

RNDr. M. Řehoř, Ing. M. Šafářová, Ing. T. Lang, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s.

Ing. Petr Čermák, CSc., Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha

Vytváření optimálního půdního profilu na rekultivovaných plochách severočeské pánve

Bildung eines optimalen Bodenprofils auf den rekultivierten Flächen des Nordböhmisches Beckens

Ein sehr wichtiger Bestandteil technischer Rekultivierung auf den Lokalitäten des Nordböhmisches Beckens ist das Schaffen eines optimalen Bodenprofils im Oberhorizont der Interessenflächen. Es ist von durchaus ungeeigneten Eigenschaften der auf manche Kippen versetzten Gesteine gegeben. Es zeigt sich hier breite Gesteinspalette von den Sanden mit einem minimalen Erosionswiderstand über praktisch sterile Kohletonsteine bis zu extrem kornschwierige gelbe Tone. Das Hauptziel der Bildung eines anthropogenen Bodenprofils ist deshalb eine Verbesserung der Antierosions-eigenschaften und Bodenbeschaffenheit vor einer biologischen Rekultivierung.

Für effektive Aufbereitungen des Bodenprofils ist eine gute Kenntnis des Abraumgesteines in Abbaulokalitäten sowie auch sog. Rekultivierungsadditivs – also der für Urbarmachung eines Oberhorizontes auf rekultivierten Lokalitäten nutzbarer Gesteine. Die Problematik der Bildung eines optimalen Bodenprofils auf den rekultivierten Flächen des Nordböhmisches Braunkohlenbeckens ist im Rahmen des Grantprojektes Nr. 105/01/0487 gelöst. Die Untersuchung wurde mit Probenahme aus den einzelnen Abraumschnitten in Abbaulokalitäten aufgenommen, mit anschließender Kartierung des Vorkommens von Rekultivierungsadditivs und einem experimentalen Schaffen von ausgewählten Varianten eines anthropogenen Bodenprofils auf verschiedenen Arten der Versuchsflächen.

Creation of a soil profile on reclaimed surfaces of the North-Bohemian Brown Coal Basin

A very important part of technical reclamation works in localities of the North-Bohemian Brown Coal Basin is the creation of an optimal soil profile in an upper horizon of involved areas. Basically, it is given by unfavorable properties of rocks filled on the

majority of soil tips. There appears a wide row of rocks, from sands with a minimum anti-erosion resistance over practically sterile coal claystones up to extremely yeallow clays of heavy of granularity. Therefore the main target of creation of an antropogenous soil profile isthe improvement of anti-erosion properties and the quality of soil prior to biological reclamation works.

For effective alterations of a soil profile, there is necessary a good piece of knowledge of overburden rocks in mining localities and also so-called reclamation additives – rocks usable for the fertilization of the upper horizon of reclaimed localities.

The problems concerning the creation of an optimal soil profile in reclaimed areas of the North-Bohemian Brown Coal Basin are being solved within the framework of the Grant Project No.105/01/0487. Research was commenced by taking samples from individual overburden sections of mining localities followed by mapping the occurance of reclamation additives and experimental creating selected alternatives of antropogenous soil profile on various types of experimental surfaces.

Образование оптимального почвенного профиля на рекультивированных территориях Северочешского бассейна

Очень важную часть технической рекультивации буроугольных разрезов Северочешского бассейна представляет собой образование оптимального почвенного профиля в верхнем горизонте данных площадей. Это определено весьма неблагоприятными свойствами пород укладываемых в большинство отвалов. Встречается здесь целая гамма горных пород - начиная песками с минимальной способностью против эрозии, через практически стерильные угольные аргиллиты, по экстремально зарнистые, тяжелые желтые илы. Главная цель создания антропогенного почвенного профиля поэтому заключается в улучшении противозерозивных свойств и

качества грунта до начала биологической рекультивации.

Для эффективного приспособления почвенного профиля необходимо хорошо знать вскрышные породы отдельных разрезов и так наз. рекультивационных адитивов, т.е. пород используемых для достижения плодородности верхнего горизонта рекультивируемых угольных разрезов. Проблематика образования оптимального почвенного профиля на рекультивационных участках Северо-ешского бурогоугольного бассейна решится в рамках грантового проекта 105/01/0487. Исследование началось отбором проб из отдельных вскрышных уступов разрезов, после чего были созданы карты наличия рекультивационных адитивов и осуществлялось экспериментальное создание выбранных вариантов антропогенного почвенного профиля на различных типах экспериментальных участков.

Vytváření optimálního půdního profilu na rekultivovaných plochách severočeské pánve
Velmi důležitou součástí technické rekultivace lokalit severočeské pánve je

vytváření optimálního půdního profilu ve svrchním horizontu zájmových ploch. Je to dáno vesměs nepříznivými vlastnostmi hornin zakládáných na většinu výsypek. Objevuje se zde široká škála hornin od písků s minimální protierozní odolností přes prakticky sterilní uhelné jílovce po extrémně zrnitostně těžké žluté jíly. Hlavním cílem tvorby antropogenního půdního profilu je proto zlepšení protierozních vlastností a kvality zeminy před biologickou rekultivací.

Pro efektivní úpravy půdního profilu je nutná dobrá znalost skrývkových hornin těžebních lokalit i takzvaných rekultivačních aditiv – tedy hornin využitelných pro zúrodnění svrchního horizontu rekultivovaných lokalit.

Problematika vytváření optimálního půdního profilu na rekultivovaných územích SHP je řešena v rámci grantového projektu číslo 105/01/0487. Výzkum byl zahájen odběrem vzorků z jednotlivých skrývkových řezů těžebních lokalit, na které navázalo mapování výskytu rekultivačních aditiv a experimentální tvorba vybraných variant antropogenního půdního profilu na různých typech pokusných ploch.

Jednou z nejvýznamnějších součástí technické rekultivace lokalit severočeské pánve je vytváření optimálního půdního profilu ve svrchním horizontu zájmových ploch. Cílem tohoto opatření je zlepšení protierozních vlastností a kvality zeminy před biologickou rekultivací.

Závažnost tohoto opatření plyne z vesměs nepříznivých vlastností hornin zakládáných na většinu výsypek severočeské pánve. Velmi často se na povrchu výsypek objevuje heterogenní směs písků, kaolinitických jílovitých písků a kaoliniticko-illitických jílu, v nichž tvoří příměsi organická (uhelná) hmota, siderit a pyrit. Tyto horniny jsou mechanicky nestabilní vůči větrné i vodní erozi a probíhajícím zvětráváním získávají nepříznivý, kyselý charakter. Běžný je rovněž výskyt extrémně zrnitostně těžkých žlutých jílovců a ojediněle se na povrchu rekultivovaných lokalit objevují dokonce i sterilní až fytotoxické uhelné jílovce ze slojového souvrství. I nejvhodnější šedé nadložní jílovce vyžadují alespoň dílčí aplikaci kompostů.

Pro efektivní úpravy půdního profilu je nutná dobrá znalost takzvaných rekultivačních aditiv – tedy hornin využitelných pro zúrodnění svrchního horizontu rekultivovaných lokalit. Jejich význam a rostoucí potřebu již prokázal postupný rozvoj rekultivačních prací.

Problematika vytváření optimálního půdního profilu na rekultivovaných územích SHP je řešena v rámci grantového projektu číslo 105/01/0487. Výzkum byl zahájen odběrem vzorků z jednotlivých skrývkových řezů těžebních lokalit, na které navázalo mapování výskytu rekultivačních aditiv a experimentální tvorba vybraných variant antropogenního půdního profilu na různých typech pokusných ploch. Výzkum

se soustřeďuje na centrální část pánve a tedy oblasti těžebních lokalit Bílina, Vršany, ČSA a Libouš. Z hlediska složení zakládáných hornin je situace nejsložitější na některých lokalitách Dolů Bílina. Proto je v této etapě výzkumu kladen na lokalitu Bílina největší důraz.

V příspěvku jsou stručně charakterizovány hlavní typy skrývkových hornin, dostupná rekultivační aditiva a způsoby jejich využití při tvorbě optimálního půdního profilu.

Stručná charakteristika skrývkových hornin centrální části SHP

V této kapitole jsou stručně charakterizovány z hlediska rekultivační využitelnosti hlavní typy skrývkových hornin, které se vyskytují na plochách určených k rekultivaci.

- horniny kvartéru (ornice, hlíny, sprašové hlíny, spraše, štěrky)

Kvartérní horniny se vyskytují na všech těžebních lokalitách, jejich mocnost se pohybuje přibližně v rozmezí 0 – 10 m. Na rekultivovaných lokalitách se vyskytují jen výjimečně. Je to dáno jednak jejich zanedbatelným objemem oproti terciérním horninám, dále pak faktem, že ornice, sprašové hlíny, spraše a v některých případech i těrky jsou selektivně skrývány a dále využívány.

- nadložní žluté jíly (nadložní vrstvy)

Vyskytují se pouze na lokalitách Vršany, kde reprezentují celé nadložní souvrství (mocnost cca 0 – 20 m) a na dole Libouš, kde tvoří jeho svrchní horizont (mocnost cca 10 m). Jde zejména o jíly žluté až žlutohnědé barvy. Jejich chemismus je podobný jako u šedých nadložních jílů, podstatně horší jsou ale fyzikální vlastnosti. Zejména jejich zrnitostní složení je zpravidla extrémně jemné, často jde o fyzikální jíl. Ve svrchním horizontu rekultivovaných lokalit se vyskytují vzhledem k jejich malému zastoupení ve skrývkových řezech jen vzácně. V rámci technické rekultivace lze doporučit jejich vylehčení zapravením vhodného rekultivačního aditiva (optimální je písek, byly prováděny experimenty i s elektrárenským popelem) a následná aplikace kompostu.

- nadložní šedé kaoliniticko-illitické jílovce (nadložní vrstvy)

Vyskytují se na všech hodnocených lokalitách s výjimkou dolu Vršany. Leží pod horizontem žlutých jílů (pokud není zastoupen, tvoří svrchní horizont terciéru). Tvoří svahy budoucího jezera Most, jde o nejvýznamnější skrývkový horizont dolů ČSA a Libouš, v menší míře se objevují i na dole Bílina. Prakticky se nevyskytují na dole Vršany. Jde zejména o jíly, jílovce až prachovité jílovce hnědé až šedohnědé barvy. Oproti kvartéru vykazují horší vlastnosti (zejména sorpční schopnosti), lze je však přímo využít pro lesnickou rekultivaci. Doporučuje se aplikace kompostu.

- šedé písčité jílovce a prachovce (horniny delty)

Tvoří nejvýznamnější skrývkový horizont dolů Bílina a Vršany. Na ostatních těžebních lokalitách se prakticky nevyskytují. Jde především o písčité jílovce až jílovité písky. Horniny jsou výrazně hrubozrnné. Z mineralogického hlediska se objevuje křemen, z jílových minerálů převažuje kaolinit nad illitem, karbonáty se vyskytují jen výjimečně. Celkově je obsah jílových minerálů nízký. Horniny se vyznačují neutrální až slabě alkalickou půdní reakcí, z přijatelných živin lze označit za nízký obsah fosforu, sorpční schopnost půdy je nízká až střední. Fyzikální i hydrofyzikální půdní vlastnosti těchto zemín po vytěžení a nasypání jsou sice příznivé, ale časově velmi proměnné. V poměrně krátké době u nich dochází k výraznému zhoršení uvedených půdních charakteristik. Vyskytne-li se tento horninový typ v půdním profilu při povrchu rekultivované lokality, je potřebná jeho rekultivační úprava. Aplikace kompostu se doporučuje vždy, aplikace dalších rekultivačních aditiv v případě vysokého podílu písčité složky.

- písky

Jejich zdrojem jsou četné písečné čočky v jílovcích a prachovcích deltové sedimentace. Objevují se prakticky výhradně ve skrývkových řezech dolů Bílina a Vršany. Z hlediska fyzikálních i chemických vlastností mohou být značně heterogenní, často obsahují i značný podíl jílovitých příměsí. V případě obsahu výraznějšího podílu prachových částic jde o kuřavkové písky, které mají extrémně nepříznivé hydrofyzikální půdní vlastnosti. Zbarvení písku v původním stavu bývá značně proměnlivé. V minerálním složení výrazně převládá křemen. Mají velmi nízký obsah přijatelných živin, velmi nízkou sorpční schopnost půdy, jsou bezkarbonátové a ve většině případů neobsahují toxické příměsi. Půdní reakce může být neutrální až silně kyselá (v případě poloh vyskytujících se nad uhelnou slojí). V případě výskytu písku v půdním profilu při povrchu rekultivované lokality je vždy nutná aplikace kompostu a dalších rekultivačních aditiv.

- sterilní písčité až uhelné jílovce a písky s uhelnou hmotou (skrývkové horniny uhelné sloje)

Jde o skrývkové horniny slojových vrstev. Mohou se vyskytnout na všech těžebních lokalitách, ve větší míře se však objevují pouze na dolech Vršany a zejména Bílina. Většinou se jedná o heterogenní směs hornin texturálně lehčích písčitohlinitých až písčitých s příměsí porcelanitů a s vysokým podílem uhelné hmoty, limonitizovaného pískovce, pyritu, a místy i sideritu. Vyznačují se nízkým obsahem přijatelných živin (fosfor, draslík) a silně kyselou půdní reakcí. Větrání zastoupených uhelných příměsí podmiňuje jejich extrémně nepříznivé hydrofyzikální půdní vlastnosti i chemické vlastnosti. Jde o sterilní až fytotoxické horniny, v případě jejich výskytu ve svrchním horizontu rekultivovaných lokalit je nutné převrstvení rekultivačním aditivem.

V rámci řešení grantového úkolu byl zjišťován petrografický a mineralogický charakter stratigrafických horizontů ležících v postupu jednotlivých povrchových dolů severočeské pánve. Výsledky udává následující tabulka 1.

Tabulka 1: Mineralogické složení hornin nadloží uhelné sloje v SHP

lokalita	stratigrafický horizont	charakter horniny	mineralogické složení
důl Bílina	kvartér	jílovité hlíny, sprašové hlíny, spraše, štěrky	křemen, kaolinit, illit, stopy živců, kalcitu, montmorillonitu
	libkovické souvrství	šedé jílovce	křemen, kaolinit, illit, stopy sideritu
	deltově–písčité souvrství	šedé prachovité jílovce, písčité jílovce, písky	křemen (převládající), kaolinit, illit, příměs sideritu, stopy uhelné hmoty
	nadslojový horizont	šedé jílovce, prachovité jílovce	křemen, kaolinit, illit, příměs sideritu, stopy uhelné hmoty
důl Vršany	kvartér	jílovité hlíny, sprašové hlíny, spraše, štěrky	křemen, kaolinit, illit, stopy živců, kalcitu,
	nadložní vrstvy	žlutohnědé plastické jílovce	křemen, kaolinit, illit, stopy sideritu, stopy goethitu
	svrchní meziloží	šedé prachovité jílovce, písčité jílovce, písky	křemen (převládající), kaolinit, illit, příměs sideritu, příměs dolomitu, příměs uhelné hmoty
	spodní meziloží	šedé prachovité jílovce, uhelné jílovce	křemen, kaolinit, illit, stopy sideritu, uhelná hmoty
důl ČSA	kvartér	hlíny, jílovité hlíny, štěrky	křemen, kaolinit, illit, stopy živců
	nadložní vrstvy	šedé jílovce, místy sideritické	kaolinit, illit, křemen, příměs sideritu (místy výrazná)
důl Libouš	kvartér	hlíny, jílovité hlíny, štěrky	křemen, kaolinit, illit, stopy živců, stopy montmorillonitu
	nadložní vrstvy	žlutohnědé plastické jílovce s hloubkou přecházející do šedých, místy sid. jílovců	kaolinit, illit, křemen, příměs montmorillonitu (s hloubkou ubývá), stopy sideritu, kalcitu

Geologická situace hornin využitelných pro rekultivační účely a příklady jejich využití

Pro stanovení optimální metodiky tvorby půdních profilů je nutná dobrá znalost dostupných rekultivačních aditiv, která lze zapravit do povrchu rekultivovaných lokalit.

Horniny využitelné pro rekultivační účely se nacházejí zejména v kvartérních vrstvách, objevují se však též v souvrství uhelných slojí a jeho podloží. V nadložním souvrství nebyly zjištěny. Pro jejich racionální využití je důležité, aby se vyskytovaly v horizontech dobývaných jako skrývka při těžbě uhlí.

Nejvýznamnějšími horninami využívanými pro rekultivační účely jsou ornice, spraše a sprašové hlíny, slínovce a bentonity. Situování jejich lokalit v severočeské pánvi je ukázáno na obrázku 1. Podstatně menší je význam organických hmot s výjimkou kompostů, jejichž význam stále roste. V tomto příspěvku jsou rovněž okrajově zmíněny zeolity, třebaže se v severočeské pánvi nevyskytují těžitelné akumulace.

Ornice

Ornice tvoří v předpolí těžebních lokalit zpravidla nespojitě polohy o mocnosti 0,2 – 0,45 m, výjimečně až 1 m. Největšími zásobami ornice disponují Doly Bílina

a Doly Nástup Tušimice, poněkud horší je situace na těžebních lokalitách Mostecké uhelné společnosti. Ornice je přímo využitelná pro zemědělskou i lesnickou rekultivaci, takže je při těžbě skrývkových hornin selektivně deponována.

Tato kategorie zúrodnitelných zemin představuje nejcennější půdotvorné substráty kvartérního geologického původu, které by měly být využívány výhradně pouze pro zemědělské rekultivační účely.

Ornice je zpravidla zrnitostně vyrovnaná, obsah frakce pod 0,01 mm se pohybuje v rozmezí 30 % - 50 %. Je pro ní charakteristické zastoupení křemene, kaolinitu, illitu, stop živce, kalcitu, ojediněle montmorillonitu.

Ornice je široce využívána na všech lokalitách severočeské pánve, nezastupitelná je zejména při zemědělské rekultivaci.

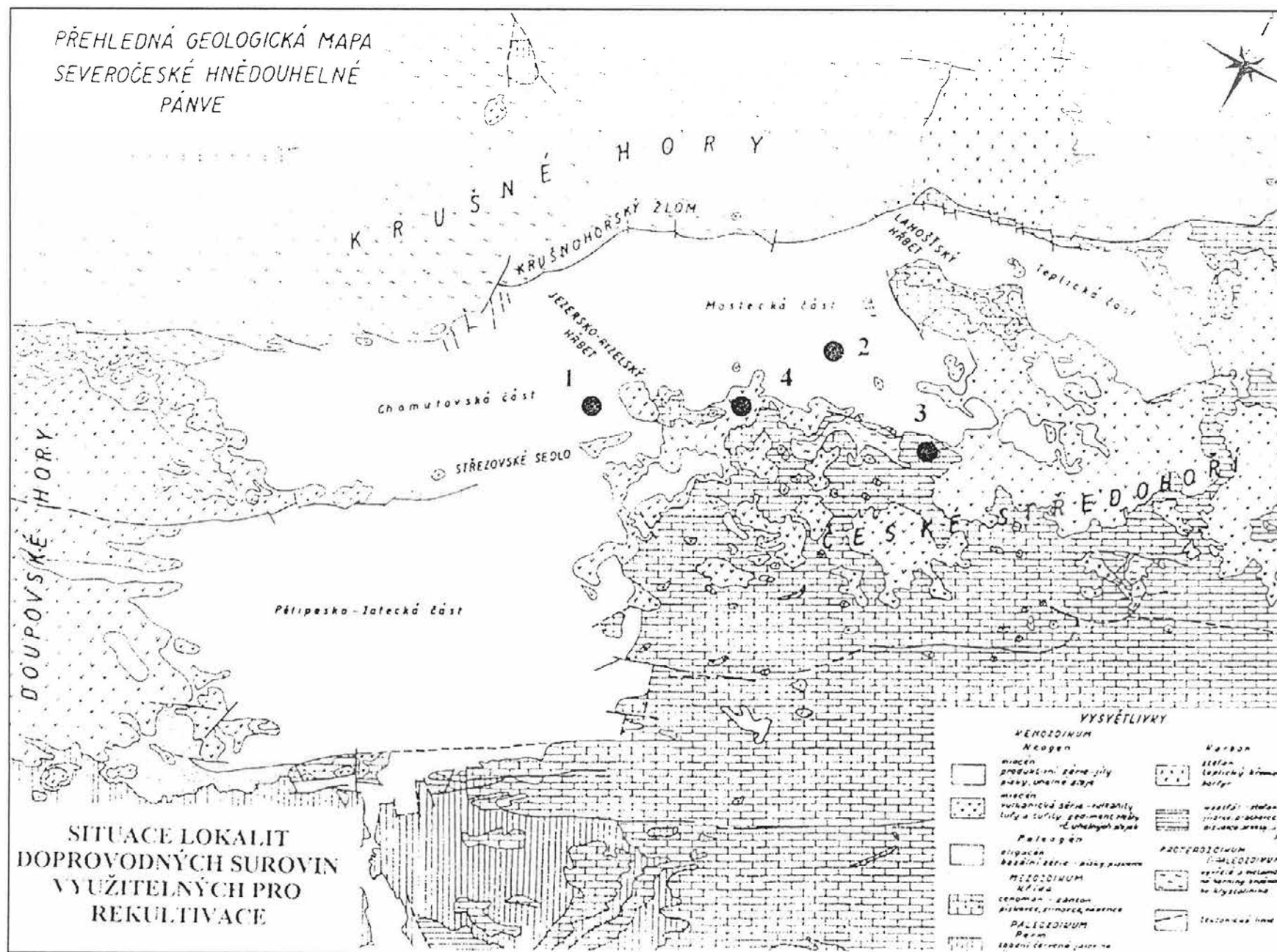
Spraše a sprašové hlíny

Spraše a sprašové hlíny tvoří nespojitě polohy v předpolí dolů Bílina (lokalita 1 na obrázku) a Vršany (lokalita 2 na obrázku). Z hlediska zásob i kvality je situace lepší na lokalitě Vršany. Polohy spraší dosahují mocnosti 1 - 2 m, zcela výjimečně až 8 m. Jsou ve velkých objemech využívány jako rekultivační aditivum zejména při lesnické rekultivaci. Při vyhledávání jejich akumulací a následné selektivní těžbě nelze prakticky oddělit spraše od sprašových hlín. Významné zásoby spraše byly zjištěny též v předpolí bývalého dolu Chabařovice. Vzhledem k ukončení těžby uhlí a probíhající hydrologické rekultivaci však dnes již nejsou ložiskově zajímavé.

Sprašové hlíny tvoří nejrozšířenější kategorii kvartérních půdních substrátů, která je v současné době využitelná pro potřeby lesnických rekultivací. Od pravých spraší se liší zejména nižším obsahem CaCO_3 , zrnitostním složením a zastoupením jílových minerálů (převažuje kaolinit). Texturálně těžší sprašové hlíny (převažuje podíl jílovitých částic) se vyznačují již nepříznivými fyzikálními i hydrofyzikálními půdními vlastnostmi. Ve většině případů se jedná o zeminy jílovitohlinité, slabě alkalické, slabě vápnité (1-3 % CaCO_3), popřípadě i zcela odvápněné. Za nízký lze označit obsah přijatelného fosforu i organické hmoty. V zrnitostním složení spraší převažuje podíl prachových částic nad jílovitými. Půdní reakce je slabě alkalická, obsah CaCO_3 se vždy pohybuje nad 5 %. Sorpční schopnost horniny je střední až vysoká v závislosti na výskytu jílových minerálů. Pro spraše je charakteristické zastoupení křemene, kaolinitu, illitu, kalcitu a stopových obsahů montmorillonitu.

Příkladem úspěšné aplikace spraší a sprašových hlín je rekultivace vnitřní výsypky dolu Bílina. Její budování začalo v letech 1979 – 1980, celková předpokládaná výměra činí 438,3 ha. Dle požadavků metodiky využívání zúrodnitelných zemin a hornin byly na základě znalosti charakteru skrývkových hornin dolu Bílina a postupu zakládání určeny jednotlivé horninové typy vyskytující se v tělese výsypky a následně oblasti s potřebou aplikace spraší.

V souladu s metodikou využívání zúrodnitelných zemin a hornin byla pro území s projektovanou lesnickou rekultivací aplikována spraš a sprašové hlíny v množství $1500\text{--}2000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Ta byla promísena křížovou orbou s výsypkovou zeminou do hloubky 0,3-0,4 m. Sklon rekultivovaného povrchu výsypky činil maximálně 16 % (1:6). Jako doplňující rekultivační opatření byly aplikovány komposty s upraveným poměrem C : N (25) v dávce $400 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zapravené do 0,30 m rekultivovaného povrchu.



Obr. 1 Situace doprovodných surovin využitelných pro rekultivace

výsypky a zahájen následný dvouletý přípravný agrocyklus (pěstování plodin na zelené hnojení).

Charakteristika takto vznikajícího půdního profilu je průběžně sledována. V rámci výzkumných prací probíhá odběr a laboratorní rozbory vzorků z kopaných sond. Vlastnosti půdního profilu po aplikaci spraší ukazuje následující tabulka 2.

Tabulka 2: Vlastnosti rekultivovaného půdního profilu

Sonda S1 -interval odběru (m)	N (%)	org. látky (%)	CaCO ₃ (%)	pH	přijatelné živiny (%)			Sorpce mekv/100 g (%)		
					P	K	Mg	S	T	V
0,00-0,35	0,08	1,15	4,78	7,25	4	267	1055	14	14	100
0,35-0,60	0,02	2,13	0,47	7,14	1	21	683	7,6	9,3	81,7

Slínovce

Jedinou těženou lokalitou slínovců v oblasti severočeské pánve jsou slínovce křídového stáří tvořící geologický povrch erozního údolí v podloží Radovesické výsypky (lokalita 3 na obrázku). Navzdory horším vlastnostem oproti spraším byly použity při rekultivaci Radovesické výsypky. Těžba slínovců totiž probíhala v bezprostřední blízkosti výsypky, což podstatně snížilo náklady.

Slíny a slínovce využívané při rekultivaci jsou tvořeny směsí kalcitu, křemene, illitu a kaolinitu. Zrnitost je ovlivněna obsahem kalcitu a u čerstvých slínovců tvoří značný podíl štěrk až kameny. Obsah kalcitu kolísá cca mezi 40-55 %. Půdní reakce ve vodním výluhu bývá zpravidla slabě zásaditá, hodnoty sorpční kapacity a přijatelných živin jsou nízké.

Jediným příkladem úspěšné aplikace slínovců pro rekultivační účely je právě Radovesická výsypka. Její budování začalo roku 1964. Byla situována do katastrálního území osad Radovesice, Kostomlaty a Světec. Má protáhlý tvar od jihovýchodu k severozápadu a její území spadá do vlastní vrchoviny Českého středohoří. Jde o nejrozsáhlejší dosud provozovanou výsypku Dolů Bílina. Při její rekultivaci byla využívána metodika RNDr. Fišery. Meliorace povrchu výsypky Radovesice začínala návozem 0,3 m slínovců na určenou plochu a zaoráním pluhem do hloubky 0,5-0,7 m. Vzhledem k ulehlosti výsypky, kamenitému charakteru slínovců a požadované hloubce zaorání šlo o technicky nejnáročnější moment rekultivace. Orbou se na povrch opět dostaly výsypkové materiály, ty byly opět povezeny 0,3 m slínovců a zaorány do hloubky 0,7-1,0 metrů. Tím do směsi vstoupil původně zaoraný slínovec a byl získán finální směsný kořenící horizont o skutečné hloubce 0,6-1,0 metrů. První úpravy části plochy výsypky byly dokončeny již na jaře 1991.

Vlastnosti vznikajícího kořenícího horizontu jsou dlouhodobě průběžně sledovány. V současnosti probíhá výzkum pokusných ploch, na nichž je aplikováno různé množství slínovců různým způsobem (se zaoráním a bez zaorání), případně s překryvem dalšími horninami. V současnosti byly aplikované dávky slínovců výrazně sníženy a důsledněji se dbá na homogenizaci slínovce a výsypkové zeminy. Vlastní

práce probíhají v souladu s platnou metodikou aplikaci zúrodnitelných hornin, která byla vypracována autory příspěvku ve spolupráci s pracovníky Dolů Bílina.

V rámci výzkumných prací probíhá odběr a laboratorní rozbory vzorků z kopaných sond. Vlastnosti půdního profilu po aplikaci slínovce ukazuje následující tabulka 3.

Tabulka 3: Vlastnosti rekultivovaného půdního profilu

sonda S1 -interval odběru (m)	N (%)	org. látky (%)	CaCO ₃ (%)	pH	přijatelné živiny (%)			sorpce mekv/100 g (%)		
					P	K	Mg	S	T	V
0,00-0,30	0,12	0,83	9,41	7,93	1	148	96	16,8	16,8	100
0,30-0,90	0,09	0,44	39,42	8,25	0	112	26	15,6	15,6	100
pod 0,90	0,10	1,03	1,068	7,90	0	196	269	7,9	7,9	100

Bentonity

Jediná významná ložiska bentonitu v oblasti severočeské pánve jsou soustředěna v okolí Braňan. Hlavní těžba suroviny pro továrnu v Obrnicích byla vázaná na ložisko Černý vrch na náhorní plošině nad údolím Bíliny mezi Obrnicemi a Braňany (lokalita 4 na obrázku). Další významnější lokalitou je Rokle u Kadaně.

Surovina z braňanského ložiska byla použita při jediné masivní aplikaci bentonitu pro rekultivaci výsypky. V historii českých rekultivací šlo o první významné použití rekultivačního aditiva.

Střimická výsypka je umístěna východně od Mostu. Byla sypána v letech 1959-1973. Rozloha temene výsypky činí 160 ha a nadmořská výška dosahuje 330 metrů nad mořem. Původní lesnická rekultivace proběhla v roce 1967. Vzhledem k nepříznivým změnám povrchové zóny výsypky výsadba prakticky vyhynula. Současně se projevil značný vliv erozních jevů. Na návrh BPT pak byly využity k rekultivaci bentonity z lomu Černý vrch. Rekultivace byla zahájena v roce 1974. Vrstva navážených bentonitických zemín byla stanovena na 50 cm. Po zaorání bylo provedeno zatravnění a později zalesnění. V roce 1988 byla zahájena zemědělská rekultivace na pláni výsypky o celkové výměře 89 ha.

V rámci výzkumných prací byla ve spolupráci Dolů Bílina, VÚHU Most a VÚMOP Praha zjišťována úspěšnost zvolené metodiky rekultivace. Na výsypce Střimice bylo odebráno celkem 9 vzorků ze tří sond. Rozbory prováděla laboratoř VÚHU, a.s. Podařilo se odlišit svrchní vrstvu tvořenou ornici (event. směsí ornice a bentonitu), střední vrstvu tvořenou bentonitem (event. směsí jílu a bentonitu) a původní materiál výsypky. Svrchní vrstva je z mineralogického hlediska tvořena křemenem, kaolínem, illitem, montmorillonitem. Občas se vyskytuje příměs živců, muskovitu. Chemismus je poměrně příznivý. Půdní reakce je neutrální, sorpce T střední až vysoká (dle obsahu bentonitu), obsah kalcitu kolísá. Obsah dusíku je nízký, obsah humusu střední. Obsah přijatelných živin je u fosforu nízký, u hořčíku a draslíku střední až vysoký. Ze zrnitostního hlediska jde o zeminy poněkud hrubozrnné, lze je charakterizovat jako písčitohlinité až hlinité. Pro rekultivační účely jsou přijatelné.

Střední vrstva je tvořena převážně bentonitem. V mineralogickém složení tomu odpovídá výraznější podíl montmorillonitu. Půdní reakce je slabě zásaditá, sorpce T vysoká (s rostoucím obsahem montmorillonitu), roste obsah kalcitu. Obsah dusíku i humusu je nízký. Obsah přijatelných živin mírně stoupá oproti svrchní vrstvě. Ze zrnitostního hlediska jsou vzorky mírně hrubozrnné, odpovídají písčitohlinitým až hlinitým zeminám. Původní materiál výsypky je tvořen žlutými jíly s úlomky uhlí. Pro rekultivační účely jsou krajně nevhodné.

Výsledky potvrzují úspěšnost zvolené metody rekultivace výsypky Střimice. Dokumentuje to tabulka 4. S ohledem na současnou tržní cenu suroviny však dnes prakticky nelze tento způsob rekultivace aplikovat.

Tabulka 4: Vlastnosti rekultivovaného půdního profilu

sonda S1 -interval odběru (m)	N (%)	org. látky (%)	CaCO ₃ (%)	pH	přijatelné živiny (%)			sorpce mekv/100 g (%)		
					P	K	Mg	S	T	V
0,00-60	0,07	1,24	0,98	6,79	10	190	102	13,4	19,7	68
0,60-0,90	0,07	0,68	9,93	8,23	1	218	949	36,3	36,3	100
pod 0,90	0,15	2,94	0,24	4,50	1	103	304	3,1	8,2	39

Organické hmoty včetně kompostů

Jedinou zemědělsky využitelnou doprovodnou surovinou ze souvrství uhelných slojí jsou v severočeské hnědouhelné pánvi oxyhumolity. Polohy oxyhumolitu byly zjištěny na lokalitách MUS, a.s. (Vršany) a DNT (Libouš, Merkur). Největší význam však má stále historické ložisko Václav u Duchcova těžené Doly Bílina.

Humitany získávané ze suroviny mají v zemědělství velký význam jak samostatně, tak i ve směsi s dalšími hnojivy. V rámci technické rekultivace se však nemohou uplatnit s ohledem na relativně vysokou cenu při obrovském objemu používaných aditiv.

V poslední době naopak stále roste význam směsi odpadních krátkých celulóзовých papírenských vláken a biologických kalů SEPAP, a.s. Štětí, doplněné kůrou ze suchého odkornění. Uvedená směs je využívána jako základní organické hnojivo před výsadbou, má i výborné protierozní účinky. Je využívána na většině rekultivovaných ploch severočeské pánve. Obvyklé dávkování činí cca 200 – 600 t/ha dle sklonu svahu a charakteru hornin svrchního horizontu.

Vulkanity Českého středohoří

V poslední době se na trhu objevují hnojiva, jejichž základní složkou jsou mleté vulkanity Českého středohoří. V podstatě jde o doprovodnou surovinu získávanou v lomech při těžbě těchto hornin.

Výhodou těchto hnojiv je především vysoký obsah některých přijatelných živin (hořčík, draslík), pro který se výhledově mohou dobře uplatnit při revitalizaci

degradovaných půd Krušných hor. Jejich případné uplatnění při tvorbě půdních profilů z hornin severočeské pánve však bude pouze doplňkové. Důvodem je absence organické složky, nulový protierozní účinek a relativně vysoká cena.

Zeolity

Donedávna byly zeolity pouze ozdobou muzejních sbírek a předmětem zájmu sběratelů. Tento pohled byl však v posledních letech pozměněn a zeolity se stávají rovněž vysoce důležitou surovinou. Pro vysoký obsah živin a vynikající sorpční schopnosti jsou stále důležitější ve filtrační technice, v zemědělství a při rekultivaci a revitalizaci krajiny.

Vzhledem k velkému počtu lokalit zeolitů v širším okolí severočeské pánve je účelné jejich celkové posouzení zejména z hlediska potenciálního ložiskového významu.

V Českém středohoří jsou známy stovky lokalit zeolitů, z nichž některé mají značný mineralogický význam. Ani jedno z nich bohužel dle dnešních ekonomických kritérií nemá charakter ložiska. Lokality tvoří obvykle činné lomy, kde je užitkovým nerostem příslušný vulkanit.

Případný výskyt zeolitů v jílovitých sedimentech v nadloží uhelné sloje, eventuálně v tufitech a tufitických jílovcích by mohl mít podstatně větší ložiskový význam než atraktivní mineralogické výskyty v dutinách vulkanitů Českého středohoří. Průzkum zaměřený přímo na zeolity v severočeské pánvi prakticky neprobíhal, mineralogické složení sedimentů je však relativně dobře známo zejména na základě výsledků průzkumů skrývkových hornin povrchových dolů za účelem stanovení jejich geomechanických vlastností a rekultivační využitelnosti. Z výsledků plyne, že nález ložiska zeolitů v nadloží uhelné sloje je v oblasti severočeské pánve velmi nepravděpodobný (jiná situace je v oblasti sokolovské pánve, to však není předmětem tohoto příspěvku). Podstatně méně je prozkoumána mineralogie hornin podloží uhelné sloje. I zde však lze konstatovat jen ojedinělé mineralogické výskyty, které nemají praktický význam. Jako příklad lze jmenovat nálezy drobně krystalického analcimu v dutinách vulkanitu i hnědé analcimové žilky ve fonolitovém tělese Kočičího vrchu v bývalém dole Ležáky.

Metodika tvorby antropogenních půdních profilů na lokalitách SHP

Z výše uvedených poznatků a zkušeností vyplynuly první postupy tvorby půdního profilu na rekultivovaných lokalitách. Ty se pochopitelně zásadně liší podle charakteru výsypkové horniny a požadované biologické rekultivace.

Lesnická rekultivace

Dle charakteru hornin svrchního horizontu rekultivované lokality lze doporučit následující varianty postupu:

Varianta 1

Tuto variantu lze doporučit v případě hornin klasifikovaných na základě provedených laboratorních analýz porušených půdních vzorků jako písky nebo fytotoxické zeminy. V tomto případě je požadována aplikace slinitých hornin nebo bentonitických zemin v množství $3000 - 3500 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ následnou homogenizací (promíslením) 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 bude zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

Varianta 2

Je alternativou předcházející varianty. Jde o převrstvení 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 (texturně 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 (pěstování plodin na zelené hnojení). Po jeho ukončení bude zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

Varianta 3

Lze ji doporučit u ostatních výsypkových zemin, kde jsou hlavními negativními půdními charakteristikami fyzikální a protierozní vlastnosti. V tomto případě je možné k rekultivačním účelům využít všechny dostupné zúrodnitelné zeminy a horniny (sprašové hlíny, slinité horniny, bentonitické horniny) aplikované v množství $1500 - 2000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Podmínkou je promíslení křížovou orbou nebo homogenizací s výsypkovou zeminou do hloubky 0,3 - 0,4 m. 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 bude zahájena podzimní výsadba lesních sazenic.

Varianta 4

Lze ji doporučit v případě hornin klasifikovaných na základě provedených laboratorních analýz porušených půdních vzorků jako nadložní šedé kaoliniticko-illitické jíly. Na lokalitách dolů Bílina a Vršany jde o vzácnou variantu, jinde jsou tyto horniny hojnější. V tomto případě lze doporučit aplikaci 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. Následuje dvouletý přípravný agrocyklus (pěstování

plodin na zelené hnojení). Sklon rekultivovaného povrchu výsypky je přípustný maximálně do 16 % (1 : 6).

Zemědělská rekultivace

V případě zemědělské rekultivace lze doporučit sklon rekultivovaného povrchu výsypky od 3 - 8 % (1:33 - 1:12). Může být jednostranný i vícestranný. Z hlediska úpravy svrchního horizontu lokality jsou požadována následující opatření:

- v případě výskytu písků nebo fyto toxických hornin je nutná úprava chemických půdních vlastností těchto zemín homogenizací (promíslením) nebo křížovou orbou do hloubky cca 0,5 m, se slinitými nebo bentonitickými horninami aplikovanými v množství 1500 - 2000 m³.ha⁻¹.
- dalším opatřením je převrstvení technicky upraveného a stabilizovaného povrchu výsypky 0,6 m ornice tak, aby po ulehnutí byla zaručena vrstva 0,5 m
- jako další rekultivační opatření je požadován pětiletý agrocyklus (pěstování plodin na zelené hnojení, úprava půdní reakce, obsahu humusu a přijatelných živin. Aplikace zpracovaných osevních postupů VÚMOP Praha).

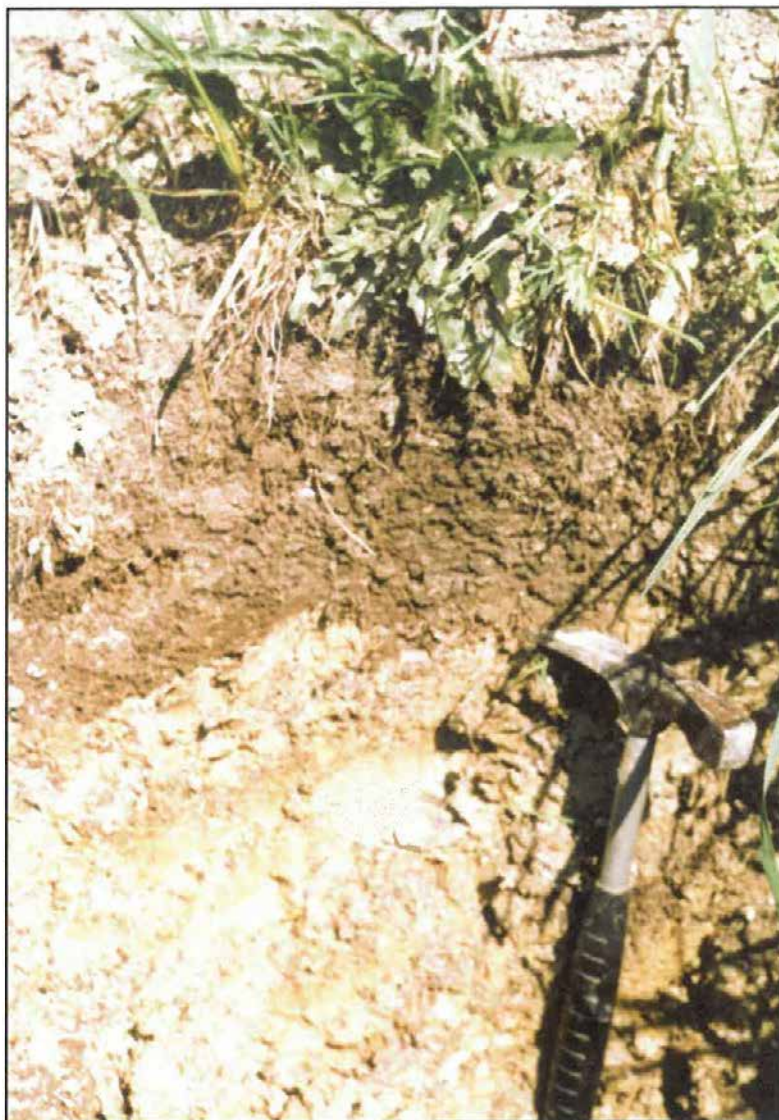
Závěr

Cílem tohoto příspěvku je provedení klasifikace hlavních typů skrývkových hornin severočeské pánve z hlediska rekultivační využitelnosti, hodnocení dostupných rekultivačních aditiv a ukázka navržených postupů pro pedologický průzkum a tvorbu optimálního antropogenního půdního profilu.

Promyšlené využívání rekultivačních aditiv, zejména ornice, spraší, slínovců a bentonitů je dnes typické zejména pro Doly Bílina, jejichž území jsou z hlediska obtížnosti rekultivačních prací nejnáročnější. Dostupné typy rekultivačních aditiv jsou však dnes využívány na všech těžebních lokalitách.

Vedle ornice se v současné době jeví pro rekultivaci lokalit severočeské pánve jako nejvýznamnější akumulace spraší a sprašových hlín v předpolí dolu. Zejména na lokalitách s předpokládanou lesnickou rekultivací jsou tyto suroviny nezastupitelné. Dalším aditivem, které je v současné době zcela nezbytné a jehož význam stále stoupá, jsou směsi odpadních krátkých celulóзовých papírenských vláken a biologických kalů SEPAP, a.s. Štětí, doplněné kůrou ze suchého odkornění. Slínovce jsou ve velké míře využívány při rekultivaci výsypky Radovesice, s jejich aplikací se do budoucna počítá i na vnitřní výsypce DB. Bentonity byly velmi úspěšně využity při rekultivaci výsypky Střimice, dalším aplikacím však brání vysoká tržní cena suroviny. Vysoká cena spolu s potřebou velkých objemů suroviny brání rovněž významnějšímu využití oxyhumolitů. Lokality zeolitů zjištěné v severočeské pánvi a jejím okolí mají pouze mineralogický význam a objev ložiskových akumulací je velmi nepravděpodobný. U hnojiv, jejichž základní složkou jsou mleté vulkanity Českého středohoří, lze čekat v budoucnu uplatnění spíše při revitalizaci degradovaných půd Krušných hor.

Prezentovaným výsledkem výzkumu jsou charakteristiky hlavních skrývkových hornin severočeské pánve, hlavních rekultivačních aditiv a návrhy jednotlivých variant



Obr. 2 Antropogenní půdní profil s aplikací slínovce



Obr. 3 Antropogenní půdní profil s aplikací sprašové hlíny

tvorby antropogenních půdních profilů na hlavních lokalitách SHP. Práce vznikla s přispěním grantové agentury České republiky v rámci řešení grantového projektu číslo 105/01/0487.

Literatura

1. Fišera, E. a kol.: Hodnocení zemín severočeské pánve z hlediska vhodnosti pro rekultivační účely. Zpráva, M.S. BPT, 1990
2. Malkovský, M.: Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí. ÚÚG, Praha, 1985
3. Hraško, J. a kol.: Aplikované podoznalectvo. Bratislava, 1988
4. Kohel, J. a kol.: Metodika zemědělských a lesnických rekultivací. Metodika, VÚMOP Praha, 1992
5. Řehoř, M.: Posouzení vhodnosti zemín lokalit Dolů Bílina pro rekultivační účely. Posudek, M.S. VÚHU, 1996
6. Řehoř, M. a kol.: Využití doprovodných surovin získaných při povrchové těžbě hnědouhelných ložisek pro rekultivaci těchto lokalit. Referát, VŠB – TU Ostrava, 2002