

Možnosti některých netradičních metod rekultivace fytotoxických lokalit v oblasti severočeské pánve

Möglichkeiten einiger nicht herkömmlicher Rekultivierungsmethoden der phyto- toxischen Standorte im Nordböhmischen- braunkohlebecken

Ein der beachtenswerten Probleme bei den Rekultivierungsarbeiten im Nordböhmischen Becken ist die Rekultivierung der phytotoxischen Flächen. Es geht vor allem um Standorte mit Deckgebirgen, die durch Kohlemasse bereichert sind. Bei der Rekultivierung der Flächen im Bereich des Ausbisses des Kohlenflözes kann man nicht zu oft das Problem der saueren Grubenwässer treffen. Die Phytotoxizität der angeführten Standorte ist außer von dem erhöhten Schwefelinhalt besonders von der extrem saueren Bodenreaktion gegeben. Das stellt höhere Anforderungen an das Rekultivierungsverfahren. Ganz spezifisch sind dann die Flächen, auf deren Oberfläche extrem schwere gelbe Lehme auftauchen. Der vorliegende Beitrag beschreibt eine Charakteristik wichtiger phytotoxischer Bereiche sowie das Verfahren derer Rekultivierung, die vor allem auf der Anwendung von geeigneten fruchtbaren Boden basiert. Auch einige experimentell eingesetzte nicht herkömmliche Versuchsmethoden wurden bewertet, z. B. Einsatz des Kraftwerksstabilisates und der Asche. Der Artikel bewertet die Erfolge einzelner Rekultivierungsverfahren. Die Ergebnisse sind mit langfristiger Verfolgung von physikalischen, mineralogischen und chemie-pädologischen Gesteinsparametern für einzelne Versuchsfläche nachgewiesen.

Man kann eindeutig feststellen, dass die Anwendung der urbar zu machenden Böden ein grundlegendes Rekultivierungsverfahren für phytotoxische und sterile Flächen ist. Die ersten vorliegenden Ergebnisse der Versuchsanwendung von alternativen Massen weisen nach, dass diese progressiven Verfahren eine bedeutende Ergänzung zur Anwendung von

fruchtbaren Böden auf einer Standortreihe darstellen. Deshalb werden die Untersuchungsarbeiten auf diesem Gebiet fortschreiten. Diese Arbeit entstand mit Unterstützung des Ministeriums für Kultur, Schulwesen, Jugend und Sport der ČR im Rahmen des Forschungsvorhabens Nr. MSM 4456918101.

Possibilities of Some Non-traditional Methods for Reclamation of Phytotoxic Locations in North-bohemian Basin

Reclamation of phytotoxic areas is one of the serious problems in the North-bohemian basin. It mainly concerns the areas with the occurrence of overburden rocks from the group of coal beds enriched with coal. We can cope with less frequent issue of acid mine waters mainly in reclaiming the areas at the exposure of a coal bed. The phytotoxicity of the stated locations is given, apart from the increased content of sulphur, mainly by extremely acid soil reaction which poses higher requirements to the reclamation methodology. The areas on the surface where extremely heavy grain yellow clays occur are a totally specific case.

The presented article includes the characteristics of the important phytotoxic areas and the methodology of their reclamation mainly based on the application of suitable fertilizable rocks. Some tentatively used non-traditional methods were evaluated e.g. the application power plant stabilizer and ash. The article assesses the success rate of the reclamation methods. The results are documented with the long-term monitoring of physical, mineralogical and chemical and pedological parameters of rocks in the testing areas.

We can unambiguously state that the application of fertilizable rocks remains a basic method for the reclamation of phytotoxic and sterile areas. The first results in the tentative application of

alternative materials shows that these progressive methods can become an important complement in the application of fertilizable rocks in many areas. Therefore the research work will go on in this area. The work has been prepared with the support of the Ministry of Education, Youth and Physical Training in the Czech Republic within the research project No. MSM 4456918101.

Возможности некоторых нетрадиционных методов рекультивации фитотоксических участков в области Северочешского бурогоугольного бассейна

Одной из важнейших проблем рекультивационных работ в области Северочешского бурогоугольного бассейна является рекультивация фитотоксических площадей. Речь идет прежде всего о зонах с наличием вскрышных пород из свиты угольных пластов. Не так часто встречается проблема кислых шахтных вод – она выступает главным образом при рекультивации площадей в зонах выхода угольного пласта.

Фитотоксичность приведенных зон определяется, кроме повышенного содержания серы, главным образом крайне сильноокислой реакцией почвы, что ставит увеличенные требования к методике рекультивации. Совсем специфический случай представляют собой площади, на поверхности которых встречаются крайне тяжелые по зернистости желтые илы.

Предлагаемая статья включает характеристику значительных фитотоксических зон и методику их отрекультивирования, базирующую прежде всего на применении подходящих пород, способных к повышению плодородия. Оценке подвергались также некоторые экспериментально примененные нетрадиционные методы, например, использование стабилизата и золы из угольных электростанций. В статье дается оценка успешности отдельных методик рекультивации. Результаты подкреплены долгосрочным исследованием физических, минералогических и химико-педологических параметров пород отдельных экспериментальных участков.

Однозначно можно констатировать, что приложение пород способных к повышению плодородия остается основным методом рекультивации фитотоксических и стерильных зон. Однако, первые достигнутые результаты экспериментального приложения альтернативных масс показывают, что приведенные прогрессивные методы могут представлять видное дополнение применению пород способных к повышению плодородия на целом ряду площадей. Поэтому будут научные исследования в данном направлении продолжать. Данная работа возникла при поддержке со стороны Министерства просвещения, молодежи и физкультуры Чешской Республики в рамках научно-исследовательского намерения номер MSM 4456918101.

Možnosti některých netradičních metod rekultivace fytotoxických lokalit v oblasti severočeské pánve

Jedním ze závažných problémů rekultivačních prací v oblasti severočeské pánve je rekultivace fytotoxických ploch. Jde především o oblasti s výskytem skryvkových hornin ze souvrství uhelných slojí nabohacených uhlernou hmotou. S méně častým problémem kyselých důlních vod se lze setkat zejména při rekultivaci ploch v oblastech výchozu uhelné sloje. Fytotoxicita uvedených lokalit je dána kromě zvýšeného obsahu síry zejména extrémně kyselou půdní reakcí, což klade zvýšené požadavky na metodiku rekultivace. Zcela specifickým případem pak jsou plochy, na jejichž povrchu se objevují zrnitostně extrémně těžké žluté jíly.

Předkládaný příspěvek obsahuje charakteristiku významných fytotoxických oblastí a metodiku jejich rekultivace založenou především na aplikaci vhodných zúrodnitelných hornin. Vyhodnoceny byly i některé pokusně použité netradiční metody, například aplikace elektrárenského stabilizátu a popele. Článek hodnotí úspěšnost jednotlivých rekultivačních metodik. Výsledky jsou doloženy dlouhodobým sledováním fyzikálních, mineralogických a chemicko – pedologických parametrů hornin jednotlivých pokusných ploch.

Jednoznačně lze konstatovat, že aplikace zúrodnitelných hornin zůstává základní metodou rekultivace fytotoxických a sterilních ploch. První dosažené výsledky pokusné aplikace alternativních hmot však prokazují, že se tyto progresivní metody mohou stát významným doplňkem aplikace

zúrodnitelných hornin na řadě lokalit. Proto budou výzkumné práce v této oblasti i nadále pokračovat. Práce vznikla s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci výzkumného záměru číslo MSM 4456918101.

Specifickým problémem oblasti severočeské pánve je rekultivace fytotoxických ploch. Nejtypičtějším a současně nejzávažnějším případem je rekultivace oblastí kontaminovaných uhelnou hmotou. Výskyt takových ploch je dán do značné míry vývojem uhelné sloje. Tento problém je nejvýraznější v oblasti dolu Bílina, kde je zvýšený výskyt skrývkových hornin v uhelné sloji způsoben anomálním vývojem sloje. V oblasti lomu Vršany (rozštěpení uhelné sloje vlivem žatecké delty) se skrývkové horniny v uhelné sloji v menší míře rovněž vyskytují. Z toho důvodu se zejména na vnějších a vnitřních výsypkách dolu Bílina často objevují fytotoxické plochy obsahující větší množství uhelné hmoty ve svrchním horizontu. S problémem kyselých důlních vod se lze setkat zejména při rekultivaci ploch v oblastech výchozu uhelné sloje. Fytotoxicita uvedených lokalit je dána kromě zvýšeného obsahu síry zejména extrémně kyselou půdní reakcí, což klade zvýšené požadavky na metodiku rekultivace. Zcela specifickým případem pak jsou plochy, na jejichž povrchu se objevují zrnitostně extrémně těžké žluté jíly.

Předkládaný příspěvek obsahuje charakteristiku významných fytotoxických oblastí a metodiku jejich rekultivace založenou především na aplikaci vhodných zúrodnitelných hornin. Vyhodnoceny byly i některé pokusně použité netradiční metody, například aplikace elektrárenského stabilizátu a popele. Článek hodnotí úspěšnost jednotlivých rekultivačních metodik. Výsledky jsou doloženy dlouhodobým sledováním fyzikálních, mineralogických a chemicko – pedologických parametrů hornin jednotlivých pokusných ploch.

Některé údaje uváděné v tomto článku byly v září a říjnu 2004 prezentovány na 21. mezinárodní konferenci v japonské Osace a na 43. ročníku symposia Hornická Příbram ve vědě a technice.

1. Charakteristika uhelné sloje v oblasti severočeské pánve

Těžba uhlí je zásadně spojena s rekultivačními pracemi v regionu. Nutnost rekultivačních prací je dána rozsáhlou devastací krajiny při povrchové těžbě hnědého uhlí zejména v 70. a 80. letech minulého století. Uhelná hmota na povrchu rekultivovaných lokalit významně zhoršuje vlastnosti svrchního půdního horizontu, některé produkty zpracování uhlí lze naopak využít jako cenné zúrodnitelné horniny a substráty.

Jedinou těženou slojí v severočeské hnědouhelné pánvi je hlavní sloj mocná zpravidla 20 – 40 m. Tvoří ji převážně hnědouhelné humity, které vznikaly prouhelněním třetihorní rašeliny, keřů a stromů. Zpravidla je rozdělena proplástky do tří lávek rozdílné kvality.

Hlavní uhelná sloj se v oblasti SHP vyskytuje v různém vývoji. Na značné ploše jde o jednotnou sloj, jejíž mocnost v různých částech pánve kolísá. To je případ lomu

Libouš a lomu Československé armády. V oblasti vlivu žatecké delty (lom Vršany) je hlavní uhelná sloj rozštěpena do několika slojí. Anomální stavbu hlavní uhelné sloje lze konstatovat v oblasti dolu Bílina. Souvisí se sedimentačními zvláštnostmi v oblasti tzv. bílinské delty. Zčásti je primární, zčásti druhotná, tedy způsobená deformacemi až po vzniku jednotné sloje. Těmito procesy vznikla více méně samostatná tělesa uhelné sloje nepravidelného rozsahu i mocnosti. Některé partie bývají „zvrásněné“ a doprovázené střížnými zlomy. Spolu se slojí bývají deformovány i nadložní jalové sedimenty, místy bývají do deformační struktury zahrnuty i podložní jílovce. Důsledkem této situace je výskyt skrývkových hornin v uhelné sloji zejména na dole Bílina, v menší míře též na dole Vršany. Z toho důvodu lze konstatovat na vnějších a vnitřních výsypkách zejména dolu Bílina zvýšený výskyt fytotoxických ploch se zvýšeným výskytem uhelné hmoty ve svrchním horizontu. Na výsypkách dolu Libouš a dolu Československé armády se takové plochy prakticky nevyskytují.

Z hlediska rekultivací mají určitý význam i výchozové partie uhelné sloje, které jsou zdrojem oxihumolitů, zejména v oblasti dolu Bílina a dolu Vršany.

2. Charakteristika fytotoxických ploch vyskytujících se v oblasti severočeské pánve

Jako fytotoxické plochy jsou v tomto příspěvku označeny oblasti, jejichž svrchní horizont je tvořen horninami s velmi špatnou rekultivační využitelností. Vlastnosti hornin jsou natolik nepříznivé, že neumožňují rekultivaci běžnými postupy. Nutné je v tomto případě použití rekultivačních aditiv. V oblasti severočeské pánve se vyskytují fytotoxické plochy kontaminované uhelnou hmotou, fytotoxické plochy kontaminované kyselými důlními vodami a sterilní plochy s výskytem plastických žlutých jílu ve svrchním horizontu.

Fytotoxické plochy kontaminované uhelnou hmotou jsou nejhojnější. Vyskytují se zejména na výsypkových lokalitách dolu Bílina. Uhlenná hmota, vyskytující se ve svrchním horizontu rekultivovaných lokalit, je škodlivinou způsobující fytotoxický charakter těchto ploch. Příčinou je zejména extrémně kyselá půdní reakce a vysoký obsah síry. Pro rekultivaci lokalit tohoto typu se využívá aplikace zúrodnitelných hornin, v tomto článku je též popsána pokusná aplikace elektrárenského stabilizátu.

Fytotoxické plochy kontaminované kyselými důlními vodami jsou na rekultivovaných lokalitách dosti vzácné. Toxický charakter je i v tomto případě dán extrémně kyselou půdní reakcí, vysokým obsahem síry a uhelné hmoty. Pro rekultivaci lokalit tohoto typu se využívá aplikace zúrodnitelných hornin kombinovaná s promyšleným odvodněním.

Specifickým typem jsou plochy s výskytem plastických žlutých jílu ve svrchním horizontu. Vyskytují se převážně na rekultivovaných lokalitách Dolů Nástup Tušimice. Lze je charakterizovat jako sterilní, jedinou nepříznivou vlastností je extrémně těžké zrnitostní složení. Pro rekultivaci lokalit tohoto typu se využívá aplikace kompostů, v tomto článku je též popsána pokusná aplikace elektrárenského popela.

3. Metodika rekultivace fytotoxických ploch

V této kapitole je popsána metodika aplikace zúrodnitelných hornin, která je široce využívána zejména pro rekultivaci ploch kontaminovaných uhelnou hmotou.

Dále je zde zhodnocena pokusná aplikace elektrárenských stabilizátů na ploše tvořené uhelnými jíly, pokusná aplikace elektrárenských popelů při rekultivaci plochy s výskytem plastických žlutých jíků ve svrchním horizontu a první zkušenosti s rekultivací plochy kontaminované kyselými důlními vodami.

3.1 Rekultivace fytotoxických ploch založená na aplikaci zúrodnitelných hornin

V současnosti jde o jednoznačně nejvýznamnější, jedinou provozně využívanou metodu. Jako rekultivační aditiva jsou využívány především místní horniny získávané jako doprovodné suroviny při těžbě hnědého uhlí. V podmínkách severočeské pánve jde především o spraše a sprašové hlíny, v menší míře o slíny a slínovce. V minulosti byly na jedné lokalitě využity i bentonity. Metodika aplikace těchto hornin byla vypracována ve spolupráci Dolů Bílina, Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí, a.s., Most a Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha.

Při rekultivaci fytotoxických hornin je doporučena aplikace slinitých hornin nebo bentonitických zemin v množství $3000 - 3500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ následnou homogenizací (promísením) nebo křížovou orbou od 0,5 do 0,6 m. V případě použití slinitých hornin s malou rozpadavostí je nezbytné počítat s 1 - 2 ročním přípravným (předaplikačním) návozem těchto melioračních hmot na rekultivovanou plochu. Sklon rekultivovaného povrchu výsypky může činit maximálně 16% (1 : 6). Jako doplňující rekultivační opatření je požadována aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C : N (25) v dávce $400 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zapravených do 0,30 - 0,50 m rekultivovaného povrchu výsypky a následný dvouletý přípravný agrocyklus (pěstování plodin na zelené hnojení). Po jeho ukončení může být zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

Alternativou je převrstvení plochy pouze sprašovými hlínami o mocnosti do 0,5 m. Sklon rekultivovaného povrchu výsypky je u písků a fytotoxických zemin bez omezení, u výsypkových nadložních zemin (texturálně lehčích) v případě sklonu více jak 16 % (1:6). Jako doplňující rekultivační opatření se požaduje aplikace organických hmot kompostů s upraveným poměrem C : N (25) v dávce $400 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ zapravených do 0,30 - 0,50 m rekultivovaného povrchu výsypky, případně bodové mulčování organickými hmotami (kolem vysázených sazenic lesních dřevin). Následuje dvouletý přípravný agrocyklus. Po jeho ukončení může být zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

Příkladem takto rekultivované plochy je rozsáhlá fytotoxická oblast na výsypce Střimice (viz obr. 1). Byly zde zakládány skrývkové horniny hlavní uhelné sloje dolu Bílina s vysokým obsahem uhelné hmoty. V rámci rekultivace pak byly výše uvedenou metodikou aplikovány bentonitické horniny z blízké těžebny bentonitu Černý vrch.

Charakteristiku antropogenního půdního profilu před technickou rekultivací a po ní uvádějí následující tabulky.

Tab. 1 Vlastnosti hornin nerekvultivované části výsypky

horninový typ	N (%)	Cox (%)	CaCO ₃ (%)	pH /vod.	přijatelné živiny mg.kg ⁻¹			sorpční schopnost mmol/100 g (%)		
					P	K	Mg	S	T	V
písečný jílovec	0,01	2,1	0,9	6,8	1	160	566	8	8	100
šedý jílovec	0,05	2,4	2,0	7,4	3	234	942	14	14	100
písek	0,01	1,0	0,8	6,3	0	100	455	6	6	100
uhelný jílovec	-	5,4	0,6	4,5	0	55	120	5	20	25

Tab. 2 Vlastnosti rekvultivovaného půdního profilu

sonda S1 -interval odběru (m)	N (%)	org. látky (%)	CaCO ₃ (%)	pH	přijatelné živiny mg.kg ⁻¹			sorpční schopnost mekv/100 g (%)		
					P	K	Mg	S	T	V
0,00-0,20	0,12	1,9	4,5	7,8	7	175	1010	14	14	100
0,20-0,40	0,10	2,4	2,9	7,8	8	190	995	14	14	100
0,40-0,60	0,05	2,4	0,8	7,1	5	120	564	7	7	100

Výsledky potvrzují úspěšnost zvolené metody rekvultivace výsypky Střimice. S ohledem na současnou tržní cenu bentonitických hornin je však dnes tento způsob rekvultivace cenově velmi náročný.

Rekvultivace lokality Střimice je dnes již dokončena. Na temeni výsypky slouží obyvatelům blízkého města Mostu areál letiště o rozloze cca 90 ha obklopený zemědělskou rekvultivací (viz obr. 2). Na svazích výsypky byla realizována lesnická rekvultivace s turistickými stezkami.

Dalším příkladem úspěšného použití výše popsané metodiky může být aplikace sprašových hlín na vnitřní výsypce dolu Bílina, případně aplikace slínovců na výsypce Radovesice. Na obr. 3 je ukázán antropogenní půdní profil vytvořený aplikací slínovců.

3.2 Pokusná aplikace elektrárenského stabilizátu na fytotoxických plochách kontaminovaných uhelnou hmotou

V roce 1999 byla na vnitřní výsypce dolu Bílina testována aplikace elektrárenského stabilizátu na různé typy výsypkových zemín. Jedním z těchto typů byly extrémně kyselé (z rekvultivačního hlediska sterilní) uhelné jílovce z úpravny uhlí Ledvice, které tvořily na výsypce rozsáhlou fytotoxickou plochu. Pro pokus byl využit stabilizát z elektrárny Ledvice, který je zde produktem odsíření. Cílem práce bylo posoudit možnosti zefektivnění technické rekvultivace fytotoxických ploch.

Hodnota půdní reakce ve vodním výluhu byla u výše uvedených uhelných jílovců v rozmezí 3,8 – 4,5. Po aplikaci elektrárenského stabilizátu v dávce 600 t/ha byla zjištěna půdní reakce výsledné směsi 9 - 10. Z toho vyplynula potřeba

optimalizovat dávky stabilizátu tak, aby bylo dosaženo půdní reakce výsledné směsi v rozmezí cca 6,5 – 7,5.

V rámci řešení byly nejprve odebrány vzorky čistého elektrárenského stabilizátu a uhelného jílovce, u nichž byla zjištěna hodnota půdní reakce ve vodním výluhu. Pak byly připraveny laboratorní plochy o rozměrech 0,5 x 0,5 m, do nichž byly zapravovány různé dávky stabilizátu a následně zjišťována půdní reakce směsi. Zapravená dávka stabilizátu byla na závěr přepočítána na plochu 1 hektaru. Vzorky byly odebrány ihned po aplikaci stabilizátu a následně pak po dvou letech pro ověření případných změn. Směsi A - F byly testovány na přítomnost rizikových stopových prvků, všechny vzorky vyhovují vyhlášce MŽP ČR č. 13/1994 Sb. pro ostatní půdy. Výsledky výzkumu uvádí následující tab. 3.

Tab. 3 Doporučené dávky stabilizátu a výsledné hodnoty půdní reakce (situace po aplikaci a po dvou letech)

vzorek	dávka stabilizátu / 1 ha (t)	pH/H ₂ O (po odběru)	pH/H ₂ O (po 2 letech)
čistý stabilizát	-	12,1	nevzorkován
A	600	9,63	8,52
B	500	8,86	8,00
C	400	8,57	7,80
D	300	8,12	7,50
E	200	7,25	7,20
F	100	7,00	7,00
uhelný jílovec	0	4,11	nevzorkován

Z tabulky je patrné, že se optimální dávkování pohybuje v rozmezí 100 – 300 t/ha, pro další aplikaci lze doporučit dávku 200 t/ha.

Experiment prokázal podstatné zlepšení vlastností sterilních uhelných jílovců a metoda je i vzhledem k obrovské produkci stabilizátu velmi perspektivní. Před jejím praktickým využitím však budou třeba další, rozsáhlejší pokusy na větších plochách.

Po ukončení pokusu byla provedena plošná technická rekultivace fytotoxické plochy aplikací sprašových hlín Rekultivovanou oblast vnitřní výsypky ukazuje obr. 4.

3.3 Metody rekultivace sterilních ploch s výskytem žlutých jílovců ve svrchním horizontu

Žluté nadložní jíly tvoří svrchní horizont rekultivovaných lokalit v oblasti severočeské pánve naštěstí jen vzácně. Převážně jde o výsypkové lokality lomu Libouš.

Tyto horniny jsou zpravidla homogenní, silně vazké a slité. Vzhledem k extrémně nepříznivým fyzikálním vlastnostem a vodnímu režimu nejsou pro rekultivační využití vhodné. V jejich mineralogickém složení převládá kaolinit, montmorillonit, křemen a illit. Z hlediska chemismu jsou prakticky bezkarbonátové, půdní reakce bývá slabě alkalická až slabě kyselá, sorpční schopnost je zpravidla vysoká. Za nízký lze považovat obsah fosforu, draslík bývá většinou na úrovni hodnocení středního a obsah hořčíku na úrovni obsahu vysokého. Ze zrnitostního



Obr. 1 Fytotoxická plocha na výsypce Střimice



Obr. 2 Úspěšná rekultivace povrchu výsypky Střimice



Obr. 3 Antropogenní půdní profil vytvořený aplikací slínovců (lokalita Radovesice)



Obr. 4 Rekultivovaná plocha na vnitřní výsypce dolu Bílina

hlediska je lze považovat za extrémně jemnozrné a tedy pro rekultivační účely nevhodné. Jejich hydrofyzikální půdní vlastnosti se nemění ani po delším období po uložení na povrch výsypky. Vytvářejí trvale slitou půdní strukturu s nepříznivými infiltračními schopnostmi. V extrémních případech lze takto postižené plochy označit jako sterilní. Jejich technická i biologická rekultivace je velmi obtížná a zpravidla málo úspěšná.

Proto byla testována aplikace elektrárenského popela z elektrárny Tušimice na pokusných plochách výsypky Březno (vnější výsypka dolu Libouš). Cílem pokusu bylo zlepšení zrnitostního složení svrchního horizontu pokusných ploch. Na tři plochy o rozloze 1 ha byly navezeny elektrárenské popely v dávce 200 t/ha a pluhováním zapraveny do svrchního horizontu. Na odebraných vzorcích bylo vyhodnoceno zrnitostní složení původních žlutých jílu a vzniklé směsi. Kromě toho byl vzorek s aplikovaným popelem testován na přítomnost rizikových stopových prvků. Bylo potvrzeno, že vyhovuje vyhlášce MŽP ČR č. 13/1994 Sb. pro ostatní půdy.

Při zjišťování zrnitostního složení vzorků byla využita kombinace hustoměrné zkoušky a síťového rozboru. Po rozdružení vzorků máčením byly stanoveny obsahy na sítích 12 mm, 10 mm, 9 mm, 8 mm, 3 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm a 0,1 mm. Pro frakci pod 0,50 mm byla použita analýza na přístroji CILAS 1064 LIQID. Laboratorní rozbor provedla zkušební laboratoř č. 1078 akreditovaná ČIA dle ČSN EN 130/IEC 17025. Výsledky analýzy udává následující tab. 4.

Tab. 4 Výsledky zrnitostní analýzy žlutého jílu před a po aplikaci elektrárenského popela

horninový typ	zrnitostní kategorie I %	zrnitostní kategorie II %	zrnitostní kategorie III %	zrnitostní kategorie IV %	skelet %
žlutý jíl	76	17	1	5	1
směs po aplikaci popela	56	28	2	10	4

Zrnitostní kategorie I - frakce pod 0,01 mm

Zrnitostní kategorie IV – frakce 0,1–2 mm

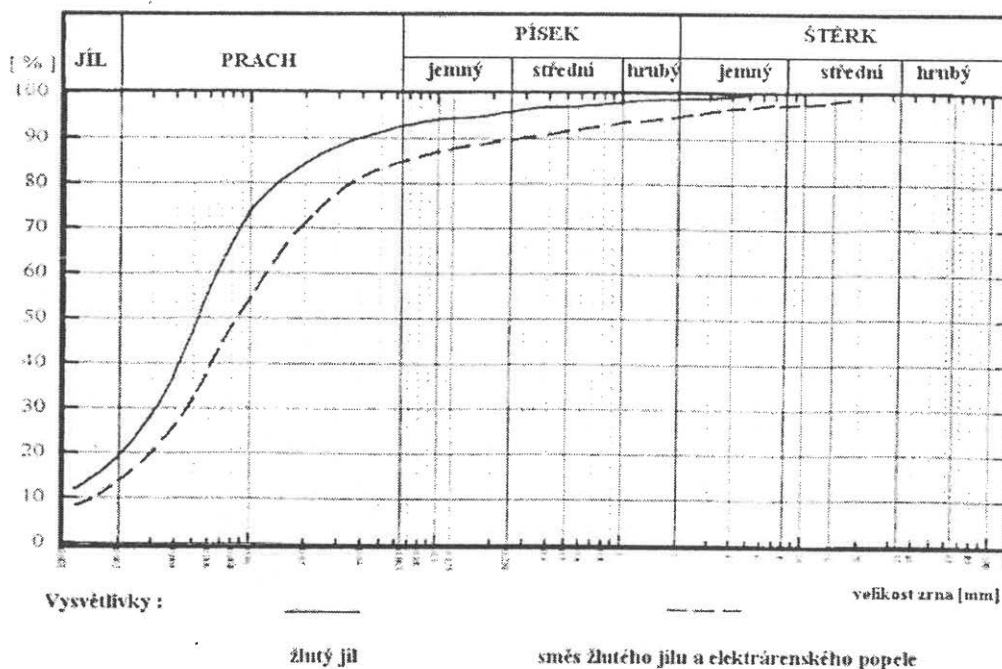
Zrnitostní kategorie II - frakce 0,01–0,05 mm

Skelet - frakce nad 2 mm

Zrnitostní kategorie III – frakce 0,05–0,1 mm

Výsledky zrnitostních analýz prokazují významné zlepšení zrnitostního složení horniny po aplikaci elektrárenského popela. Zatímco původní žlutý jíl lze zařadit ze zrnitostního hlediska do kategorie jílu, směs s elektrárenským popelem lze charakterizovat jako zeminu jílovohlinitou. Zrnitostní křivku původního žlutého jílu a vzniklé směsi ukazuje obr. 5. Dosud však nebylo vyřešeno rovnoměrné zapravení popelů do jílové vrstvy. Makroskopický popis vzorků bohužel prokázal, že popel tvoří v jílech spíše jednotlivé izolované shluky. Navzdory tomuto problému je metoda z dlouhodobého hlediska perspektivní, další výzkum bude zaměřen na vypracování optimální metodiky zapravení elektrárenského popela do svrchního horizontu rekultivovaných lokalit.

ZRNITOSTNÍ KŘIVKA



Obr. 5 Zrnitostní křivky žlutého jílu a směsi po aplikaci elektrárenského popela

V současnosti je však jedinou prakticky využívanou rekultivační metodou aplikace organických hmot (kompostů) s upraveným poměrem C : N (25) zapravených do hloubky 0,30 - 0,50 m rekultivovaného povrchu výsypky a následný dvouletý přípravný agrocyclus.

3.4 Metody rekultivace fytotoxických ploch kontaminovaných kyselými důlními vodami

Jde o plochy extrémně nevhodné pro rekultivační účely. V severočeské hnědouhelné pánvi se naštěstí vyskytují pouze výjimečně a to zejména v oblastech výchozů uhelné sloje. Půdní reakce povrchu terénu dosahuje na těchto plochách až hodnot 2 (vodní výluh). Je to způsobeno kombinací kyselých důlních vod a rozvětralé uhelné hmoty ve svrchním horizontu lokality. Pro rekultivaci těchto ploch je nutný soubor opatření uvedených v kapitole 3.1 doplněný účinným odvodněním lokality.

Příkladem fytotoxické plochy tohoto typu je oblast na jižních svazích bývalého lomu Obránců míru. Řešitelský kolektiv VÚHU, a.s., (oddělení hydrogeologie) zde v současnosti ověřuje novou metodiku úpravy plochy spočívající v aplikaci slínovců a biologickém čištění vody. Výsledky práce budou po dokončení publikovány řešiteli.

4. Závěr

Cílem tohoto příspěvku je charakteristika fytotoxických ploch severočeské pánve se zaměřením na možnosti jejich rekultivace. Jsou zde porovnány rekultivační metody využívající aplikace zúrodnitelných hornin s metodami pokusně používajícími elektrárenské stabilizáty a popely.

Jednoznačně lze konstatovat, že aplikace zúrodnitelných hornin zůstává základní metodou rekultivace fytotoxických a sterilních ploch. První dosažené výsledky pokusné aplikace alternativních hmot však prokazují, že se tyto progresivní metody mohou stát významným doplňkem aplikace zúrodnitelných hornin na řadě lokalit. Proto budou výzkumné práce v této oblasti i nadále pokračovat. Experimenty potvrzují nutnost diferencovaného přístupu k jednotlivým lokalitám založenému na důsledné analýze konkrétního stanoviště, volbě vhodného rekultivačního aditiva a promyšlené koncepci budoucího využití lokality.

Práce vznikla s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci výzkumného záměru č. MSM 4456918101 „Výzkum fyzikálně chemických vlastností hmot dotčených těžbou a užitím uhlí a jejich vlivů na životní prostředí v regionu severozápadních Čech“.

Literatura

1. Čermák, P.: Metodické podklady pro hodnocení protierozní odolnosti výsypkových zemín a vegetační nebo jinou úpravu v SHR. Zpráva, VÚMOP Praha, 1993
2. Fišera, E. a kol.: Radovesická výsypka a její začlenění do ekosystému území. Referát, konference RVM, 1992
3. Ondráček, V. a kol.: History, the present and perspectives of the Bílina mines area reclamations. Surface Mining – Braunkohle, No. 1, 2003, str. 90 – 100. ISSN 0931 - 3990
4. Řehoř, M. a kol.: Využití doprovodných surovin získaných při povrchové těžbě hnědouhelných ložisek pro rekultivaci těchto lokalit. Referát, VŠB – TU Ostrava, 2002
5. Řehoř, M. a kol.: Rekultivace fytotoxických lokalit kontaminovaných uhelnou hmotou a důlními vodami v oblasti severočeské pánve. Referát, Hornická Příbram ve vědě a technice, Příbram, 2004
6. Řehoř, M. a kol.: Application of some coal treatment products for reclamation of localities in the North Bohemian Brown Coal Basin. 21. Internacional Coal Conference, Osaka, 2004