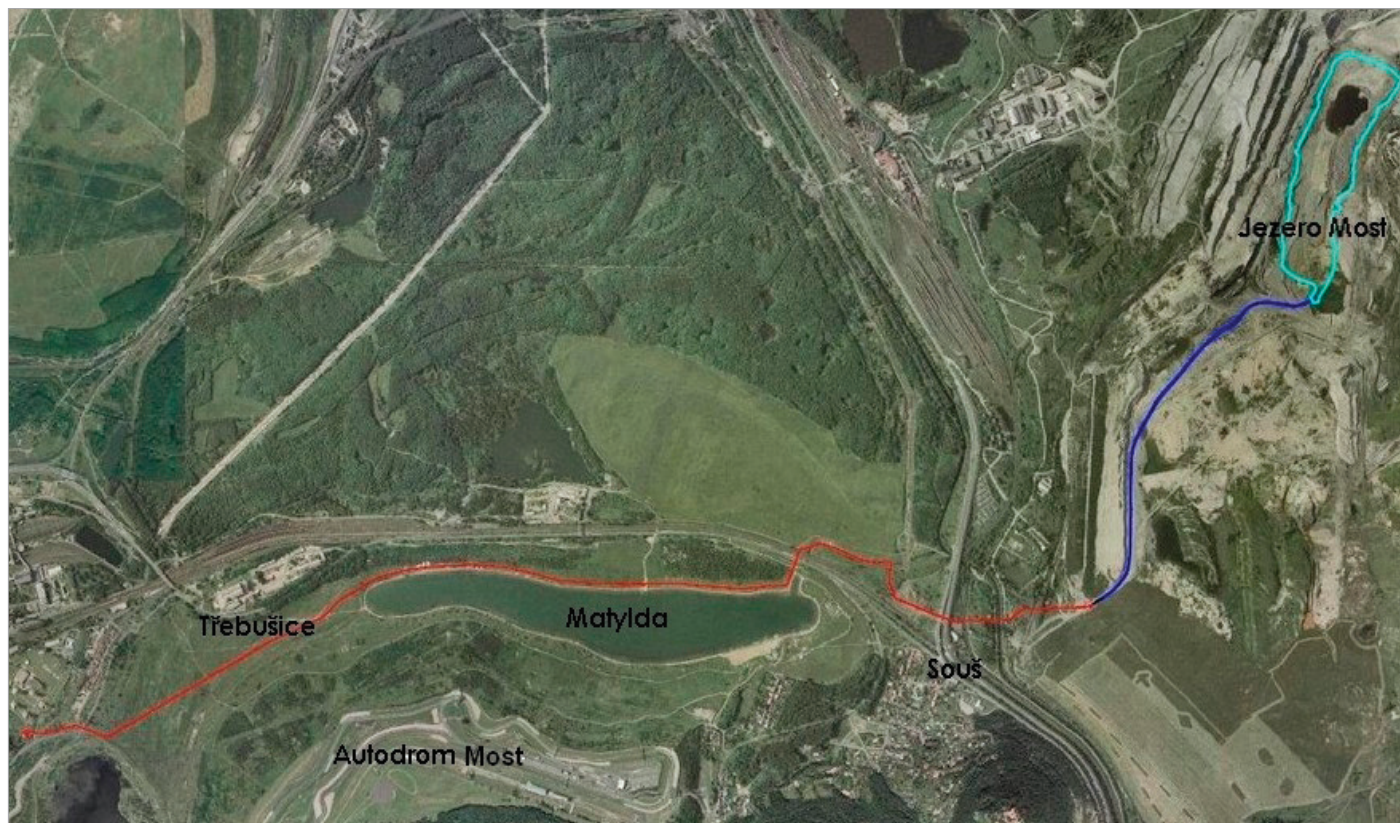
Okolní svahy jezera Most byly rozděleny a stabilitně posuzovány podle geologických, hydrogeologických a stabilitních územních celků (jižní svahy, západní svahy, severozápadní svahy, Kočičí vrch, kamenolom Konobříž, Stránská výsypka a břehová linie).

Stabilita generálních svahů byla posouzena ve vybraných profilech reprezentujících oblasti kvazihomogenních celků a pokrývajících celý obvod posuzované lokality s provedenými stabilizačními opatřeními. Generální obrys svahu je stabilitně posuzován s ohledem na nejneprůzračnější místní podmínky, k nimž patří částečná saturace vody ve výsypkových tělesech a odolnost břehové části díla vůči maximální hladině [4].

Na jižních svazích (vnitřní výsypce) je evidentně patrný příznivý vliv provedené biologické rekultivace formou plošné zeleně a lesních porostů. Na ploše těchto svahů byl zjištěn jen ojedinělý výskyt mokřadů a výtoků vod v patních částech svahů. Odvodnění plochy je řešeno formou širokých plošin mezi zakládáními dílčími etážemi. V místech stavebních úprav u přivaděče jsou pozorovány ojedinělé poklesy, které sice prakticky neovlivňují celkovou stabilitu výsypkového tělesa, mohou však mít značný vliv na obvodovou komunikaci (viz kapitola č. 6).

Na západních svazích, kde je báňským způsobem vybudováno zemní těleso, zabezpečující jejich celkovou stabilitu, se předpokládá dokončení biologické rekultivace v celém projektovaném rozsahu, včetně spontánní sukcese (zarůstání uměle vzniklých a neudržovaných luk). Tím se potlačí povrchová břehová eroze, která způsobuje nárůst pórových tlaků. Přímým pozorováním se odhadl očekávaný horizont podzemní vody v nevelké hloubce na kontaktu stabilizačního a těsnicího tělesa písčitého kolektoru. Viditelný pokles terénu v pobřežním pásmu zřejmě souvisí s nedokončenou fází primární konsolidace starých vnitřních výsypek lomu.

Severozápadní svahy, sanované v letech 2004 až 2006, vykazují jednoznačně nejvyšší stupeň bezpečnosti, a to v rozsahu od



Obr. 4: Trasa přivaděče do jezera Most.
(Zdroj: www.pku.cz)

stávající po maximální hladinu vody. Na těchto svazích je vybudována hustá funkční síť stálých odvodňovacích zařízení s použitím zpevňujících prvků v záchytných a odlehčovacích korytech. Záchytná koryta jsou zpravidla vybudována na plošinách terasovitě upravených svahů. Odlehčovací koryta zase využívají maximálního spádu k rychlému odvedení vody ze sanovaného území do jezera.

V nejrozsáhlejší sanované ploše severozápadních svahů, v současné době již rekultivované, nejsou pozorovány od roku 2006 žádné deformace nebo zóny porušení, které by eventuálně souvisely s postupnou změnou geostatického napětí masivu. Hydrodynamický režim podzemních vod se ukazuje jako ustálený a odvod povrchových vod zpevněnými koryty za dlouhodobě funkční. Generální sklon SZ svahů (1:10,5) je zcela vyhovující. V místech břehové linie zatím nedošlo k žádným poklesům nebo známkám nestability.

U kamenolomu Kočičí vrch bylo provedeno odstranění uhelných zbytků na výchozu sloje. Tento úsek byl sanován úplným odstraněním zvětralých a fytotoxických hornin a je stabilně vyhovující.

Generální obrys svahu Kočičího vrchu, který je tvořen převážně neovulkanity, byl upravován v závěru roku 2011 odstraněním zvětralého pláště neovulkanitů a zbytků výchozových partií uhelné sloje. Svahy v úseku Kočičího vrchu nedovolují výrazné zásahy do celkového generálního sklonu. Proto se v současné době pouze aplikuje osvědčený způsob tvarování vysokého strmého svahu na jednotlivé lávky výšky 10 až 12 m se sklonem řezu 1:2 až 1:3.

Vnější Střimická výsypka, tvořící jižní svahy jezera, byla z důvodu odvodnění a zvýšení stability opatřena vodohospodářskými zařízeními (drenážní systémy) a mohutnými zemními stavbami (zemní tělesa, kamenné lavice apod.). Přesto jako celek vykazuje Střimická výsypka pouze provozní stupeň bezpečnosti. Zeminy v tomto převýšeném výsypkovém tělese se výrazně odlišují od zemín vnitřní výsypky bývalého lomu Most. Výrazná proměnlivost naměřených hodnot z penetračního měření (1997 a 2002) a částečně zjištěné zvodnění bazální části této výsypky charakterizují tuto oblast jako hydrodynamicky nestálou. V době zatápění zbytkové jámy, dosahujícího úrovně stabilizačních těles, bylo pozorováno sycení těchto částečně propustných zemín a jejich následná rekonsolidace.

Stabilita břehové linie byla posuzována hlavně z důvodu očekávaných nepříznivých vlivů, zejména výběhu vln, které jsou v současné době uvažovány do max. výšky 60 cm nad projektovanou úroveň vodní hladiny (199 m n.m.). Proto bylo nutné do výpočtů zohlednit tuto skutečnost při stanovování smykových parametrů. Do výpočtů byly vkládány hodnoty reziduální pevnosti zemín podle předpokládaného konečného stavu účinkem saturace vodou z jezera. Parametry zemín byly pro všechny případy ověřovány ve zpětných analýzách za předpokladu stupně bezpečnosti blízkého mezní hodnotě. Míra účinnosti navržených úprav je vyjádřena rozdílem mezi výchozím stupněm bezpečnosti a stupněm dosaženým po realizaci.

Během napouštění jezera Most došlo k poklesům stávající obslužné komunikace, zejména v místech, kde leží na výsypkových zeminách, a proto bude nutné navýšit tuto komunikaci na požadovaný horizont minimálně 199,6 m n.m. Ze stabilitních



Obr. 5: Přítokový objekt do jezera Most - 10/2008.
(Zdroj: www.pku.cz)

výpočtů vyplynulo, že je nutná úprava břehové linie svahu v místech rekonsolidace výsypkových zemín. Úprava počítá s dosypáním souvislé vrstvy kameniva až po stávající rozražeč. U obvodové komunikace, kde úroveň max. hladiny dosahuje tělesa komunikace, se doporučuje zmírnit sklon tělesa komunikace na 1:3 z důvodu odstranění deformačních účinků na okraj tělesa. Zmírněním sklonu svahu kamenného tělesa komunikace se nejen docílí zvýšení stupně bezpečnosti, ale zároveň se zamezí tvorbě trhlin na komunikaci. Možnost tvorby trhlin vyplývá z rekonsolidace dosud nenasyčených zemín v podloží kamenného tělesa.

Současnou situaci jezera Most dokládají obrázky č. 6 a 7.

5 Pedologická problematika

Podobně jako v případě řešení stabilitní problematiky byly svahy jezera Most rozčleněny do relativně homogenních celků, v tomto případě na základě geologické a chemicko-pedologické charakteristiky [5].

První oblast zahrnuje jižní svahy (vnitřní výsypku), západní svahy, severozápadní svahy a Střimickou výsypku. Jde o nejrozsáhlejší část svahů jezera Most. Svrchní horizont terénu zde tvoří rekultivačně vhodné kaoliniticko-illitické hnědé jíly. Zeminy jsou jemnozrnné (zjištěno při odběru vzorků z kopaných sond), mají příznivé mineralogické složení, neutrální až slabě zásaditou půdní reakci, nižší obsahy kalcitu a oxidovatelného uhlíku, dobré zásoby přijatelných živin a dobré sorpční schopnosti. Jedná se o rekultivačně velmi vhodné zeminy. V oblasti se místně objevují velmi malé oblasti bez vegetace (jejich výskyt byl zmapován). Příčinou je zpravidla výskyt fytotoxických kyselých zemín uhelné sloje, méně často pak výskyt tvrdých, sideritem nabožených zemín. Vlastnosti zemín této oblasti umožňují přímou lesnickou rekultivaci bez aplikace zúrodnitelné zeminy (je postupně realizována v oblasti severních a severozápadních svahů a Střimické výsypky). Břehy jižní a jihovýchodní části jezera jsou určeny pro rekreační a komerční využití. Na pláži zde naváže přístav sportovních lodí, jihovýchodní část bude tvořena systémem parků se vzdělávacími, ubytovacími, gastronomickými a tělovýchovnými zařízeními. Jejich významnou součástí bude arboretum a MiniMost (miniaturní přesný model starého Mostu).



Obr. 6: Pohled na jezero Most jih-sever - 9/2011.
(Zdroj: www.pku.cz)



Obr. 7: Pohled na jezero Most jih-sever - 12/2011.
(Zdroj: www.pku.cz)

Druhou oblastí je strmý svah Pařidelského laloku (ve stabilitním hodnocení je tato oblast řazena ke Kočičímu vrchu). Zeminy jsou zde podobné jako v případě první oblasti tvořeny převážně rekultivačně vhodnými kaoliniticko-illitickými jíly. Jsou jemnozrnné až středně zrnité (zjištěno při odběru vzorků z kopaných sond), mají příznivé mineralogické složení, neutrální až slabě zásaditou půdní reakci, nižší obsahy kalcitu a střední až nižší obsahy oxidovatelného uhlíku, dobré zásoby přijatelných živin a dobré sorpční schopnosti. Vzhledem k nebezpečí eroze a sesuvů však zde byly v minulosti v rámci technické rekultivace aplikovány organické hmoty z bývalé papírny Štětí (kůra z odkornění a celulózové kaly). V současnosti se tento rekultivační postup projevuje pouze velmi mírně zvýšeným obsahem oxidovatelného uhlíku. Možnost zvýšení obsahu rizikových stopových prvků (vzhledem k použitému rekultivačnímu aditivu) bude v roce 2012 testována. I v tomto případě umožňují vlastnosti zemin přímou lesnickou rekultivaci bez aplikace zárodkotvorné

zeminy. V oblasti přiléhající ke kamenolomu Kočičí vrch je rozpracována obnova stabilitních poměrů. Její vliv na pedologické poměry bude dlouhodobě sledován.

Třetí oblast je pedologicky zcela specifická. Jde o bývalou těžbu kameniva (fonolitu) Kočičí vrch. Je tvořena různě zvětralými bělavými fonolity, od prakticky pevného šterku po kaoliniticky zvětřelou zeminu. Tyto zeminy jsou proto extrémně hrubozrnné až mírně jemnozrnné dle míry zvětrání (zjištěno při odběru vzorků z kopaných sond), mají dosti nepříznivé mineralogické složení, slabě zásaditou půdní reakci, minimální obsahy kalcitu a oxidovatelného uhlíku, minimální zásoby přijatelných živin a špatné sorpční schopnosti. Rekultivačně jsou tyto zeminy zcela nevhodné, z hlediska krajiny však tvoří bývalý kamenolom zajímavý fenomén vhodný pro řízenou sukcesi.

Realizaci lesnické rekultivace v oblasti svahů jezera Most ukazuje obrázek č. 8.



Obr. 8: Lesnická rekultivace v oblasti svahů jezera Most (Střimická výsypka).
(Foto: M. Řehoř)

6 Závěr

Jihozápadní výsypkové svahy lokality Most-Ležáky se nacházejí zatím pouze v částečně konsolidovaném stavu, což se již projevilo v oblasti břehové linie poklesem obvodové komunikace až o 1 m. Výsypkové zeminy nejsou dosud, z důvodu nedosažené konečné úrovně hladiny jezera, plně nasyceny. Proto ještě nastala hydrodynamická rovnováha, projevující se plně nasyceným zemním prostředím. Z těchto důvodů lze doporučit dlouhodobý monitoring geomechanických vlastností výsypkových zemín a podzemních vod včetně dlouhodobého sledování geodetických bodů v nekonsolidovaných oblastech. Monitoring kvality vod jezera již v rámci řešení výzkumného úkolu probíhá.

Navržené úpravy v oblasti břehové linie a konečných výsypkových svahů jsou nezbytně nutné k dosažení požadovaného stupně bezpečnosti a zajištění jejich dlouhodobé stability.

Na stabilitní hodnocení navazuje pedologický průzkum, na jehož základě byly břehy jezera Most rozčleněny na tři zhruba homogenní celky. Vlastnosti zemín větší části svahů umožňují přímou lesnickou rekultivaci bez aplikace zúrodnitelné zeminy (je postupně realizována v oblasti severních a severozápadních svahů a Střimické výsypky). Jiná je situace bývalé těžebny kameniva Kočičí vrch. Místní zvětralé fonolity jsou rekultivačně zcela nevhodné, z hlediska krajiny však tvoří plošně málo rozsáhlý kamenolom zajímavý fenomén vhodný jako sukcesní plocha. Návrh předpokládá řízenou sukcesí, v jejímž rámci by byly provedeny nezbytné úpravy etází a došlo by i k odstranění zbytků uhelné sloje v okrajových partiích lokality.

Poděkování

Tento příspěvek byl realizován s podporou projektu „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydričké rekultivace hnědouhelných lomů“, č. TA 01020592 Technologické agentury ČR.

Literatura

- [1] PICHLEK, E.: *Stanovení generálního obrysu svahu stabilizačních těles zbytkové jámy Ležáky ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 26/1989 Sb.*, VÚHU a.s., Most, 2000.
- [2] PICHLEK, E.: *Specifikace technických kritérií, souvisejících se zatopením zbytkové jámy Ležáky*, VÚHU a.s., Most, 2001.
- [3] Kolektiv autorů: *Napouštění zbytkové jámy lomu Most-Ležáky*, Palivový kombinát Ústí, s.p., 2009.
- [4] PICHLEK, E.: *Lom Ležáky-Most - Posouzení dlouhodobé stability závěrných svahů*, VÚHU a.s. Most, 2011.
- [5] ŘEHOŘ, M.: *Geologická a pedologická charakteristika břehů jezera Most – první výsledky výzkumu*, Zpravodaj Hnědé uhlí, 1/2012, s. 23-29, ISSN 1213-1660.