

Ing. P. Bartoš, Vodní zdroje, a.s., Holešov

RNDr. E. Fišera, Báňské projekty Teplice, a.s. ☞

V. Ondráček, Severočeské doly, a.s. - Doly Bílina

RNDr. M. Řehoř, Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s.

Distribuce stopových prvků na rekultivovaných lokalitách dolů Bílina

Verteilung von Spurenelementen auf rekultivierten Lokalitäten der Tagebaue Bílina (DB)

Unter den Untersuchungsarbeiten, die für eine erfolgreiche Realisierung von Rekultivierungen eine besondere Bedeutung haben, ist das die Bestimmung eventueller Schadstoffe, insbesondere toxischer Spurenelemente. Im Gebiet der Tagebaue Bílina wurden weitläufige Untersuchungen auf Spurenelemente im Jahre 1993 durch RNDr. E. Fišera vorgenommen. Im Jahre 1995 übernahm im Rahmen eines GRANT die Fortführung dieser Aufgabe RNDr. M. Řehoř von VÚHU Most.

Dank der Initiative verantwortlicher Mitarbeiter der Tagebaue Bílina wurde so in den Bedingungen des nordböhmischen Braunkohlenreviers eine unikate Reihe von Analysen auf Spurenelemente aus dem Hangenden der DB erarbeitet. Mit Hinblick auf das Volumen kann man aus deren Analysen bedeutende Schlußfolgerungen ableiten, die für die rekultivierten Lokalitäten der DB Gültigkeit haben. Einige Beispiele führt diesen Beitrag an.

Distribution of trace elements in restored localities of Bílina Mines

Between the investigation works that are necessary for successful realization of restorations the special meaning has the determination of may harmful matters especially toxical trace elements. In the area of Bílina Mines it was realized the extensive investigation directed to trace elements in 1993 by RNDr. E. Fišera. RNDr. M. Řehoř followed him then in 1995 in the framework of grant task.

Thanks to initiation of responsible workers of Bílina Mines it was so acquired in conditions of North-Bohemian brown coal basin the unique set of analyses of trace elements contained in overburden rocks of Bílina Mines area. With regard to set extent it can be deduced from its analysis the significant conclusions valid for restored localities of Bílina Mines. Some of them are mentioned in this article.

Распределение рассеянных элементов на рекультивируемых участках угольных разрезов "Билина"

Среди разведочных работ, необходимых для успешного осуществления рекультивации, особое значение принадлежит определению возможных вредных веществ, главным образом токсических рассеянных элементов. В области угольных разрезов "Билина" проводил обширное исследование таких элементов в 1993 году доктор Э. Фишера, в 1995 году, в рамках грантового задания, в разведке продолжал доктор М. Ржегорж.

Благодаря инициативе ответственных работников разрезов "Билина" удалось таким образом получить уникальную в условиях всего Северо-чешского бурогоугольного бассейна совокупность анализов рассеянных элементов, содержаемых в вскрышных породах области разработки разрезов "Билина". С учетом диапазона комплекса можно на основе анализа сделать важные выводы, действующие для рекультивируемых разрезов данной

области. Некоторыми из них занимается предлагаемая статья.

Distribuce stopových prvků na rekultivovaných lokalitách dolů Bílina

Mezi průzkumnými pracemi, nezbytnými pro úspěšnou realizaci rekultivací, má zvláštní význam zjištění případných škodlivin, zejména toxických stopových prvků. V oblasti Dolů Bílina byl realizován rozsáhlý průzkum zaměřený na stopové prvky v roce 1993 RNDr. E. Fišerou. Na

něj pak v roce 1995 navázal v rámci grantového úkolu RNDr. M. Řehoř.

Díky iniciativě odpovědných pracovníků Dolů Bílina tak byl získán v podmínkách severočeské hnědouhelné pánve unikátní soubor analýz stopových prvků obsažených ve skrývkových horninách oblasti DB. Vzhledem k rozsahu souboru lze z jeho analýzy vyvodit významné závěry platné pro rekultivované lokality Dolů Bílina. Některé z nich uvádí tento článek.

Důležitým problémem severočeské hnědouhelné pánve je rekultivace těžebních lokalit včetně vnějších a vnitřních výsypek. Mezi průzkumnými pracemi, nezbytnými pro úspěšnou realizaci rekultivací, má zvláštní význam zjištění případných škodlivin, zejména toxických stopových prvků. V severočeské pánvi je z hlediska obsahu stopových prvků velmi dobře zmapována uhelná sloj. O obsahu stopových prvků v jednotlivých typech skrývkových zemin je však údajů podstatně méně. Případné opominutí této problematiky při plánování rekultivačních prací by mohlo způsobit škody, jejichž náprava v budoucnu by byla velmi obtížná.

V oblasti Dolů Bílina byl realizován rozsáhlý průzkum zaměřený na stopové prvky zejména v roce 1993 RNDr. E. Fišerou. Na něj pak v roce 1995 navázal v rámci grantového úkolu RNDr. M. Řehoř.

Výsledky obou prací jsou stručně shrnuty v tomto článku.

Potenciální zdroje stopových prvků v zeminách lokalit DB

Jednoznačné určení zdrojů stopových prvků v horninách severočeské pánve představuje velmi náročný úkol, jehož řešení není předmětem této práce. Pro vytypování potenciálně nebezpečných hornin je však třeba vzít pravděpodobný zdroj kontaminace v úvahu. Na základě studia starších prací byly uvažovány následující potenciální zdroje stopových prvků:

1. Transfer toxických látek vznikajících při spalování uhlí z atmosféry do pedosféry. V podmínkách zdejší průmyslové aglomerace jde o logický a jednoznačný zdroj. Uplatňuje se však pouze při povrchu terénu a zatím zjištěné koncentrace nejsou příliš významné.
2. Procesy vyluhování při skladování produktů spalování uhlí. V podmínkách severočeské pánve jde o významný zdroj. Kontaminace stopovými prvky je však vázána na poměrně blízké okolí skládky. Je třeba konstatovat, že v poslední době jsou bezpečnostní opatření při zakládání skládek na takové úrovni, že nebezpečí kontaminace okolí je velmi malé.
3. Přítomnost uhelné hmoty a na ní vázaných minerálů (např. sulfidů železa). Pravděpodobně jde o nejvýznamnější zdroj stopových prvků v zeminách určených pro rekultivační účely, což je třeba při plánování rekultivačních prací vzít v úvahu.
4. Splachy z metamorfitů Krušných hor. Tento zdroj se projevuje pouze místně na některých lokalitách v blízkosti svahů

Krušných hor a není zcela jednoznačně prokázán. V určitých oblastech (např. sedimenty Komořanského jezera) je však nabohacení stopovými prvky jiným způsobem velmi obtížně vysvětlitelné.

5. Materiály využívané pro zlepšení rekultivační využitelnosti hornin.
Na lokalitách Dolů Bílina připadají v úvahu zejména slínovce, spraše, bentonity, celulózové kaly a některá hnojiva. Potenciálně by mohlo jít o velmi významný zdroj stopových prvků.

Na lokalitách Dolů Bílina jsou možným zdrojem stopových prvků zejména ad. 3 a ad. 5. Vazba jednotlivých stopových prvků na minerály je velmi složitý výzkumný problém, jehož řešení nebylo předmětem výše uvedených akcí.

Metodika terénních a laboratorních prací

V rámci průzkumné akce Dr. Fišery bylo realizováno 14 sond (S1 - S14) na 7 výsypkách v okolí Bíliny a 2 srovnávací sondy v Košticích a Lipticích na lounsku (S15-S16). Cílem průzkumu byla charakteristika hlavních rekultivovaných lokalit Dolů Bílina - výsypek Střimice, Radovesice, Jirásek, Fučík, Václav. V rámci grantového úkolu, řešeného Dr. Řehořem, bylo analyzováno dalších 5 významných horninových typů (dlouhodobě kultivovaná ornice, 2 významné horizonty dolu Bílina, erozní splach na povrchu výsypky Radovesice a slínovec využívaný při rekultivaci této výsypky (sondy S17-S21).

Vzorky byly odebírány ze začištěných profilů sond vyhloubených bagrem. Jejich hloubka nepřesahovala 3 m. Hmotnost odebraných vzorků se pohybovala kolem 5 kg.

Po odběru byly vzorky upraveny na zrnění pod 2 mm a homogenizovány. Rozklad vzorků byl proveden ve výluhu 2 molární HNO_3 v poměru zemina: roztok kyseliny - 1 : 5, doba vytřepávání 1 hodina. Koncentrace příslušných prvků byla měřena metodou atomové absorpční spektrometrie (AAS). V případě sond 1 - 16 byl u vzorků zjišťován celkový obsah 15 stopových prvků (Cu, Be, Sr, Ba, Zn, Cd, Hg, Se, Pb, As, V, Cr, Mn, Co, Ni.). V případě sond 17 - 21 byl zjišťován obsah 12 stopových prvků požadovaných vyhláškou ministerstva životního prostředí České republiky číslo 13/1994 Sb.(As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn) ve výluhu 2 M HNO_3 .

Úplný přehled odebraných vzorků udává následující tabulka 1.

Tabulka 1 Makroskopický popis a místa odběru vzorků

Lab. č. vzorku	sonda int. odběru (m)	makroskopický geologický popis
1.1	S1: Střimice 0,00 - 0,60	hnědá hlína s příměsí org. a křemene
1.2	S1: Střimice 0,60 - 0,90	bentonit žlutý, pevný, místy navětralý
1.3	S1: Střimice pod 0,90	šedý jíl s uhel. hmotou
2.1	S2: Střimice 0,00 - 0,50	písčitý jíl s úlomky hnědého jílovce
2.2	S2: Střimice 0,50 - 0,60	tmavě hnědá hlína s příměsí organiky
2.3	S6 pod 0,60	žlutošedý jíl

Lab. č. vzorku	sonda int. odběru (m)	makroskopický geologický popis
3.1	S3: Střimice 0,00 - 0,90	směs jílu a bentonitu
3.2	S3: Střimice pod 0,90	jíl žlutošedý, písčitý, s úlomky uhlí
4.1	S4: Václav 0,00 - 0,15	hnědá hlína s příměsí organiky
4.2	S4: Václav 0,15 - 0,80	jíl žlutohnědý s příměsí ruly a křemene
4.3	S4: Václav pod 0,80	skládka TKO - úlomky skla, cihel, keramiky, škváry
5.1	S5: Václav 0,00 - 1,00	jíl šedohnědý, písčitý, s úlomky uhlí a vypál. jílu
6.1	S6: Fučík 0,00 - 0,10	hnědá ornice s převládajícím šedobílým slínem
6.2	S6: Fučík pod 0,10	jíl šedohnědý, písčitý, s úlomky uhlí a vypál. jílu
7.1	S7: Radovesice 0,00 - 0,30	hnědá hlína s příměsí slínu a rostlinných zbytků
7.2	S7: Radovesice 0,30 - 0,90	slín šedý s úlomky slínovce
7.3	S7: Radovesice pod 0,90	jíl šedý, prachovitý, s úlomky uhlí
8.1	S8: Radovesice 0,00 - 1,70	zvětralý uhelný výchoz, patrně oxyhumolit
9.1	S9: Radovesice 0,00 - 0,50	hlína hnědá, jílovitá, s příměsí organiky
9.2	S9: Radovesice pod 0,50	hlína rezavě hnědá, písčito-jílovitá, s plomky ruly
10.1	S10: Jirásek 0,00 - 0,10	hlína hnědá, s plomky jílu, uhlí a porcelanitu
10.2	S10: Jirásek pod 0,10	šedý jíl s úlomky uhlí a porcelanitu
11.1	S11: Jirásek	hlína hnědá, s plomky jílu, uhlí a porcelanitu
11.2	S11: Jirásek pod 0,50	jíl šedohnědý, s úlomky uhlí a porcelanitu
12.1	S12: Radovesice 0,00 - 0,60	slín šedý, s úlomky pevného slínovce
12.2	S12: Radovesice pod 0,60	písek žlutošedý, jílovitý
13.1	S13: Radovesice 0,00 - 0,50	hlína žlutohnědá, písčitá, s příměsí slínu
13.2	S13: Radovesice 0,50 - 0,80	slín šedý s úlomky pevného slínovce
13.3	S13: Radovesice 0,00 - 0,45	jíl šedý, prachovitý, místy písčitý, s úlomky uhlí
14.1	S14: Radovesice pod 0,45	slín šedý, s příměsí hlíny a šedého jílu
15.1	S15: Koštice 0,00 - 0,50	orniční horizont

Lab. č. vzorku	sonda int. odběru (m)	makroskopický geologický popis
15.2	S15: Koštice pod 0,15	sprašová hlína
16.1	S16: Liptice 0,00 - 1,30	orniční horizont
16.2	S16: Liptice 1,30 - 2,80	žlutohnědá směs jílu a hlíny
16.3	S16: Liptice	jíl žlutohnědý nadložní
17.1	S17: Svoboda	orniční horizont
18.1	S18: důl Bílina	směs hnědého jílu a sprašové hlíny ze svrch. partii dolu
19.1	S19: důl Bílina	písčitý jíl až písek ze spodních skrýv. řezů dolu
20.1	S20: Radovesice	sín a slínovec s úlomky čediče z těžebny slínovců
21.1	S21: Radovesice	erozní splach z povrchu výsypky

Jak je patrné z popisu vzorků, sondy byly provedeny na starých výsypkách, rekultivovaných klasickým způsobem, i na výsypkách nových, kde byl povrch výsypky sanován s použitím bentonitu a slínovců.

Výsledky analýzy stopových prvků udávají následující dvě tabulky. Tabulka 2 udává výsledky průzkumu z roku 1995. Pro srovnání jsou zde uvedeny i maximálně přípustné obsahy dle vyhlášky MŽP. Výsledky průzkumu z roku 1993 včetně limitních hodnot pro celkové obsahy udává tabulka 3.

Tabulka 2 Obsahy rizikových stopových prvků v hodnocených zeminách - grantový úkol 1995

prvek	obsah ve vzorku (mg.kg ⁻¹) - výluh v 2 M HNO ₃					max. přípustný obsah (mg.kg ⁻¹)	
	S17	S18	S19	S20	S21	lehké půdy	ostatní půdy
As	0,82	2,25	0,64	0,49	1,59	4,50	4,5
Be	0,63	0,98	0,55	0,82	1,05	2,00	2,0
Cd	0,236	0,256	0,123	0,042	0,126	1,00	1,0
Co	19,5	20,3	13,7	8,1	17,0	25,0	25,0
Cr	5,8	7,1	6,2	5,8	5,8	40,0	40,0
Cu	8,3	9,3	7,0	2,2	10,2	50,0	50,0
Hg	-	-	-	-	-	-	-
Mo	0,300	0,451	0,140	0,606	0,506	5,00	5,0
Ni	5,9	9,5	10,4	5,5	10,0	25,0	80,0
Pb	20,6	22,3	11,2	4,3	10,7	70,0	140,0
V	18,0	25,8	32,5	14,5	33,6	50,0	220,0
Zn	13,3	18,3	35,7	5,0	22,8	100,0	200,0

Lze konstatovat, že získané výsledky v žádném případě nedosahují kritických hodnot dle vyhlášky MŽP 13/1994 Sb. Jedinou výjimkou jsou hodnoty arsenu v jednom vzorku na výsypce Václav. Tento případ je však zcela anomální, protože zde byla zastížena stará skládka komunálního odpadu.

Tabulka 3 Obsahy rizikových stopových prvků v hodnocených zeminách - průzkum 1993

lokalita	číslo vz.	stopový prvek (mg.kg ⁻¹)										- celkový obsah					
		Cu	Be	Sr	Ba	Zn	Cd	Hg	Pb	As	V	Se	Cr	Mn	Co	Ni	
Střimice	1.1	4,8	1,22	2 0	5,2	10,4	0,05	0,005	0,05	3,42	1,01	1,1	2,1	158	2,8	0,2	
	1.2	4,5	1,06	22,3	4,4	10,8	0,05	0,002	0,05	0,45	0,08	7,1	4,0	1337	12,7	13,7	
	1.3	3,8	0,88	0,82	2,2	6,3	0,05	0,003	0,05	1,16	0,32	2,1	1,7	88	1,4	2,1	
Střimice	2.1	8,7	1,02	2,4	9,6	11,4	0,05	0,003	0,05	11,7	2,01	9,1	1,7	319	4,0	2,6	
	2.3	2,3	0,33	1,2	1,8	9,3	0,05	0,002	0,05	1,46	0,34	1,1	1,3	50	1,2	2,4	
Střimice	3.1	6,2	1,09	10,3	5,3	6,1	0,05	0,005	0,05	0,34	0,16	6,1	3,9	231	5,2	2,5	
	3.2	4,0	0,77	4,1	3,7	3,7	0,05	0,003	0,05	2,64	0,35	5,1	2,1	123	3,8	0,1	
Václav	4.1	7,2	0,80	1,2	4,3	11,7	0,05	0,006	0,05	4,93	2,68	12,1	4,3	241	4,5	1,2	
	4.2	6,2	0,94	3,2	7,7	9,4	0,05	0,003	0,05	4,58	1,68	12,1	4,6	308	4,4	1,5	
	4.3	25	2,0	6,5	13,3	105	0,05	0,009	0,14	65,9	5,0	56,1	9,8	238	6,2	5,2	
Václav	5.1	3,2	0,18	1,4	3,1	6,9	0,05	0,006	0,05	2,83	0,19	10,2	1,5	146	2,6	0,1	
Fučík	6.1	7,3	0,33	1,7	4,3	12,3	0,05	0,009	0,05	3,90	0,30	15,2	4,1	227	4,1	0,1	
	6.2	6,2	0,32	1,5	3,3	15,1	0,05	0,009	0,09	3,94	0,23	19,2	4,8	184	3,0	0,1	
Radovesice	7.1	8,8	0,28	18,5	2,6	9,3	0,05	0,006	0,15	6,16	0,32	21,1	2,9	396	4,1	0,1	
	7.2	2,6	0,35	45,2	12,3		0,05	0,003	0,22	0,61	0,01	4,1	0,9	197	1,1	0,1	
	7.3	5,3	0,56	9,0	2,5	13,3	0,05	0,005	0,05	4,25	0,11	7,1	2,9	272	3,6	0,6	
Radovesice	8.1	4,9	1,26	6,3	10,8	16,7	0,05	0,006	0,05	0,18	0,40	15,1	2,1	15	2,4	33,0	
Radovesice	9.1	5,8	0,39	1,7	7,2	12,3	0,05	0,004	0,05	5,24	0,37	16,4	0,8	248	3,3	0,1	
	9.2	2,2	0,28	1,8	4,1	3,5	0,05	0,005	0,05	0,05	0,01	3,2	1,1	84	1,3	0,1	
Jirásek	10.1	4,0	0,41	1,3	3,5	9,6	0,05	0,004	0,05	4,47	0,28	3,4	2,1	157	3,7	0,1	
	10.2	6,0	0,34	1,1	3,0	9,8	0,05	0,005	0,05	6,41	0,43	5,4	2,6	137	3,9	0,1	
Jirásek	11.1	7,9	0,70	14,2	7,1	67,3	0,05	0,005	0,06	14,2	0,80	10,1	3,0	354	3,2	0,1	
	11.2	6,2	0,56	2,0	5,2	9,0	0,05	0,007	0,05	3,85	0,32	7,1	2,2	226	4,1	0,1	
Radovesice	12.1	2,8	0,74	6,8	6,1	4,4	0,06	0,003	0,21	1,62	st.	4,1	2,7	212	1,0	0,1	
	12.2	1,5	0,75	7,0	14,0	8,9	0,05	0,007	0,05	2,26	0,04	6,1	3,2	165	2,4	5,7	
Radovesice	13.1	4,9	1,13	5,5	10,2	9,6	0,05	0,004	0,05	4,75	0,37	13,2	2,4	295	3,5	5,2	
	13.2	3,7	1,05	3,6	6,1	2,2	0,05	0,004	0,21	2,90	0,07	14,1	4,6	275	1,8	0,1	
	13.3	3,0	0,56	1,0	3,7	13,3	0,05	0,007	0,05	2,68	0,09	14,1	6,3	221	1,9	3,7	
Radovesice	14.1	4,4	0,56	3,1	2,1	3,7	0,05	0,004	0,12	2,84	0,14	12,1	4,2	281	1,4	0,1	
	14.2	3,5	0,54	8,0	2,1	12,1	0,05	0,008	0,05	2,54	0,12	13,1	1,8	134	2,1	5,6	
Koštice	15.1	5,5	0,53	14,3	8,9	13,2	0,10	0,006	0,14	6,97	1,04	1,0	1,4	238	2,5	5,0	
	15.2	3,1	0,44	2,6	4,1	3,7	0,07	0,003	0,60	4,69	0,22	3,1	2,2	183	2,2	0,1	
Liptice	16.1	8,2	0,55	3,3	8,3	20,2	0,07	0,005	0,44	5,56	1,28	3,2	1,0	220	2,7	2,9	
	16.2	4,3	0,53	4,1	10,2	4,8	0,05	0,006	0,05	4,04	0,48	2,2	1,2	168	2,4	4,7	
	16.3	3,0	0,53	2,4	2,8	0,9	0,05	0,009	0,05	2,87	0,15	1,2	0,3	109	1,8	0,1	
max. příp. obsah (lehké půdy)		60	7,0	-	-	130	0,4	0,60	100	30,0	150	-	100	-	25,0	60,0	
max. příp. obsah (ostat. půdy)		100	7,0	-	-	200	1,0	0,80	140	30,0	220	-	200	-	50,0	80,0	

Závěr

Díky iniciativě odpovědných pracovníků Dolů Bílina byl získán v podmínkách severočeské hnědouhelné pánve unikátní soubor analýz stopových prvků obsažených ve skrývkových horninách lokalit DB. Vzhledem k rozsahu souboru lze z jeho analýzy vyvodit některé významné závěry platné pro rekultivované lokality Dolů Bílina.

Většina výsypků na bílinsku v současném stádiu rekultivačních prací po úpravě svrchního horizontu odpovídá těžkým půdám (jíly, jílovce, slínovce, bentonity). Obsahy stopových prvků z rozborovaných vzorků řádově odpovídají publikovaným údajům o půdách stejného petrografického složení ve světě.

Koncentrace rizikových stopových prvků na rekultivovaných lokalitách Dolů Bílina nedosahují rizikových hodnot dle vyhlášky ministerstva životního prostředí ČR číslo 13/1994 Sb. Určitou výjimkou je pouze anomální vzorek na výsypce Václav, kde byla sondou zastižena stará skládka komunálního odpadu. Velmi pozitivním zjištěním je fakt, že rizikové hodnoty stopových prvků nebyly zjištěny ve slínovcích a bentonitech, využívaných pro úpravu svrchního horizontu rekultivovaných lokalit, ani ve splachu z povrchu výsypky Radovesice. Dobré výsledky byly zjištěny též analýzou nejvýznamnějších horizontů dolu Bílina, z nichž pochází většina skrývkových hornin zakládanych na rekultivovaných výsypkách (viz tabulka 2).

Zjištěné koncentrace stopových prvků jsou zcela srovnatelné s výsledky kontrolních odběrů na zemědělsky využívaných půdách lounské oblasti (viz tabulka 3).

Do budoucna lze doporučit sledování koncentrací stopových prvků zejména na lokalitách, kde je k úpravě vlastností svrchního horizontu využíván další materiál (celulóзовé kaly, hnojiva, atd.). Na ostatních lokalitách je postačující odběr kontrolních vzorků v delším časovém horizontu (3 - 5 let) tak, aby byly zjištěny případné změny koncentrace. Rovněž by bylo účelné orientačně provádět rozborů atmosférických srážek a popílku, jejichž prostřednictvím se některé stopové prvky mohou dostat do půdy.

V současné době lze konstatovat, že rekultivované lokality Dolů Bílina jsou z hlediska stopových prvků vyhovující pro lesnickou i zemědělskou rekultivaci.

Literatury

1. Malkovský, M. a kol.: Geologie severočeské pánve a jejího okolí, Academia, Praha 1985
2. Podlešáková, E.: Kritéria kontaminace půd v ČR, 2. mezin. konference 1993, Praha
3. Kukul, Z.: Vývoj sedimentů českého masivu ÚÚG, Praha, 1985
4. Řehoř, M.: Návrh optimální metodiky hodnocení obsahu některých škodlivin v rekultivovaných zeminách SHP, Grantová zpráva, M.S. Most 1995
5. Vyhláška MŽP č. 13 ze dne 29. 12. 1994 Sb.



*Obr. 1 Skrývkové řezy dolu Břlina
hlavní zdroj hornin na rekultivovaných lokalitách*



Obr. 2 Profil sondy na povrchu výsypky Radovesice