

## **VÝZKUM POKUSNÝCH PLOCH PONECHANÝCH PŘIROZENÉ SUKCESI A REKULTIVOVANÝCH RŮZNÝMI TYPY ZÚRODNITELNÝCH ZEMIN NA LOKALITÁCH SEVEROČESKÝCH DOLŮ a.s.**

### **1 Úvod**

Na Výzkumném ústavu pro hnědé uhlí a.s. probíhá dlouhodobý výzkum pokusných ploch založených na rekultivovaných lokalitách Severočeských dolů a.s. [1]. Lokalizování pokusných ploch vycházelo z mapování výsypkových lokalit a z výsledků laboratorních analýz všech odebraných vzorků. Pokusné plochy byly vybrány na dlouhodobě zkoumaných lokalitách Severočeských dolů a.s. Chomutov tak, aby byl zachycen vývoj všech hlavních typů antropogenních půdních profilů. Při výběru pokusných ploch byla rovněž zohledněna délka výzkumu, která představuje průměrně 10 let. Na všech plochách probíhal každoroční odběr vzorků minimálně na 2 - 6 stanovištích.

Vývoj antropogenního půdního profilu vzniklého aplikací zúrodnitelných zemin je doložen na pokusných plochách Střimice I, Radovesice I, vnitřní výsypka dolu Bílina I a Želénky, vývoj antropogenního půdního profilu vzniklého pokusnou aplikací produktů po spalování hnědého uhlí je doložen na pokusných plochách vnitřní výsypka dolu Bílina II a Březno, vývoj antropogenního půdního profilu na plochách ponechaných přirozené sukcesi je dokumentován na pokusných plochách Radovesice II, Radovesice III a Střimice II.

Postupné změny parametrů hodnoceného půdního profilu jsou v příspěvku dokumentovány tabulkami výsledků chemicko-pedologických parametrů vždy po cca. 5 letech (průměr jednotlivých stanovišť). Příspěvek se dále zabývá biologickou situací jednotlivých ploch ponechaných přirozené sukcesi a možnostmi jejich dlouhodobého zachování v rámci příměstských parků a naučných stezek. Výsledkem výzkumu je stanovení co nejefektivnější a ekologicky nejšetrnější metody rekultivace různých typů výsypkových stanovišť.

Práce vznikla s podporou Grantové agentury České republiky v rámci grantového projektu č. 105/09/1675 „Geologicko-pedologický a biologický výzkum různých typů ploch po těžbě hnědého uhlí a optimalizace rekultivačních přístupů k obnově krajiny“

## **2 Výzkumné projekty řešené na plochách Severočeských dolů, a.s.**

Výzkumný ústav pro hnědé uhlí a.s. (VÚHU a.s) se již řadu let zabývá řešením provozních zakázek . Většinou jde o návrh technické rekultivace včetně případné aplikace zúrodnitelných zemin na konkrétních předávaných plochách. Kromě toho je VÚHU a.s. nositelem tří významných výzkumných projektů s rekultivační problematikou [4].

V letech 2001 – 2003 zde byl řešen grantový projekt č. 105/01/0485 „Mapování rekultivační využitelnosti hornin severočeské pánve a návrh metodiky vytváření optimálního půdního profilu na rekultivovaných plochách SHP“. V roce 2004 bylo s podporou Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy (MSMT) zahájeno řešení 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“. V roce 2009 pak bylo zahájeno řešení grantového projektu č. 105/09/1675 „Geologicko – pedologický a biologický výzkum různých typů ploch po těžbě hnědého uhlí a optimalizace rekultivačních přístupů k obnově krajiny“.

Zakládání pokusných ploch je významnou součástí všech těchto výzkumných projektů.

## **3 Pokusné plochy založené na zúrodnitelných zeminách**

Hlavními zúrodnitelnými zeminami využívanými v oblasti Severočeských dolů a.s. jsou (kromě ornice) spraše a sprašové hlíny, bentonity, slíny a slínovce [2]. Pro výzkum vývoje plochy rekultivované bentonity byla vybrána pokusná plocha Střimice I, pro výzkum vývoje plochy rekultivované slíny a slínovci byla vybrána pokusná plocha Radovesice I a pro výzkum vývoje plochy rekultivované sprašemi a sprašovými hlínami byla vybrána pokusná plocha vnitřní výsypky dolu Bílina I. Specifickým případem byl výzkum pokusné plochy Želénky, která je rekultivovanou těžebnou vypálených jílu.

Jako příklad je v tomto příspěvku uvedena pokusná plocha Střimice 1.

### 3.1 Pokusná plocha Střimice I

Rekultivace výsypky Střimice byla první akcí v oblasti SHP, při níž byly využity ve velkém měřítku zúrodnitelné zeminy.

Výsypka je situována severovýchodně od města Most. Byla zakládána v letech 1959-1973. Rozloha náhorní plošiny výsypky je 160 ha a nadmořská výška dosahuje 330 m. n. m. Původní lesnická rekultivace byla realizována v roce 1967. Vzhledem k nepříznivým změnám povrchové zóny výsypky výsadba prakticky vyhynula. Současně se projevil značný vliv erozních jevů. V roce 1984 byly využity k rekultivaci bentonity z lomu Černý vrch. Vrstva navážených bentonitických zemin byla stanovena na 50 cm. Po zaorání bylo provedeno zatravnění a později zalesnění. V roce 1988 byla zahájena zemědělská rekultivace na části pláně výsypky o celkové výměře 89 ha.

Ve spolupráci Dolů Bílina a Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí a.s. Most zde byla, na založené pokusné ploše, zjišťována úspěšnost nově zvolené metodiky rekultivace. Odběry vzorků probíhaly dlouhodobě na šesti sondážních stanovištích.

Svrchní vrstva je z mineralogického hlediska tvořena křemenem, kaolinitem, illitem a montmorillonitem. Občas se vyskytuje příměs živců a 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.

Původní materiál výsypky byl tvořen žlutými jíly s úlomky uhlí. Pro rekultivační účely byly krajně nevhodné. Výsledky potvrzují úspěšnost zvolené metody rekultivace výsypky Střimice. Odběrem a analýzou vzorků se na výsypce Střimice podařilo doložit vznik nově vytvořeného půdního profilu. Výsledky analýz odebraných vzorků dokládá následující tabulka č. 1.

#### **Tabulka č. 1: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin pokusné plochy**

Sonda S1 -interval odběru (m)	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg <sup>-1</sup> )			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V
								mmol/100 g		(%)
1998										
0,00-0,60	0,07	1,32	0,98	6,66	8	144	99	13,4	19,7	68
0,60-0,90	0,09	0,68	10,31	8,43	2	221	849	36,3	36,3	100
pod 0,90	0,16	2,88	0,24	4,31	1	105	331	3,1	8,2	39
2003										
0,00-0,60	0,07	1,24	0,98	6,79	10	190	102	16,1	16,1	100
0,60-0,90	0,07	0,68	9,93	8,23	1	218	949	32,2	32,2	100
pod 0,90	0,15	2,94	0,24	4,50	1	103	304	4,2	8,4	50
2009										
0,00-0,60	0,08	1,12	1,23	6,65	9	212	212	15,0	15,0	100
0,60-0,90	0,05	0,33	7,98	8,18	2	245	990	28,5	28,5	100
pod 0,90	0,09	2,67	0,19	5,05	0	123	318	4,1	8,5	50

Vzhledem k ukončení rekultivace v osmdesátých letech 20. století byl v době výzkumných prací půdní profil již stabilizovaný a rozdíly ve výsledcích analýz nejsou příliš patrné.

Rekultivace lokality Střimice je v současné době již dokončena. Na temeni výsypky slouží obyvatelům Mostu areál letiště o rozloze cca. 90 ha obklopený zemědělskou rekultivací. Na svazích výsypky byla realizována lesnická rekultivace s turistickými stezkami.

#### 4 Pokusné plochy založené na produktech spalování uhelné hmoty

Uhelná hmota na povrchu rekultivovaných lokalit technickou i biologickou rekultivací silně komplikuje. Některé produkty zpracování uhelné hmoty [3] však mohou být úspěšně využity při zlepšování rekultivační využitelnosti zájmových lokalit. V podmínkách SHP se jedná především o elektrárenské stabilizáty a elektrárenské popely. V rámci výzkumných prací byly elektrárenské popely experimentálně aplikovány jako rekultivační aditivum na pokusné ploše s extrémně zrnitostně těžkými nadložními jíly, elektrárenské stabilizáty pak na kyselé fyto toxické ploše s výskytem uhelné hmoty. Cílem experimentů bylo zlepšení rekultivační využitelnosti těchto zemin. V rámci výzkumu jsou v současnosti dlouhodobě sledovány plochy vnitřní výsypka dolu Bílina II a Březno I.

Jako příklad je v tomto příspěvku uvedena pokusná plocha vnitřní výsypka dolu Bílina II.

#### 4.1 Pokusná plocha vnitřní výsypka dolu Bílina II

V roce 1999 byla na vnitřní výsypce dolu Bílina testována aplikace elektrárenského stabilizátu na různé typy výsypkových zemin [3]. Jedním z těchto typů byly extrémně kyselé (z rekultivačního hlediska fytotoxické) uhelné jílovce z úpravny uhlí Ledvice, které tvořily na výsypce rozsáhlou plochu. Pro pokus byl využit stabilizát z elektrárny Ledvice. Jedná se o technologicky upravené produkty po spalování hnědého uhlí ve směsi s produkty po odsíření kouřových plynů. Cílem práce bylo posoudit možnosti zefektivnění technické rekultivace fytotoxických ploch. Plocha je od roku 1999 dlouhodobě sledována.

Hodnota půdní reakce ve vodním výluhu činila u výše uvedených uhelných jílovců obvykle zhruba 3,8 – 4,5. Po aplikaci elektrárenského stabilizátu v dávce 600 t.ha<sup>-1</sup> byla zjištěna půdní reakce výsledné směsi zhruba 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. Následně byly připraveny experimentální plochy, do nichž byly zapravovány různé dávky stabilizátu a následně zjišťována půdní reakce směsi. Zapravená dávka stabilizátu byla na závěr přepočítána na plochu 1 hektaru. Výsledky výzkumu dokládá následující tabulka č. 2. Vzorky byly odebrány ihned po aplikaci stabilizátu. Směsi A-F byly testovány na přítomnost rizikových stopových prvků, všechny vzorky vyhovují vyhlášce MŽP ČR č. 13/1994 Sb., pro ostatní půdy.

Tabulka č. 2: Doporučené dávky stabilizátu a výsledné hodnoty půdní reakce

vzorek	dávka	pH	pH	pH
--------	-------	----	----	----

	stabilizátu/1ha (t)	(H <sub>2</sub> O) 1999	(H <sub>2</sub> O) 2003	(H <sub>2</sub> O) 2009
čistý stabilizát	-	12,1		
A	600	9,63	8,52	8,20
B	500	8,86	8,00	7,50
C	400	8,57	7,80	7,30
D	300	8,12	7,50	7,10
E	200	7,25	7,20	7,00
F	100	7,00	7,00	7,00
uhelný jílovec	0	4,11		

Potvrdilo se, že dávkování 600 t.ha<sup>-1</sup> je extrémně vysoké a pH vzniklé směsi je silně zásadité. Optimální dávkování se pohybuje v rozmezí 100 – 300 t/ha, pro další aplikaci lze doporučit dávku 200 tun na hektar. Pozitivní je vývoj půdní reakce v závislosti na čase.

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

## 5 Pokusné plochy ponechané dlouhodobě přirozené sukcesi

Také v tomto případě vycházelo situování pokusných ploch z předchozího mapování výsypkových lokalit, znalostí o používaných zúrodnitelných zeminách a z odběrů a laboratorních analýz vzorků. Tyto plochy však byly založeny především v oblastech, kde se již začaly ve specifických podmínkách spontánně vyvíjet funkční ekosystémy, kde je potřebná ochrana a výzkum některých biologických, geologických a paleontologických jevů a kde lze v rámci celkové koncepce rekultivace výsypky předpokládat možnost zpřístupnění ploch. V rámci výzkumu jsou v současnosti dlouhodobě sledovány plochy Radovesice II, Radovesice III a Střimice II [5].

Jako příklad jsou v tomto příspěvku uvedeny pokusné plochy Radovesice II a Radovesice III, které jsou si svým charakterem velmi blízké.

### 5.1 Pokusné plochy Radovesice II a III

Sukcesní plocha Radovesice II o rozloze 32 ha byla vybrána v jižní části výsypky. Převládajícím zeminovým typem je zde heterogenní výsypková směs hnědého jílu, šedého jílovce a šedého písčitého jílovce se zvýšeným obsahem hnědého jílu. Objevují se i hnědošedé kaoliniticko – illitické jíly. Ve východní části plochy jsou významněji zastoupeny písčité zeminy, které tvoří přirozenou hranici plochy. Vyskytuje se zde řada přirozených vodních ploch a mokřadů menšího rozsahu. Plocha je ponechána přirozené sukcesi 12 let.

Sukcesní plocha Radovesice III o rozloze 20 ha byla vybrána v severní části výsypky. Zeminové složení svrchního horizontu je obdobné jako v případě plochy II. Jižní hranici plochy tvoří oblast „písečných dun“. V území jsou také dvě velké přirozené vodní nádrže a několik malých vodních ploch a mokřadů. Některé malé vodní plochy přecházejí v průběhu roku do formy mokřadů. Plocha je ponechána přirozené sukcesi 20 let.

V případě obou ploch tvoří svrchní horizont zeminy zrnitostně nevyrovnané, převládají středně zrnité až mírně hrubozrné. Z pedologického hlediska je zrnitostní složení zemin poměrně vyhovující, v oblastech výskytu písků je třeba počítat s možností erozních jevů. Optimální zrnitostní složení bylo zjištěno u vzorků kaoliniticko – illitických jílu. Vzorky z výsypky Radovesice jsou si mineralogicky velmi blízké. Zásadně se liší pouze poměrem obsahů křemene a jílových minerálů. Vždy je zastoupen křemen, kaolinit a illit. Občas se vyskytuje příměs sideritu.

Na obou pokusných plochách proběhl výzkum rostlinného a živočišného zastoupení, které je na plochách velmi podobné.

### **Rostlinné zastoupení**

Pozornost byla věnována pouze vyšším rostlinám jednoděložným a dvouděložným.

Z jednoděložných rostlin se zde převážně vyskytují zástupci čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Vyskytují se zde kostřava luční (*Festuca pratensis*), kostřava červená (*Festuca rubra*), suchopýr (*Eriophorum* sp.), srha říznačka (*Dyctalis glomerata*), bojínek luční (*Phleum pratense*). V oblasti vodních nádrží a mokřadů převažují tyto emerzní rostliny: rákos obecný (*Phragmites australis*), chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*), orobinec širokolistý (*Typha latifolia*), orobinec úzkolistý (*Typha angustifolia*), sítina rozkladitá (*Juncus effusus*).

Z dvouděložných rostlin se zde vyskytují lopuch plstnatý (*Arctium tomentosum*), ostružiník křovitý (*Rubus fruticosus*), jitrocel kopinatý (*Plantago lanceolata*). V menší míře pak heřmáněk pravý (*Matricaria chamomilla*), hluchavka nachová (*Lamium purpureum*),

devětsil lékařský (*Petasites hybridus*). Stromy nacházející se na dané ploše jsou vesměs náletové dřeviny a jejich druhové složení je prakticky shodné s druhovým složením okolních porostů. Mezi nejčastější zástupce patří bříza bělokorá (*Betula pendula*), bříza tuhá (*Betula lenta*), vrba jíva (*Salix caprea*), vrba křehká (*Salix fragilis*), topol osika (*Populus tremula*).

Písečné duny nacházející se na jižní hranici této oblasti jsou dnes prakticky neobsazené rostlinstvem. Jen ve velmi malé míře se zde uplatňují někteří zástupci čeledi lipnicovité (*Poaceae*).

### **Živočišné zastoupení**

Na obou pokusných plochách se vyskytují hojně zástupci z třídy hmyz (*Insecta*), řádu ptáci (*Aves*) a savci (*Mammalia*). Mezi zástupce hmyzu vyskytujících se na této sukcesní ploše patřili především tyto řády: brouci (*Coleoptera*) - čeledi kovaříkovití (*Elateridae*), střevlíkovití (*Carabidae*), slunéčkovití (*Coccinellidae*), tesaříkovití (*Cerambycidae*), mandelinkovití (*Chrysomelidae*); řád vážky (*Odonata*), řád motýli (*Lepidoptera*), řád síťokřídlí (*Neuroptera*), dvoukřídlí (*Diptera*), řád rovnokřídlí (*Orthoptera*) a řád blanokřídlí (*Hymenoptera*). Z ptáků (*Aves*) zde bylo možné nalézt káně lesní (*Buteo buteo*), koroptev polní (*Perdix perdix*), bažanta obecného (*Phasianus colchicus*), kosa černého (*Turdus merula*), červenku obecnou (*Erithacus rubecula*), pěnkavu obecnou (*Fringilla coelebs*). Z třídy savců byl zaznamenán výskyt zajíce polního (*Lepus europaeus*), hraboše (*Microtus arvalis*), prasete divokého (*Sus scrofa*), srnce obecného (*Capreolus capreolus*).

Obě sukcesní plochy jsou si velmi blízké pedologickým charakterem, živočišným i rostlinným zastoupením. Rostlinné zastoupení je u plochy Radovesice III poněkud chudší nežli v případě plochy Radovesice II. Nacházejí se zde plochy, kde jsou ve větší míře zastoupeny písčité horniny. Tyto plochy jsou zatím jen pomalu obsazovány rostlinstvem, zejména z čeledi lipnicovitých (*Poaceae*).

Výsledky výzkumu realizovaného v letech 2001 - 2009 jsou si velmi blízké, což bylo možné předpokládat vzhledem ke krátkému časovému úseku. Proto lze doporučit, aby obě plochy byly i nadále ponechány přirozenému vývoji bez jakýchkoliv rekultivačních zásahů. Celé území by mělo být v budoucnu i nadále sledováno a mělo by sloužit jako výzkumné území. Již nyní je zajímavé sledovat způsob jakým se některé druhy (zejména z říše rostlin) přizpůsobují danému, pro některé druhy ne příliš typickému prostředí.



S ohledem na situování mohou obě plochy plnit i funkci přirozeného koridoru pro pohyb živočichů při technických pracích v okolních částech výsypky. Získané chemicko-pedologické výsledky analýz směsného vzorku ze 6 stanovišť ukazuje následující tabulka č. 3.

**Tabulka č. 3: Chemicko-pedologické vlastnosti zemin pokusné plochy**

Sonda S1 -interval odběru (m)	Nc (%)	org. látky Cox (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	pH KCl	přijatelné živiny (mg.kg <sup>-1</sup> )			sorpční schopnost		
					P	K	Mg	S	T	V (%)
								mmol/100 g		
2003										
0,00-0,90	0,05	2,1	0,4	6,8	2	184	724	15	15	100
2008										
0,00-0,90	0,06	2,2	0,5	7,0	2	214	815	16	16	100

## 6 Závěr

Výzkumné práce realizované v oblasti rekultivační problematiky přináší komplexní soubor poznatků o svrchním horizontu vnějších a vnitřních výsypkách severočeské pánve určených k rekultivaci. Základní metodou technické rekultivace zůstává aplikace zúrodnitelných hornin, která prokázala svou úspěšnost na lokalitách Střimice, Radovesice a vnitřní výsypka dolu Bílina. Díky značné morfologické i geologické pestrosti nerekultivovaných ploch v oblasti Severočeských dolů a.s. je zde dostatek prostoru i pro zakládání ploch ponechaných přirozené sukcesi, jejichž cílem je ochrana často unikátních ekosystémů vznikajících na výsypkách.

Některé výsledky získané na pokusných plochách založených na zúrodnitelných zeminách, na produktech spalování uhelné hmoty a plochách ponechaných přirozené sukcesi prezentuje tento příspěvek.

Práce vznikla s podporou grantové agentury ČR v rámci grantového projektu č. 105/09/1675 „Geologicko – pedologický a biologický výzkum různých typů ploch po těžbě hnědého uhlí a optimalizace rekultivačních přístupů k obnově krajiny“.

## Přehled použité literatury

- [1] Čermák, P., Kohel J., Dederá, F.: Rekultivace území devastovaných báňskou

činností v oblasti severočeského hnědouhelného revíru

*Metodika, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1998*

- [2] Ondráček, V., Čermák, P., Řehoř, M.: Rekultivační metody omezující nebezpečí větrné a vodní eroze a jejich aplikace na lokalitách Dolů Bílina  
*Časopis Uhlí, rudy, geologický průzkum, 5: s. 12-16, Praha, ISSN 1210 – 7697, 2005*
  
- [3] Řehoř, M., Šafářová, M., Ondráček, V.: Application of Some Coal Treatment Products for Reclamation of Localities in the North Bohemian Basin  
*21th. Pittsburg Coal Conference, Osaka, Japonsko, 2004*
  
- [4] Řehoř M., Ondráček V., Šálek M.: Přínos výzkumných projektů pro rekultivační praxi Severočeských dolů a.s. Chomutov  
Sborník symposia Hornická Příbram ve vědě a technice, V2, s.1 – 7, ISBN 978-80-254-5090-1, Česká republika
  
- [5] Řehoř M.: Rekultivace krajiny postižené těžbou hnědého uhlí se zaměřením na tvorbu antropogenních půdních profilů  
Disertační práce doktorského studia, Ostrava, 2007



Obr. 1: Hranice sukcesní plochy a aplikace zúrodnitelných zemín na výsypce Radovesice