

PEDOLOGICKÁ A GEOMECHANICKÁ CHARAKTERISTIKA ZEMIN SVAHU A BŘEHŮ JEZERA MOST

Michal Řehoř

*Výzkumný ústav pro hnědé uhlí Most a.s.
tř. Budovatelů 2030/3, Most 430 01, rehor@vuhu.cz*

Abstrakt

Článek se zabývá geotechnickou a pedologickou situací zemin břehů Jezera Most. Hlavní pozornost je věnována 3 okruhům výzkumu řešeným v letech 2012 a 2013. První část příspěvku stručně shrnuje výsledky geotechnického výzkumu dosažené v roce 2012. Druhým problémem bylo doplňující mapování břehů jezera Most včetně realizace pravidelného vzorkování z odborných sond a třetím výzkum obsahu rizikových stopových prvků v zeminách břehů a svahů jezera Most.

Klíčová slova: Pedologie, stabilita, hydrická rekultivace

Abstract

The article briefly summarises the geotechnical and the pedological situation of the soils of the coast of the Most Lake. Main attention is dedicated to 3 research problems in 2012 and 2013. The first part of the article summarises the result of the geotechnical research in 2012. The second problem is geological and pedological mapping of the Most Lake coast and the realisation of periodical sampling from the research pits. The evaluation of the content of risky trace elements in the Most lake coast and slopes is the third research problem.

Keywords: Pedology, stability, hydrological restoration

Úvod

Hydrická rekultivace bývalého lomu Ležáky/Most dnes představuje v České republice unikátní rekultivační akci. Řešení komplexního výzkumného úkolu zadaného Technologickou agenturou České republiky je příležitostí získat cenné poznatky, které mohou být v budoucnu využity při plánování tvorby dalších, ještě podstatně větších jezer ve zbytkových jamách povrchových dolů oblastí mostecké pánve. Důležitou součástí komplexního výzkumu je pedologická a stabilitní problematika. Příspěvek stručně shrnuje výsledky výzkumu z let 2012 a 2013.

V rámci řešení geotechnické problematiky byly svahy jezera Most rozděleny a stabilitně posuzovány podle geologických, hydrogeologických a stabilitních územních celků (jižní svahy, západní svahy, severozápadní svahy, Kočičí vrch, kamenolom Konobřez, Střimická výsypka a břehová linie).

Pedologická část článku shrnuje výsledky terénního mapování, z něhož vyplynulo rozčlenění zájmového území do tří pedologicky homogenních oblastí. Jsou zde ukázány i výsledky analýz vzorků odebíraných z průzkumných sond.

Třetím problémovým okruhem je hodnocení obsahu rizikových stopových prvků u vybraných sond. Pro zachování kontinuity výzkumu byla zachována metodika hodnocení sedimentů mostecké pánve využívaná již od 90. let 20. století (stanovení ve výluhu 2 mol/l HNO₃ metodou atomové absorpční spektrometrie).

Geotechnická problematika oblasti jezera Most

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 Konobřže, Střimická výsypka a břehová linie).

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

Na jižních svazích 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 zakládanými dílčími etážemi. V místech stavebních úprav u přívaděče jsou pozorovány ojedinělé poklesy, které však nijak neovlivňují celkovou stabilitu výsypkového tělesa.

Na západních svazích, kde je 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 těsnícího 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 stávající po maximální hladinu vody. Na těchto svazích je vybudována hustá funkční síť stálých odvodňovacích zařízení, vybudovaných 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.

Generální obrys svahu **Kočičího vrchu**, který je tvořen převážně neovulkanity, byl upravován v závěru roku 2011 odstraňováním 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.

V **kamenolomu Konobřže** bylo provedeno odstranění uhelných zbytků na výchozu sloje. Tento úsek byl sanován úplným odstraněním zvětralých a fytotoxických hornin a je stabilitně vyhovující.

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 částečné zjištěné zvodnění bazální části této výsypky, charakterizuje tuto oblast jako

hydrodynamicky nestálou. V době zatápní zbytkové jámy, dosahujícího úrovně stabilizačních těles, bylo pozorováno syčení těchto částečně propustných zemin a jejich následná rekonsolidace.

Stabilita břehové linie je hlavně posuzována z důvodu očekávaných nepříznivých vlivů, zejména výběhu vln, které jsou v současné době uvažovány do max. výšky 40–60 cm nad plánovanou maximální úroveň vodní hladiny. Proto bylo nutné do výpočtů zohlednit tuto skutečnost při stanovování smykových parametrů. Do výpočtu byly vkládány hodnoty reziduální pevnosti zemin podle předpokládaného konečného stavu účinkem saturace vodou z jezera. Parametry zemin 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 komunikace na požadovaný horizont.

Ze stabilitních výpočtů vyplynulo, že je nutná úprava břehové linie svahu v místech, kde došlo k rekonsolidaci výsypkových zemin. 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. Zmírnění sklonu svahu kamenného tělesa komunikace se docílí nejen zvýšení stupně bezpečnosti, ale zároveň se zamezí tvorbě trhlin na komunikaci. (Možnost tvorby trhlin vyplývá z rekonsolidace dosud nenasyčených zemin v podloží kamenného tělesa).

Výsledky pedologického mapování a pravidelných odběrů vzorků

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, 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 jemnozrné (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. Jde o rekultivačně velmi vhodnou zeminu. V oblasti se místně objevují velmi malé oblasti bez vegetace (jejich výskyt byl zmapován). Příčinou je zpravidla výskyt fytotoxických kyselých zemin uhelné slaje, méně často pak výskyt tvrdých, sideritem nabohacených zemin. Vlastnosti zemin 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).

Druhou oblastí je strmý svah Pařidelského laloku. Zeminy jsou zde podobně jako v případě oblasti I tvořeny rekultivačně vhodnými kaoliniticko-illitickými jíly. Jsou jemnozrné 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 zúrodnitelné zeminy.

Třetí oblast je pedologicky zcela specifická. Jde o bývalou těžebnu kameniva (fonolitu) Kočičí vrch. Je tvořena různě zvětralými bělavými fonolity, od prakticky pevného šterku po kaolinicky zvětralou 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 lom zajímavý fenomén. Po nezbytných úpravách etáže a odstranění zbytků uhelné sloje v okrajových partiích by bylo vhodné ponechat oblast ponechat přirozené sukcesii.

Pedologické parametry výsypkových zemín v jednotlivých oblastech ukazuje následující tabulka č. 1.

Tabulka č. 1: Základní pedologické parametry zemín z jednotlivých sond - odběr v květnu 2013

typ zeminy	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg ⁻¹)			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
S1-oblast 1	0,08	2,2	1,9	6,9	5	313	833	17	17	100
S2-oblast 1	0,06	2,4	2,0	7,1	3	307	795	16	16	100
S3-oblast 1	0,09	2,8	2,3	6,8	6	341	912	18	18	100
S4-oblast 1	0,06	2,0	1,7	6,8	4	284	750	16	16	100
S5-oblast 1	0	5,4	0,6	4,0	0	81	197	5	25	20
S6-oblast 2	0	0	0,4	7,2	1	94	221	4	4	100
S7-oblast 2	0	0,2	0,8	7,3	1	111	215	5	5	100
S8-oblast 3	0,10	3,3	2,1	6,9	4	283	766	17	17	100
S9-oblast 3	0,08	3,0	1,8	6,9	4	256	705	16	16	100

Výsledky hodnocení obsahu rizikových stopových prvků v zeminách oblasti jezera Most

Hodnocení obsahu rizikových stopových prvků bylo provedeno u vybraných 9 sond. Pro zachování kontinuity výzkumu byla zachována metodika hodnocení sedimentů mostecké pánve využívaná již od 90. let 20. století (stanovení ve výluhu 2 mol/l HNO₃ metodou atomové absorpční spektrometrie). Výsledky ukazuje následující tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: Obsah rizikových stopových prvků v hodnocených zeminách

Prvek	obsah ve vzorku (mg . kg ⁻¹)					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
As	2,12	0,89	0,62	0,73	2,44	0,12
Be	1,24	0,43	0,22	0,45	1,55	0,11
Cd	0,452	0,128	0,091	0,245	0,442	0,085
Co	12,8	5,9	5,8	8,4	12,9	3,1
Cr	21,8	9,3	10,3	15,6	21,7	6,3
Cu	21,5	9,9	5,4	11,2	32,8	4,6
Hg	-	-	-	-	-	-
Mo	1,976	1,348	0,998	1,615	3,452	0,155
Ni	15,42	12,81	9,75	12,45	14,42	5,44
Pb	16,11	10,56	7,67	12,36	32,89	6,16
V	28,56	10,44	9,78	11,33	24,12	7,45
Zn	18,28	21,8	11,34	13,35	45,23	9,33

Tabulka č. 2: Obsah rizikových stopových prvků v hodnocených zeminách - pokračování

Prvek	obsah ve vzorku (mg . kg ⁻¹)				
	S7	S8	S9		
As	0,15	0,98	0,75		
Be	0,13	0,56	0,48		
Cd	0,058	0,211	0,216		
Co	4,2	6,3	7,9		
Cr	6,3	10,3	12,6		
Cu	4,7	9,9	11,2		
Hg	-	-	-		
Mo	0,088	1,216	1,432		
Ni	7,66	16,76	12,54		
Pb	5,17	10,56	11,33		
V	6,44	10,44	12,78		
Zn	10,22	21,8	14,33		

Dalších 15 vzorků hodnocených na obsah rizikových stopových prvků bylo odebráno při detailním mapování zájmových ploch na potenciálních drobných fytotoxických plochách. Jejich analýzy v současnosti probíhají. Zatím nebyla zjištěna žádná oblast s nebezpečně vysokým obsahem rizikových stopových prvků.

Získaná data jsou pravidelně umísťována v archivu dat Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a.s.

Závěr

V rámci řešení pedologické a geotechnické problematiky výzkumného úkolu byl v letech 2012 – 2013 realizován průzkum stabilitní situace oblasti, pravidelné sledování pedologických vlastností půdního profilu 9 vybraných sond a zjištění kontaminace rizikovými stopovými prvky na zájmových plochách.

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 nenastala hydrodynamická rovnováha, projevující se plně nasyceným zemním prostředím. 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. V jeho rámci proběhly na vybraných sondách třikrát odběry a analýzy vzorků (5/2012, 10/2012, 5/2013 a 10/2013.). Z výsledků patrně plyne velmi pomalé zlepšování půdních vlastností, pro definitivní závěry je však nutné vzorkování v delším časovém úseku. Pokračovalo i soustavné mapování jednotlivých půdních oblastí, během něhož byly nalezeny malé izolované plochy odlišných vlastností (zejména sterilní a fytotoxické).

V rámci třetí oblasti řešení výzkumné problematiky bylo provedeno hodnocení obsahu rizikových stopových prvků u vybraných 9 sond. Dosažené výsledky uvádí tento příspěvek. Pro zachování kontinuity výzkumu byla zachována metodika hodnocení sedimentů mostecké pánve využívaná již od 90. let 20. století (stanovení ve výluhu 2 mol/l HNO₃ metodou atomové absorpční spektrometrie). Dalších 15 vzorků hodnocených na obsah rizikových stopových prvků bylo odebráno při detailním mapování zájmových ploch na potenciálních drobných fytotoxických plochách. Jejich analýzy v současnosti probíhají. Zatím nebyla zjištěna žádná lokalita s nebezpečně vysokými obsahy rizikových stopových prvků a její nález je i v budoucnu málo pravděpodobný.

Poděkování:

Publikace vznikla za finanční podpory TA ČR při řešení projektu č. TA 01020592 „Dopady na mikroklima, kvalitu ovzduší, ekosystémy vody a půdy v rámci hydrické rekultivace hnědouhelných lomů“ (2011-2014).

Použitá literatura

- [1] Pichler, E.: Stanovení generálního obrysu svahu stabilizačních těles zbytkové jámy Ležáky ve smyslu vyhlášky ČBÚ č. 26/1989 Sb., VÚHU a.s. Most, 2000
- [2] Pichler, 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] Pichler, 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, VÚHU a.s., Most