

Úvodní poznámka

Na konferenci konané ve VÚHU Most dne 8. června 1993 na téma "Geomechanické řešení a využití výsypek v podkrušnohorských revírech" byla zahraničním účastníkem p. Ing. Pierschke z Rheinbraun přednesena přednáška s názvem "Stabilita svahů zbytkových jam". Vzhledem k tomu, že se tato přednáška setkala u účastníků konference s velmi pozitivním ohlasem, zajistila redakce její překlad a uveřejnění v tomto čísle. Čtenářům se omlouváme za nedostatečně kvalitní reprodukci obrázků.

Redakce

Dipl.- Ing. R. J. Pierschke, Rheinbraun, SRN

Překlad: Vl. Klimecká

Technická redakce překladu: RNDr. Ing. J. Dykast, CSC.

Stabilita svahů zbytkových jam

Shrnutí

Po ukončení těžby hnědého uhlí i zakládání výsypek se vytvářejí v prostorách po vytěženém uhlí a také v důsledku odklízu zemin na vnější výsypky zbytkové jámy.

Tyto zbytkové jámy se s ohledem na neexistující návazné těžební lokality již nezaplňují skrývkovými hmotami, ale v rámci obnovení původní hladiny podzemní vody jsou zaplňovány vodou, čímž dochází ke vzniku velkých jezer.

Z toho důvodu je nutné, aby svahy zbytkových jam byly dostatečně stabilní. V další části bude na třech příkladech demonstrována problematika zajištění stability těchto svahů, potřeba jejich výzkumu, výpočtů stability a použitá báňská opatření. Přitom bude poukázáno na skutečnost, že s ohledem na zkrácení času, který je určujícím faktorem omezení erozivní činnosti a využitelnosti určitých druhů skrývkových zemin k vybudování drenážních přísypů jakož i z důvodů zachování stability svahů, se plnění zbytkových jam vodou z cizího zdroje namísto plnění opětovným vzestupem hladiny podzemní vody, jeví jako výhodnější řešení. Úvahy o uspořádání zbytkové jámy se stávají aktuální již ve fázi zahájení plánování nového lomu.

1. Úvod

Při vyuhlení lomu vyvstává otázka, jak využít vzniklý, nedosypaný výsypkový prostor. Tento prostor, který je označován jako zbytková jáma vzniká po vytěžení uhlí a uložení skrývkových hmot na vnější výsypky. Pro využití takového prostoru existují v podstatě dvě základní možnosti:

- opětovné naplnění prostoru skrývkovými hmotami
- vytvoření ekologicky přijatelné části krajiny s vodní plochou na místě zbytkové jámy.

První možnost, opětovné naplnění skrývkovými hmotami, předpokládá, že k zasypání budou použity zeminy z navazujícího lomu. V Rýnském hnědouhelném revíru bylo podle Starkeho /1/ od zahájení hornické činnosti až do začátku roku 1991 přemístěno cca 10,7 mld. m³ skrývky. Z toho muselo být cca 39 %

umístěno na vnější výsypky, z čehož cca 2,3 mld. m³ byly uloženy do zbytkových jam a cca 1,9 mld. m³ bylo uloženo do převýšených výsypek. K tomu je nutno ještě připočíst zbytkové jámy lomů Fortuna/Garsdorf a Frechen, které nutno dnes ještě zaplnit skrývkovým materiálem z douhlovaného Lomu Bergheim v celkovém objemu cca 1,5 mld. m³.

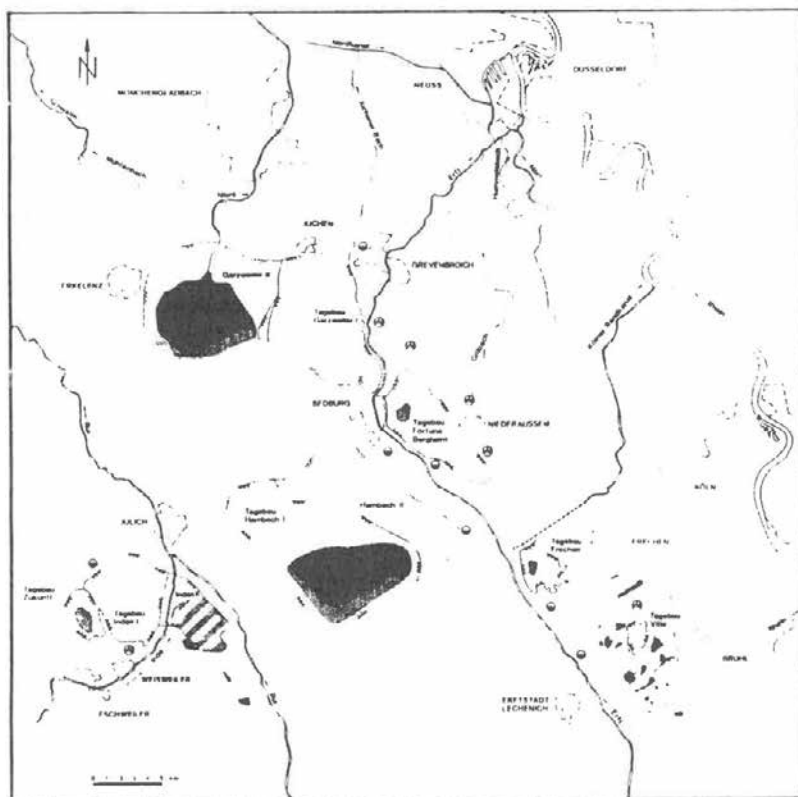
Druhou možností využití zbytkových jam je vytvoření ekologicky vyhovujícího začlenění do krajiny. To je zpravidla podmíněno hydrologickými poměry podzemních vod tzv. zbytkových jezer. Taková jezera byla již vybudována v jižní části Lomu Ville.

Vzhledem k tomu, že je možno počítat v Rýnském revíru s těžbou dobytelných hnědouhelných zásob ve výši několika miliard tun ještě dlouho v příštím století vzniknou dispozice pro zaplnění zbytkových jam skrývkovým materiálem.

Jelikož využití zbytkového prostoru na tak dlouhou dobu dopředu nelze jednoznačně určit, je obvyklé každý projekt v Rheinbraun pojímat tak, jako by jako by to byl projekt konečný. V úvahu přichází alternativa využití zbytkové jámy pro vybudování jezera, které bude vyhovovat reliéfu krajiny.

2. Zbytkové jámy

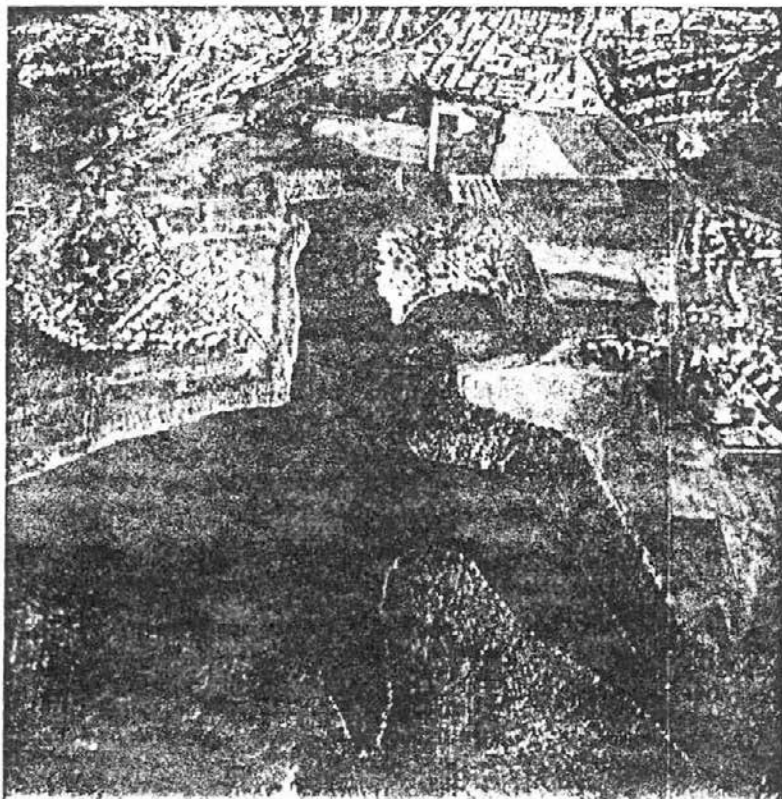
Největší část zbytkových jam se nachází doposud na území Lomu Ville, v jižní části Rýnského revíru (mapka 1). Celkově se jedná o 42 zbytkových jam, jejichž plocha se pohybuje mezi 0,2 ha až 71 ha.



Obr. 1: Zbytkové jámy v Rýnském hnědouhelném revíru

Podle úložních poměrů a částečného zasypání skrývkovými hmotami vykazují tyto zbytkové jámy hloubku od 1,0 do 16,0 m.

Po ukončení platnosti přijatých báňských opatření došlo k obnovení původních poměrů podzemních vod. V důsledku dešťových srážek a obnovené tvorby podzemních vod znovu stouply hladiny vod ve starých výsypkách a ve zbytkových jamách, což vedlo ke vzniku jezer. Ve spojitosti s rekultivací vznikla ekologicky velmi cenná oblast lesních jezer (obr. 2), která je hojně využívána jako rekreační oblast příměstského území kolem Kolína n. R.



Obr. 2 Krajina vytvořená rekultivací zbytkových jam ve Ville, jezero Heider

Vedle těchto zbytkových jam je nutno jmenovat regionální jezera, která byla založena do již zaplněných, event. se plnicích zbytkových jam lomů Frimmersdorf-Süd, Fortuna/Bergheim, Frechen a Zukunft (obr. 1). Jejich plocha činí 20 až 100 ha, hloubka se pohybuje od 25 do 35 m. Příkladem takového regionálního jezera je Kastererské jezero o rozloze 7,3 ha a hloubce 5,5 m, založené v zasypaném Lomu Frimmersdorf-Süd (obr. 3).

Vycházejí z úvodních předpokladů, dojde v Rýnském revíru ke vzniku velkoplošných zbytkových jam až na sklonku báňské činnosti. Naplní-li se předpoklad o ukončení lomové činnosti asi v polovině příštího století, pak by měly dle dosavadních plánů vzniknout celkem tři zbytkové jámy, jejichž dimenze vyplývají z tabulky 1. Po realizaci uplatňovaných báňských opatření by měly být tyto zbytkové jámy v důsledku regenerace podzemních vod přebudovány na jezera, jejichž obsah vody v m³ je uveden v tabulce 1.

Velikost budoucích zbytkových jam

Tabulka 1

Zbytková jáma	Povrchová plocha	Vodní plocha	Obsah vody
Garzweiler II	2800 ha	2300 ha	2000 mil. m ³
Hambach 1	4500 ha	3700 ha	3600 mil. m ³
Inden II	1330 ha	1150 ha	660 mil. m ³
CELKEM	8630 ha	7150 ha	6260 mil. m ³



Obr. 3 Kastererské jezero vzniklé po vyuhlení Lomu Frimmersdorf-Süd

Tím dojde v budoucnu u zbytkových jam vedle krajinně-ekologického také k ekologicky-vodohospodářskému využití. Dosažení tohoto cíle však předpokládá uplatnění celé řady opatření počínaje výzkumem báňsko-technickým, geologickým, hydrologickým, rekultivačním, půdně-mechanickým a celou řadou dalších ovlivňujících hledisek konče. Všechna zmíněná opatření je nutno vzít v úvahu již v počáteční fázi plánovaného období předmětného lomu. Tím se stane v první fázi plánovací činnosti záměr na využití zbytkové jámy součástí tzv. báňského postupu, na jehož konci se dospěje k závazným rozhodnutím o budoucím uspořádání území vyuhleného lomu.

3.0 Stabilita svahů

Vytvoření zbytkové jámy vyžaduje vybudovat stabilní konečné svahy jako např. u vnější výsypky, tzv. závěrné svahy. Požadavkem u těchto svahů je trvalé udržení jejich stability, neboť po vytvoření zbytkového prostoru v lomu a po opuštění lomu velkostí už není možné provádět rozsáhlejší úpravy svahů zbytkové jámy. Tím se stává zabezpečení průběžného výzkumu stability těchto svahů včetně prognózy stabilitního stupně bezpečnosti v této oblasti naprosto prvořadou záležitostí. Zde je třeba vzít v úvahu příslušné pasáže směrnice Zemského horního úřadu v Dortmundu /3/ pro stabilitu vytvarovaných svahů

- geologicko-hydrologický průzkum
- geomechanické výzkumy
- výpočet stability svahů.

Tento výzkumný program je popsán v celé řadě publikací, /4, 5, 6, 7/, takže v následujícím můžeme přejít speciálně k parametrům vztahujícím se ke zbytkovým jamám, které je nutno pomocí uvedených výzkumů určit.

3.1 Geologické poměry

Zpravidla musejí být závěrné svahy zbytkové jámy po lomovém dobývání vytvářeny jak v prostoru vnitřní výsypky tak také v rostlých nesoudržných horninách. Zatímco při tvarování svahů v rostlých horninách jsou znaky ovlivňující stabilitu svahů jako jsou střídaní a úklon vrstev a tektonika předurčeny, je pro výstavbu závěrných svahů na výsypkovém území nutný výběr určitého druhu sypaniny, např. štěrku, pískové směsi, které jsou používány pro nasypání drenážních vrstev. Druh a množství těchto materiálů, jakož i jejich umístění ve výsypce jsou s konečnou platností stanoveny pomocí výpočtu stability svahů v tzv. běžných profilech. Přitom je třeba zvlášť zohlednit skutečnost, že určité druhy skryvkových hmot v důsledku ukončení lomového provozu budou k dispozici jen ve velmi omezené míře, nebo dokonce vůbec ne.

3.2 Hydrologické poměry

Při zohledňování hydrologických poměrů je nutno při provádění výzkumu vzít v úvahu vedle obvyklých parametrů ovlivňujících stabilitu svahů, další významné faktory jako jsou:

- obnovené hladiny podzemních vod po skončení lomové činnosti
- plnění zbytkové jámy vodou následkem opětovného vzestupu hladiny podzemních vod
- plnění zbytkové jámy vodou z jiného zdroje
- kolísání hladiny vody ve zbytkovém jezeru.

Průzkumem hladiny podzemních vod po skončení doprovodných báňských činností, tj. zastavení odčerpávání, se předpoví výška hladiny jezera vzniklého ve zbytkové jámě. Dále poskytují tyto výsledky nutné informace o tom, zda na povrchu hladiny jezera v tzv. suchém pásmu závěrných svahů je nutno počítat s přítokem vod, který může ovlivňovat stabilitu svahů.

Naplnění zbytkové jámy vodou v důsledku opětovného vzestupu hladiny podzemních vod způsobuje přítok vody do zbytkové jámy ve směru od rostlé horniny. To představuje v důsledku hydrodynamického tlaku vody parametr snižující stabilitu závěrných svahů a vyžaduje s ohledem na propustnost zvláštní kvalitativní materiály skryvkových zemín, zakládáných do výsypky. Důležitý je však i čas, kterého je k naplnění zbytkové jámy zapotřebí. Boehm /2/ popisuje na příkladu zbytkové jámy Hambach (obr. 1), že musí být zaplněno asi 20 mld. m³ odvodněných hornin a zbytkové jezero se 3,6 mld. m³ (tab. 1).

Pokud by byl použit jen přirozený způsob naplňování podzemní vodou,, pak by plnění trvalo několik set roků.

Proto byl v 70. letech vypracován tzv. "Gärtnerplan" /8/ (Gärtnerův plán). Podle tohoto plánu se předpokládá naplnění zbytkové jámy přítokem vody z cizího zdroje, která bude z Rýna přiváděna zvláštní štolou. Tímto způsobem mají být zbytková jáma a přilehlé sykové horniny naplněny až na úroveň + 30 m n.n. (uvedeno v Baltském výškovém systému). Při ročním objemu plnění v průměru 300 mil. m³ by mohl být tak čas plnění zbytkového jezera a přilehlých hornin podle Boehma /2/ zkrácen na cca 70 let. Pro závěrné svahy ve zbytkové jámě znamená plnění zbytkové jámy z cizího vodního zdroje, že voda proudí z jezera do horniny, což je pro stabilitu svahů příznivé.

Pro oba způsoby plnění jezera nutno uvést jeden společný problém. Je to pokračující eroze způsobována vlnobitím na březích jezera, což v nejnepríznivějším případě může vést k destabilizaci závěrných svahů. V podstatě je možno konstatovat, že při plnění cizí vodou je doba působení vlnobití na odkryté svahy podstatně kratší než při plnění tlakovými podzemními vodami. Problém pokračující eroze přetrvává přirozeně po dosažení konečné úrovně hladiny jezera nadále, přitom nabývá na významu také kolísání vodní hladiny v důsledku vypařování jakož i možných přítoků a odtoků vody. Tyto faktory je nutno zahrnout do stabilitních výpočtů, aby mohl být pro výstavbu závěrných svahů zvolen vhodný tvar v tzv. zóně působení vodních vln.

3.3 Geomechanické poměry

Podle směrnice pro stabilitu lomových svahů /3/ je třeba provést průzkum a popsat geomechanické vlastnosti materiálů stávajících svahů event. zakládaných sypanin. Pro jednotlivé vrstvy sypaniny z určitého druhu horniny má zvláštní význam smyková pevnost v geologicky podmíněných kritických zónách jako např. ve zlomech a soudržných vrstvách. Vzhledem k tomu, že se jedná o závěrné svahy, je nutno na vzorcích z těchto oblastí zjišťovat zbytkovou smykovou pevnost. Tento průzkum může být prováděn jak přímými smykovými zkouškami, např. Vídeňskou-rutiní smykovou zkouškou, tak také na triaxiálním smykači s vyříznutými vzorky. Odběr vzorků se provádí jednak při vrtném průzkumu a dále přímo na dobývacím místě ještě za provozu lomu, aby tak bylo k dispozici dostatečné spektrum parametrů smykové pevnosti. Při vyhodnocování a posuzování výsledků zkoušek se zohledňují výsledky měření přetvárných procesů ve svazích, přičemž velmi dobré informace o tom poskytují např. inklinometrická měření, která nepřímou informují i o vývoji smykové pevnosti v časové závislosti.

Smyková pevnost skrývkových materiálů závisí v první řadě na skladbě jednotlivých druhů sypanin a na stupni konzolidace zemin. V podstatě lze konstatovat, že smyková pevnost zakládaných skrývkových materiálů po nasypání roste se zvyšujícím se stupněm konzolidace zemin a konečných hodnot smykové pevnosti se dosáhne na konci procesu konzolidace výsypky. Rozdíly mezi skrývkovými materiály jsou uvedeny v tab. 2. Smykové parametry uvedené v tabulce 2 vyplývají jednak z opakovaných výpočtů skrývkových svahů /9/ a dále ze zkoušek na velkoplošném triaxiálu o průměru 0,3 a 0,6 m při výšce vzorku 0,6 m. V tab. 2 jsou uvedeny efektivní smykové parametry, které vyplývají z dosud provedených smykových zkoušek.

Skrývkové materiály

Tabulka 2

Sypaniny	Soudržné složky (%)	Smyková pevnost	
		Phi (stupeň)	c (kPa)
Štěrka	-	38	0
Písek	-	30	0
Směsné zeminy I	30	28	10
Směsné zeminy II	30	26 - 12	20
Lesní štěrka	20 - 60	26 - 22	8,5

Vedle těchto zkoušek smykové pevnosti pro výpočet stability svahů je nutno provádět další geomechanické zkoušky, ze kterých vyplynou jednotlivé údaje o propustnosti rostlých a zakládaných sypanin. Další údaje je nutno získat pro odhad konzolidace výsypkových svahů, zejména však při opětovném vzestupu hladiny podzemních vod, aby bylo možno prověřit, zda může dojít k náhlému zhroucení zrnitostní skladby (skeletu) a tím k prosedání a ztekucení.

3.4 Stabilitní výpočty

Pro výpočet stability svahů jsou uváděny následující příklady:

- závěrný svah ve výsypkovém prostoru s naplňováním zbytkové jámy následkem vzestupu hladiny podzemní vody
- dtto s naplňováním zbytkové jámy cizím vodním zdrojem
- závěrný svah v území stávajícího horninového prostředí s naplňováním zbytkové jámy cizím vodním zdrojem.

Stabilitní výpočty byly prováděny pomocí počítačového programu SLOPE, který obsahuje tzv. "proužkovou metodu", přičemž počet uvažovaných kluzných ploch pro jeden možný svah představuje pouze jednu část kluzných ploch, které je nutno prozkoumat. Zde se neuvažuje se skluzem svahu v důsledku ztekucení, neboť při geomechanických poměrech v Rýnském revíru a na základě dosavadních poznatků a zkušeností za daných vlastností a rozdělení množství druhů sypanin, nelze skluz očekávat.

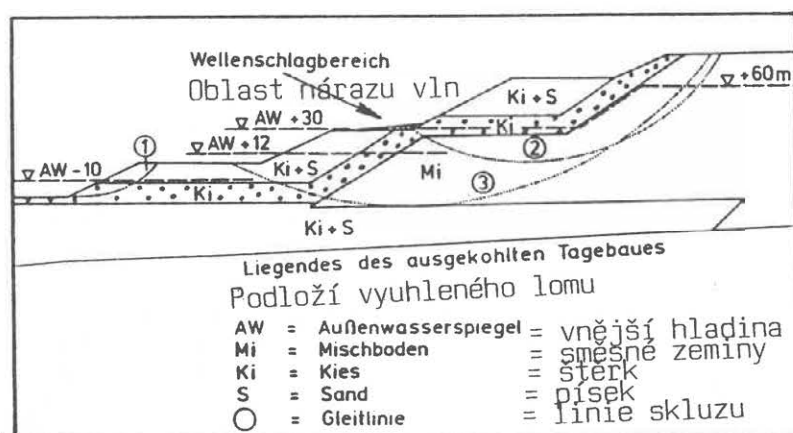
3.4.1 Závěrné svahy ve výsypkách

Příklad na obr. 4 dokumentuje stabilitu jednoho svahu ve výsypkové oblasti s naplňováním zbytkového jezera v důsledku opětovného zvýšení hladiny podzemní vody. Ve výpočtu stability jsou zkoumány tři skluzné plochy, které zohledňují jednotlivé, dílčí a celkový svah. Konečná očekávaná hladina podzemních vod je dána hodnotou + 60 m n.m. a vnější výška hladiny hodnotou + 30 m n.m. Dále je zohledněna fáze plnění třemi vnějšími hladinami s hodnotami - 10 m n.m., + 12 m n.m. a + 30 m n.m. (konečná výška). Vycházejí z parametrů smykové pevnosti uvedených v tabulce 2, jsou zjišťovány koeficienty bezpečnosti pro normální profil, stanovený výpočtem (obr. 4) při dostatečně vysokém koeficientu bezpečnosti z tabulky 3.

Stupeň bezpečnosti svahu

Tabulka 3

Stupeň bezpečnosti svahu				
Kluzná plocha	Výška hladiny vnější vody			
	0	- 10 m n.m.	+ 12 m n.m.	+ 30 m n.m.
1	2,20	1,42	2,19	2,19
2	2,28	2,28	2,28	2,09
3	1,93	1,88	1,68	1,46



Obr. 4 Vzorový profil výsypkového svahu s opětovným vzestupem hladiny podzemní vody

V tomto vzorovém profilu se část materiálů ze směsných zemín na výsypce překryje 15 m mocnou vrstvou písčito-štěrkové výplně, na kterou se opětovně nanese vrstva štěrkopísku. Tato vrstva, označovaná jako drenážní systém, slouží pod úrovní + 3 m n.m. pouze ke stabilizaci svahů během tvorby výsypky. V horní části výsypky + 30 m n.m. je nutno vybudovat drenážní systém pro zajištění dlouhodobé stability svahů.

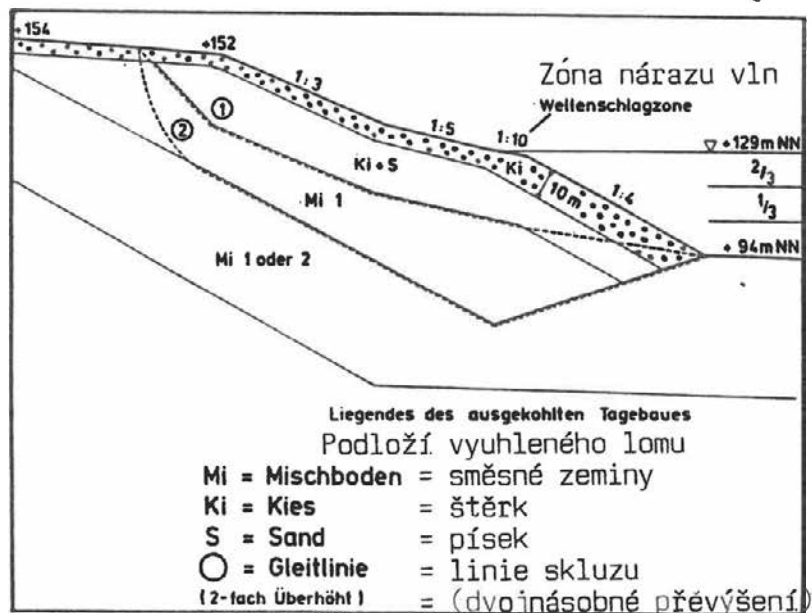
Na obr. 5 je zakreslen normální řez závěrným svahem výsypky s výplní zbytkové jámy vodou z cizího zdroje. Na příkladu dvou kluzných ploch bude dokumentována stabilita celého svahu bez vody a s vodou. Vedle konečné výše hladiny vody na úrovni + 129 m n.m. se jako parametr ovlivňující stabilitu zohledňují pro fázi vzduší 1/3 a 2/3 výšky hladiny vnější vody. Koeficienty stability uvedené v tabulce 4 potvrzují dostatečnou bezpečnost. Podle tohoto

profilu se vrstva směsných zemín přesype štěrkopískovou vrstvou o mocnosti 10 a 15 m, která se pod hladinou budoucího jezera překryje vrstvou štěrkopísku o mocnosti 10 m.

Koeficient bezpečnosti svahu

Tabulka 4

Stupeň bezpečnosti svahu				
Linie skluzu	Výška hladiny vnější vody			
	0	1/3	2/3	3/3
1	3,03	3,93	2,81	2,74
2	2,82	2,43	2,35	2,41



Obr. 5 Vzorový profil výsypkového svahu s plněním zbytkové jámy cizím vodním zdrojem

Abychom zabezpečili dostatečnou stabilitu v této oblasti, je nutno považovat až 15 m mocnou štěrkovou vrstvu, uloženou pod zmíněnou 4 m vrstvou za drenážní systém pro dále stoupající hladinu podzemních vod nad hladinu jezera.

3.4.2 Závěrný svah v nesoudržných horninách

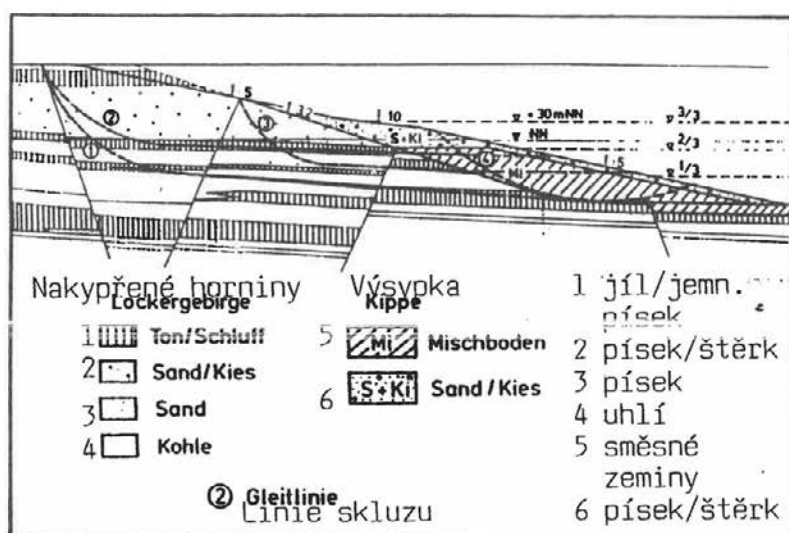
Ve třetím příkladu bude popsán případ vytváření závěrného svahu zbytkové jámy v nesoudržných horninách.

Původní generální sklon svahového systému pro lomový provoz je na základě stabilitních výpočtů plánován 1 : 3,2. Pro svahy zbytkové jámy s dlouhodobou stabilitou není tento generální sklon s ohledem na zbytkové jezero dostatečně bezpečný, jak o tom vypovídají hodnoty koeficientu bezpečnosti, uvedené v tabulce 5.

Koeficient bezpečnosti

Tabulka 5

Stupeň bezpečnosti svahu								
Kluzná plocha	bez				Předsypání			
	Výška hladiny vnější vody				s			
	0	1/3	2/3	3/3	0	1/3	2/3	3/3
1	1,34	1,27	1,10	0,90	1,79	1,60	1,50	1,46
2	1,26	1,26	1,23	1,00	1,78	1,78	1,68	1,42
3	1,26	1,26	1,01	0,61	2,48	2,48	1,80	1,28
4	-	-	-	-	2,98	2,17	1,47	1,32



Obr. 6 Vzorový řez závěrného svahu v nesoudržných horninách

Aby bylo dosaženo dostatečné stability, je nutno provést zploštění svahů bývalého lomu na 1 : 5. Vychází se přitom z plnění jámy cizí vodou, tzn. voda proudí do horniny, takže hladina podzemní vody v nakypřené hornině je maximálně rovna výšce hladiny vnější vody. Zploštění svahů bývalého lomu se

v tomto případě dosáhne předsypáním výsypky a v horní části seříznutím původní horní hrany svahu.

Předsypání výsypky se provede zvětší části směsnými zeminami, které jsou pak překryty 10 m mocnou vrstvou štěrkopísku. V zóně hladiny budoucího jezera - mezi 13 m n.m. a + 55 m n.m. se nasype jen štěrkopísek a písek, který se v oblasti působení vln zarovná na svah 1 : 10. Pro zobrazení stability tohoto svahového systému byly zvoleny 4 kluzné plochy, přičemž byly vzaty v úvahu hodnoty zbytkové smykové pevnosti v rostlém stavu a v zóně násypu, uvedené v tabulce 2.

V tabulce jsou uvedeny zjištěné hodnoty koeficientu bezpečnosti pro jednotlivé případy svahové konfigurace. Oproti stavu původního generálního sklonu 1 : 3,2, za kterého nemůže být dosaženo požadované dlouhodobé dostatečné stability větší než 1,0, se stává svahový systém pomocí provedení předsypání a zploštění a při zohlednění vnější hladiny vody a s tím spojené hladiny podzemní vody dostatečně stabilní.

4.0 Závěry

V kapitole o stabilitních výpočtech bylo na třech příkladech závěrných svahů zbytkových lomových jam prokázáno, že při správném vytvarování svahů z vhodných zemin, je možno dosáhnout dostatečné stability i při vzestupu hladiny podzemních vod.

Na příkladu stability dvou závěrných svahů v prostoru výsypky bylo zkoumáno plnění jezera jak při opětovném vzestupu hladiny podzemních vod tak i cizí vodou. Výsledkem je konstatování skutečnosti, že je možné použít oba případy plnění. Avšak ze srovnání vzorových profilů vyplývá, že při plnění opětovným vzestupem hladiny podzemní vody je nutno provádět podstatně větší a rozsáhlejší drenážní opatření a systémy než při plnění vnějším zdrojem. Z hrubého odhadu vyplývá, že jsou nutná asi trojnásobná množství štěrku a písku. Vezmeme-li v úvahu fakt, že při budování těchto systémů se nachází lom v konečné fázi své životnosti, je nutno konstatovat, že materiály v takovém množství již nemohou být k dispozici. Pro plnění zbytkové jámy vodou z cizího zdroje hovoří vedle dlouhé doby opětovného vzestupu hladiny podzemních vod také dimenzování velikosti drenážní výplně v souvislosti s problémem disponibilního materiálu.

Příklad závěrného svahu v rostlých nesoudržných horninách dokumentuje, že původní sklon svahu na okraji lomu je pro dlouhodobou stabilitu při zohlednění jezera příliš strmý a vyžaduje se jeho zploštění. Aby nebyl skrývkový poměr ve svahu na okraji lomu ponecháván příliš nepříznivý, bylo by zpravidla výhodnější a ekonomičtější dosáhnout tohoto zploštění svahu nasypáním výsypky. Plnění zbytkové jámy vodou z cizího zdroje by se mělo provést takovým způsobem, aby hladina podzemní vody v horninovém masívu během doby plnění nepřekročila hladinu vnější vody. To znamená, že snižování hladiny podzemní vody odvodňovacími vrty na území rostlého masívu musí být provedeno pouze postupně v závislosti na vzdutí hladiny podzemní vody. Během vzdouvání velkých jezerních ploch dochází k tvorbě vln, jejichž působení může způsobovat erozi ve formě "vymývání" svahů. Aby se tomuto jevu zabránilo, jsou svahy v zóně směsných skrývkových materiálů přesypány štěrkopískovou vrstvou o dostatečné mocnosti, např. 10 m.

Příklady provedení svahů zbytkových jam, uvedené v této přednášce dokumentují, že se jedná o široký komplex úkolů a činností. Tento komplex musí být zahrnut do celkových plánovacích záměrů vývoje revíru již v počáteční fázi plánovacích prací, aby tak mohlo být dosaženo bezpečného, ekonomického

a ekologicky optimálního řešení. Na počátku plánovacího období je třeba vypracovat celou řadu alternativ, které je nutno detailně prověřit jak z hlediska pokračujícího rozvoje lomu tak technického a vědeckého pokroku, což následně povede k přijetí konkrétního rozhodnutí. Tímto způsobem se dospěje k tomu, že se zbytková jáma - jak bylo demonstrováno na uvedených příkladech - nestane další "starou zátěží hornictví", nýbrž regionem s vysokým krajinně - ekologickým potenciálem.

Literatura:

- /1/ Starke, R.: Grundsätze der Tagebauplanung im Rheinischen Braunkohlenrevier.
BRAUNKOHLE 43 (1991), H.4, S.4-19
- /2/ Boehm, B.: Braunkohlenbergbau und Wasserwirtschaft
- Von der Entwässerung zur Bewässerung -
BRAUNKOHLE 39 (1987), H.12, S.422-429
- /3/ o. Verfasser: Richtlinien des Landesoberbergamtes Nordrhein-Westfalen für die Untersuchung der Standsicherheit von bleibenden Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (Richtlinien für Standsicherheitsuntersuchungen -RfS-) vom 4.3.1976. Sammelblatt des Landesoberbergamtes Nordrhein-Westfalen, A 2.19, Verlag Glückauf, Essen
- /4/ Pierschke, K.-J.: Assessment of the Stability of Open Pit Mine Slopes in the Rhenish Brown Coal District. First Int. Symp. on Stability in Coal Mining, 1978, Vancouver, S.35-46
- /5/ Pierschke, K.-J.: Standfestigkeit von Tagebaurandböschungen im Rheinischen Braunkohlenbergbau.
Proceedings 8. Donau-Europäische Konferenz über Bodenmechanik und Grundbau, Essen 1986, S.293-299
- /6/ Dermietzel, E., et.al: Standfestigkeitsberechnungen von Tagebauböschungen auf einer elektronischen Rechananlage mit dem Programm BETAJA.
BRAUNKOHLE 29 (1977), H.8, S 308-315
- /7/ Kuntsche, K.: Böschungsbruchberechnungen für Tagebaurandböschungen.
BRAUNKOHLE 43 (1991), H.8, S.16-21
- /8/ Gärtner, E.: Braunkohlentagebaue als Wasserspeicher.
Energie und Technik 1971, Nr.6, S.183-188
- /9/ Pierschke, K.-J.: Berechnungsgrundlagen und Beurteilungskriterien für Verfahren zur Standfestigkeitsuntersuchung von Kippenböschungen.
BRAUNKOHLE 32 (1980), S.169-175