



VĚDECKÝ VÝBOR FYTOSANITÁRNÍ A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Klasifikace: Draft	<input type="checkbox"/> <i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
Oponovaný draft	<input type="checkbox"/> <i>Pro vnitřní potřebu VVF</i>
Finální dokument	<input type="checkbox"/> <i>Pro oficiální použití</i>
Deklasifikovaný dokument	<input checked="" type="checkbox"/> <i>Pro veřejné použití</i>

Název dokumentu:

Těžké kovy a jejich výskyt, mj. v půdách při rekultivačních pracích

Poznámka:

VVF-13-02
Zpracovatel: RNDr. Jan Prášek, CSc.

OBSAH

1. Úvod.....	4
2. Stručný popis lokality.....	6
3. Druhy použitého odpadu.....	8
4. Vlastnosti používaných rekultivačních materiálů.....	12
5. Komplexní zhodnocení rekultivačních prací.....	17
6. Výběr citací.....	20
7. Komentář k přílohám.....	26

1. ÚVOD

Na základě SoD č. 151/2002-VV/1 ze dne 15.11.2002 uzavřené s Výzkumným ústavem rostlinné výroby se sídlem v Praze 6, Drnovská 507 jsme zpracovali studii zaměřenou na problematiku těžkých kovů a jejich výskytu při rekultivačních pracích. Studie vychází převážně z údajů získaných monitoringem na rekultivační stavbě „Složistiště popelovin Elektrárny Dětmarovice v Orlové-Zimném dole – následná rekultivace“ se zaměřením na hodnocení vlastností používaných rekultivačních materiálů, účinek rekultivačního postupu a reálné výsledky technických prací v letech 1994-2002.

Ke zpracování studie byly využity následující podklady:

1. Přírodní podmínky ostravsko - karvinské oblasti (Geologie, geomorfologie, podnebí, vodstvo). In: Kolektiv autorů: Regenerace ostravsko - karvinské postižené oblasti. (Buzek, Kaňok, Prášek 1990).
2. Posudek Hydroprojektu, a.s., o.z. Ostrava „Složistiště EDĚ v Orlové (Lazy) – Posouzení vlivu odpadních vod ze složiště na orlovskou stružku“ (Mach 1993).
3. Posudek „Studie možného šíření podzemní kontaminované vody ze skládky popelovin Orlová-Zimní důl – druhá etapa monitorování podzemních vod“ (Nešvara 1993).
4. Zpráva o provedených průzkumech a laboratorních analýzách, včetně projektu sanačních a rekultivačních opatření. Složiště popelovin EDĚ v Orlové-Lazích. (Prášek a kol. 1993).
5. Posudek „Monitorování podzemních a povrchových vod v okolí skládky popelů Orlová – Zimní důl, třetí etapa – závěrečná zpráva“ (Nešvara 1994).
6. Studie „Rekultivace složiště popelovin Elektrárny Dětmarovice v Orlové-Lazích. Návrh rekultivačního postupu“ (Prášek 1994).
7. Projektová dokumentace stavby zpracovaná Hydroprojektem, a.s., o.z. Ostrava a Hydro-koneko, s.r.o., Ostrava (1994-2001).
8. Protokol GEOVA s.r.o., Ostrava „Výsledky rozboru vzorků“ (GEOVA 1995).
9. Posudek ÚKZÚZ „Posouzení průběhu rekultivace části složiště popelovin elektrárny Dětmarovice v Orlové“ (Pavlíček, Steiner, Klementová 1996).
10. Posudek „Vyjádření k postupu rekultivací na složišti EDĚ Orlová Zimní důl“ (Petříková, 1996).

11. Závěrečná zpráva „Zpráva o stavu rekultivačních prací na složišti popelovin EDĚ v Orlové-Lazích“ (Prášek 1996).
12. Protokol GEOVA s.r.o., Ostrava „Výsledky rozborů vzorků popelů“ (GEOVA 1997).
13. Článek „Rekultivace složiště popelovin“ (Prášek 1997).
14. Závěrečná zpráva z 1. části investiční akce „Složiště popelovin EDĚ v Orlové-Zimném dole – následná rekultivace“ (Prášek 1997).
15. Letecké snímky zhotovené firmou ARGUS-GEOSYSTÉM, Hradec Králové (AGRO-EKO, spol. s r.o., 1997, 1998).
16. Rastrová data pro transformaci leteckých snímků poskytnutá Katastrálním úřadem v Karviné pro AGRO-EKO, spol. s r.o. (Mašín, Mulková, Prášek 1997, 1998).
17. Posudek ÚKZÚZ „Posouzení současného stavu rekultivace části plochy složiště popelovin z elektrárny Dětmarovice umístěného v katastru obce Orlová – lokalita Zimný důl“ (Steiner, Pavlíček, McCarollová 1998).
18. Článek „Kaly z čistíren odpadních vod – rizika a možnosti jejich využití při rekultivačních pracích“ (Prášek 1999).
19. Rešerše Ostravské univerzity v Ostravě „Likvidace vod s nadlimitním obsahem chloridů“ (Štarha 1999).
20. Diplomová práce – zaměření složiště popelovin v Orlové (Hlavicová, Buryšková 2000).
21. Článek „Sledování obsahu vybraných těžkých kovů v plodnicích hub“ (Prášek 2001).
22. Článek „Bioremediace půd znečištěných ropnými látkami a těžkými kovy“ (Prášek 2001).
23. Protokoly o rozborech vzorků zpracované laboratořemi OHS v Karviné, AGRO-EKO, spol. s r.o. v Ostravě, DPB Paskov, UNIGEO Ostrava, Povodí Odry, a.s. Ostrava, ECOCHEM, Praha, VÚV TGM Praha a ÚKZÚZ, regionální oddělení v Opavě.

2. STRUČNÝ POPIS LOKALITY

Složisté popelovin Elektrárny Dětmárovice (EDĚ) se nachází v Orlové-Lazích, lokalitě Zimný důl. Bývalý zemník pro těžbu neogénních jílu byl po úpravách hrazením využíván k ukládání popelovin vznikajících při výrobě elektrické energie a rovněž v omezeném množství k ukládání komunálního a ostatního odpadu. Skládka popelovin na ploše 24 ha je budována od počátku 70. let minulého století. Projektovaná kapacita skládky byla několikrát navyšována. Vzhledem k neúplnosti původní dokumentace není možné zjistit ani kapacitu úložného prostoru ani skutečné množství uloženého odpadu. Analýzou původních mapových podkladů jsme dospěli k závěru, že na složišti je do současné doby deponováno okolo 5 mil. t odpadu. V současné době probíhá rekultivace skládky.

Rekultivace je založena na využití odpadu s vysokým podílem organické složky (kaly z čištění odpadních vod), vlastních popelovin v přípovrchové vrstvě a zeminy s vysokým podílem jílovité frakce (souvkové hlíny z anaglační fáze sálského zalednění). Technická rekultivace zahrnuje především promísení výše uvedených materiálů, vybudování obslužných komunikací, odvodňovacích příkopů, propustků, demolice technických zařízení a objektů, vybudování monitorovacího systému, obvodové hráze atd. Součástí technické rekultivace byla i likvidace úložiště kalů z číření vod na volné hladině. K základním problémům technických prací náleží eliminace účinků poddolování a prosedání tělesa skládky, převod vod z nádrže nad koncem vzduť skládky do nádrže pod hrází skládky, stabilita svahů, hrází a stabilita figury navýšení centrální části skládky.

Biologická rekultivace je realizována již v průběhu technických prací a je v první fázi založena na pěstování rostlin s vysokou produkcí zelené hmoty. Rostliny jsou tak ve třech osevních cyklech nejprve využity k bioremediaci a následně, po jejich sklizni, k doplnění organické složky ve vznikající antropogenní, resp. technogenní půdě. Po ukončení třetího cyklu je připravená plocha oseta travinami a následně dřevinami. Plocha složiště bude po ukončení rekultivačních prací využívána jako účelový les.

Prostor bývalého zemníku vyplněný odpadem tvoří významnou překážku ve směru proudění povrchové a podzemní vody. Povrchová voda z nádrže Kozí Becirk nad koncem vzduť složiště je přečerpávána do nádrže Olšovec pod hrází v množství do 10 l.s⁻¹. Změny v kvalitě, směru a rychlosti proudění podzemní vody jsou způsobeny vyplněním deprese popelovinami

a lokálními účinky poddolování (dobývací prostor dolu Lazy). Průsaky hrází byly zjištěny v rozmezí 0,5-3,0 l.s⁻¹.

Složistiště popelovin EDĚ v Orlové-Zimném dole se nachází v mírně teplé oblasti (MT 10). Oblast je charakteristická dlouhým, teplým a mírně suchým létem, mírně teplým jarem a podzimem. Zima je rovněž mírně teplá, velmi suchá a s krátkým trváním sněhové pokrývky. Ve vegetačním období (duben-září) dosahují srážky 400-450 mm a v zimním období 200-250 mm. Průměrná teplota července je 17-18 °C a průměrná teplota ledna je -2 až -3 °C. Při terénních pracích bylo zjištěno, že teplota povrchu popelovin za slunečných letních dnů přesahuje hodnotu 50 °C. Naopak, v průběhu zimy povrch stabilizovaných popelovin promrzá v závislosti na obsahu vody v přípovrchové vrstvě do hloubky cca 0,3 - 0,4 m.

V lokalitě jsou provozovány dva monitorovací systémy. Vlastník složistiště sleduje v rámci TBD kvalitu podzemní a povrchové vody, měří rychlost větru a dosedání tělesa hráze. Kvalita podzemní vody je sledována ve dvou vystrojených vrtech při patě hlavní hráze složistiště. Kvalita vody je standardní a více méně odpovídá výluhu ze skládky. Ten je sledován prostřednictvím drénů při patě hlavní hráze. Vypouštěná voda obsahuje zvýšené množství Ca reziduí a má vysoké pH (až 11,2). V místech vypouštění dochází k vysrážení vápenatých složek a ke vzniku „travertinových“ hrázek. Prameniště Holotovec, které se nachází v blízkosti lokality skládky, je vůči případným průsakům chráněno hydraulickou clonou a jeho případné ohrožení průsaky z tělesa skládky je prakticky vyloučené. Množství a kvalita povrchové vody jsou zjišťovány na výtoku před jeho zaústěním do Orlovské stružky. Hlavními problémy jsou vysoké pH a obsah amoniakálních sloučenin, které však voda v toku po provzdušnění rychle ztrácí. Rychlost větru je měřena sondou umístěnou na budově vrátnice a automaticky zaznamenávána. Údaje slouží především k omezení sypání při větrném počasí z důvodu vysoké prašnosti. Geodetické měření dosedání hlavní hráze (včetně jejích navýšení) ukazuje v dlouhodobém horizontu na účinky poddolování a blíže nespecifikovaných procesů deformace horninového prostředí, které se projevuje především v oblasti jejího pravobřežního zavázání. Stabilita hráze však v současné době bezprostředně ohrožena není.

Provozovatel složistiště a zároveň dodavatel rekultivačních prací provozuje geodetický monitoring zaměřený na stabilitu hlavní a obvodové hráze, stabilitu svahů a také na hodnocení nerovnoměrného prosedání povrchu složistiště v místech deponování zejména komunálního odpadu. Výsledky ukazují na značnou nestabilitu území jako celku, avšak

ohrožení provozu zařízení a rekultivační stavby je nepravděpodobné. Dále jsou monitorovány rekultivační materiály a to jak v místech jejich pořizování, tak při procesu technické rekultivace a po jeho ukončení. Sledování je zaměřeno zejména na obsah těžkých kovů. Stejný zájem je sledován v rámci biomonitoringu, kdy jsou pravidelně sledovány účinky sukcese, kvalita dodávaného rostlinného materiálu po jeho vysázení a účinek bioremediace.

3. DRUHY POUŽÍVANÉHO ODPADU

Dle schváleného provozního řádu a podmínek stavebního povolení bylo na složišti povoleno ukládat a při rekultivačních pracích využívat následující druhy odpadu:

Tab. 1 Druhy odpadu povoleného ukládat na skládku v Orlové-Zimném dole

Katalogové číslo	Název odpadu	Druh odpadu
10 01 02	Popílek ze spalování uhlí	O
10 01 01	Škvára, struska a kotelní prach	O
10 01 05	Pevné reakční produkty na bázi vápníku z odsiřování spalin (energósádovec)	O
19 08 05	Kaly z čištění odpadních vod	O
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy)	O
02 01 07	Odpady z lesnictví	O
01 04 13	Odpady z řezání a broušení kamene	O

Zde je nutné poznamenat, že v průběhu 70. a 80. let minulého století byly na složišti ukládány také komunální odpady, kaly z číření vod a blíže nespecifikované ostatní odpady.

Popeloviny z EDĚ jsou na složiště v Orlové - Zimném dole ukládány suchou cestou. V zrnitostním složení původního průměrného vzorku výrazně převažuje frakce jemného a středního písku nad jemnějšími částicemi (viz. tab.2). V jednotlivých analyzovaných vzorcích (celkem bylo v období 1995-2000 analyzováno 50 vzorků za účelem stanovení zrnitosti popelovin) se podíl frakce 0,05-2,00 mm pohyboval od 85,9 do 92,8 %. Dle Novákovy stupnice zrnitosti lze vzorek hodnotit jako písčité. Problematické jsou vysoké hodnoty pH (okolo 12 i více).

Tab. 2 Zrnitostní složení průměrného vzorku (odběry v letech 1995-2000)

frakce (mm)	do 0,01	do 0,05	do 0,10	do 2,00	2,00 a více
%	8,2	2,1	24,0	65,3	0,4

Pro účely výše uvedeného projektu rekultivace složiště popelovin bylo ke stálému monitoringu vybráno osm rizikových prvků, obecně zahrnutých pod pojem „těžké kovy“ (viz. tab. 3). Sporadicky se provádí zjištění rizikového organického znečištění, které však za celou dobu sledování nebylo v nadlimitních hodnotách potvrzeno. V průběhu prací a ve vazbě na biologickou rekultivaci území se ukázalo, že výčet sledovaných rizikových prvků bude vhodné doplnit o hliník.

Problematické ukládání energosádrovce probíhá s ohledem na jeho nevyrovnané vlastnosti do kazet v popelovém loži. Obdobným způsobem jsou umístěny produkty odsíření v podobě stabilizátu na pokusné ploše. Riziko při ukládání představují především nadlimitní obsahy chloridů, kdy deponovaný materiál působí toxicky na rostliny. Výluh je převážně ve třídě vyluhovatelnosti 2, občasně 3.

Kaly z čištění odpadních vod se používají k rekultivačním pracím. Tvoří příměs rekultivačního materiálu (cca 30 %). Jejich kvalita je sledována s ohledem na legislativu a normy v oblasti průmyslových kompostů a jejich aplikace na ornou půdu. V minulosti (do r. 1998) byly na složišti ukládány do lagun také kaly z číření vod. Zbytková plocha kaliště byla v r. 1999 rekultivována na volné hladině (plocha cca 0,75 ha) tak, že na roznášecí koberec byl umístěný struskový filtr a zbylý prostor byl likvidovaný zásypem popelovinami. V omezeném množství byly aplikovány v průběhu rekultivace průmyslové kaly. Kaly ze zpracování celulózy byly využívány pokusně z důvodu vysokého obsahu organické frakce. Ostatní kaly z čištění vod (průmyslových) byly naopak využity pro vysoký obsah minerálních látek charakteru jemnozeme pro doplnění zrnitostní křivky materiálů ukládaných do přípovrchové vrstvy figury navýšení z důvodu její stabilizace. Vyšší obsahy některých znečišťujících látek (např. NEL) byly v průběhu rekultivačních prací eliminovány a výsledný rekultivační materiál plně vyhovuje ČSN .

Tab. 3.1 Obsah vybraných rizikových prvků v kalech z ČOV (mg.kg⁻¹)

Aplikace na zemědělskou půdu v ČR v roce 1997*				
Rizikové prvky	Počet vzorků	Aritmetický průměr	Minimum	Maximum
As	254	13,00	1,73	120,00
Cd	311	3,20	0,40	34,80
Cr	311	161,80	5,47	10 700,00
Cu	310	236,50	15,20	2 230,00
Hg	311	3,80	0,169	42,50
Ni	311	44,00	5,78	484,00
Pb	311	102,80	4,90	560,00
Zn	311	1 477,50	185,00	6 190,00

*Upraveno podle Vrabel J., Kulveit J., Sáňka M. (1999)

Tab. 3.2 Obsah vybraných rizikových prvků v kalech z ČOV (mg.kg⁻¹)

Sledovaná rekultivační stavba (1996-1997)				
Rizikové prvky	Počet vzorků	Aritmetický průměr	Minimum	Maximum
As	12	3,31	1,50	9,00
Cd	12	2,19	1,20	2,70
Cr	12	27,59	18,00	38,40
Cu	12	141,33	103,00	176,00
Hg	12	2,42	0,46	4,72
Ni	12	17,43	12,00	20,30
Pb	12	73,70	38,00	191,00
Zn	12	1 630,83	1 090,00	2 250,00

Pro zlepšení vlastností rekultivační vrstvy je využívána vyplozená drůbeží podestýlka. Po ukončení fermentace výrazně zlepšuje vlastnosti vznikajícího substrátu. Ze stejného důvodu jsou používány odpady z lesnictví (dřevní štěpka apod.).

Kaly z řezání a broušení kamene (obsah sušiny do 2,5 %) jsou sporadicky používány k zálivce a úpravě pH.

4. VLASTNOSTI POUŽÍVANÝCH REKULTIVAČNÍCH MATERIÁLŮ

Pro účely zpracování projektové dokumentace je nutné testovat jak zeminy v ploše určené k rekultivačním pracím, tak ostatní materiály navrhované k použití a to z pohledu jejich zatížení rizikovými prvky. Tab. 4 uvádí hodnoty zjištěné u povrchové vrstvy popelovin uložených na složišti v Orlové - Zimném Dole v kontrastu s limity EU pro zemědělské půdy.

Tab. 4 Maximální obsahy rizikových prvků v půdě určené k aplikaci kalů z ČOV

Rizikový prvek	Limit EU pro ZP (lučavka, pH 6-7)*	Energetické popeloviny (2M HNO ₃ , pH 11)**
As	-	0,18
Cd	1-3	< 0,75
Cr	100-200	32,00
Cu	50-140	38,00
Hg	1-1,5	0,45
Ni	30-75	28,00
Pb	50-300	18,00
Zn	150-300	91,00

*EC Document Code 86/278/EEC (převzato z Vrubel J., Kulveit J., Sářka M., 1999)

**přípovrchová vrstva popelovin, směsný vzorek z plochy 0,5 ha, hloubka sond - 0,5 m, údaje z r. 1996

Stanovení maximálních vstupů rizikových prvků do rekultivační vrstvy při aplikaci kalů bylo provedeno výpočtem při respektování dalších parametrů, jako jsou pH a poměr C:N.

Tab. 5 Skutečné vstupy rizikových prvků do půdy při používání kalů z ČOV ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$) na rekultivační stavbě složiště popelovin EDĚ v Orlové - Zimném dole

Rizikový prvek	Množství v r. 1998
As	0,41
Cd	0,29
Cr	4,83
Cu	22,63
Hg	0,52
Ni	3,18
Pb	12,46
Zn	242,88

V průběhu rekultivačních prací je realizován monitoring se zaměřením na jejich účinek. Zjištěné obsahy rizikových prvků ve vznikající antropogenní půdě jsou uvedeny v porovnání s maximálně přípustnými hodnotami dle Vyhlášky MŽP ČR č. 13/1994 Sb.

Tab. 6.1. Obsah rizikových prvků ve vzorku rekultivační vrstvy v $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

(ve výluhu 2M HNO_3)

odběrná hloubka (m)	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
0,00-0,30	0,73	0,23	10,20	22,40	0,186	6,16	21,60	127,00
0,31-0,60	0,97	< 0,15	12,30	14,70	0,100	5,27	12,55	52,50

Tab. 6.2 Obsah rizikových prvků ve vzorku

Prvek	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Vyhláška 13/1994 Sb.	4,50	1,00	40,00	50,00	0,80	25,00	70,00	100,00

Při hygienizaci kalů pomocí látek s vysokou hodnotou pH působí více účinných faktorů, a to zvýšená teplota vyvolaná exotermní reakcí CaO s vodou, silná alkalita prostředí způsobená vznikajícím Ca (OH)₂ a následně desinfekce amoniakem vytěsněným ze zalkalizovaného materiálu. Zpravidla již 5% přídavek CaO, při němž hodnota pH 12, je dostačující pro dosažení hygienické nezávadnosti mikrobiologicky nevyhovujících kalů. Například při pH = 11 po jedné hodině přežívá jen 0,5% Salmonelly taphi z původního množství a s časem působení tento podíl dále klesá.

Při biosolidizaci kalů látkami s vysokou hodnotou pH dochází ke snížení obsahu těžkých kovů v konečném produktu (viz. tab. 7). Vzhledem k vysoké hodnotě pH přecházejí kationty rizikových kovů z různých solí do hydroxidových forem, jež se sráží. Hydroxidy přeměněné na uhličitany jsou pak rozpustné jen v kyselém prostředí. V rámci rekultivačních prací na složišti popelovin jsou kaly z ČOV používány od r. 1994 se stejnou filosofií. Kontrolní rozborů zaměřené na organické znečištění a mobilitu těžkých kovů ukázaly, že výše uvedené závěry jsou dosažitelné s použitím suchých energetických popelovin s vysokou hodnotou pH (okolo 12).

Tab. 7 Minimální hodnoty pH pro vybrané ionty, při nichž nastává úplné srážení kovových iontů ve formě hydroxidů (převzato a upraveno podle Kusá, H., Růžek, P. 1999)

Iont	Al ³⁺	Cd ²⁺	Cu ²⁺	Mn ²⁺	Ni ²⁺	Pb ²⁺	Zn ²⁺
pH _{min.}	5,0	9,5	7,0	10,5	9,0	6,5	8,5

Rozborů ukládaných popelovin ukázaly, že zásadním problémem řešení úkolu je pH, kde u čerstvých popelovin byly zjištěny hodnoty až okolo 13. Tato hodnota byla nepříznivě dále upravována přímo na složišti, kde bylo v minulosti jako protiprašné opatření aplikováno vápenné mléko.

Tab. 8 Vybrané vstupní ukazatele kvality popelovin (výluh 100g/1000 ml H₂O).

ukazatel	pH	Ca ⁺⁺ (mg.l ⁻¹)	K ⁺ (mg.l ⁻¹)	Cd (mg.l ⁻¹)	Cu (mg.l ⁻¹)	Hg (μg.l ⁻¹)	Pb (mg.l ⁻¹)	As (μg.l ⁻¹)	Zn (mg.l ⁻¹)
hodnota	11,7	62,5	2,7	0,002	0,021	0,4	0,02	10	0,034

Vlastní rekultivační postup je založen na využití zeminy s vysokým obsahem jílových částic a čistírenských kalů, které se aplikují přímo na povrch popelovin.

Stabilizované čistírenské kaly jsou přidávány opakovaně v množství 2 000 t.ha⁻¹ (tzn. max. 500 t sušiny). Z hlediska laboratorního hodnocení nesmí zejména hodnoty těžkých kovů v kalech překračovat limity stanovené ČSN 46 5735 „Průmyslové komposty“. Kaly jsou zdrojem živin, mírně upravují pH a vodní režim v přípovrchové vrstvě popelovin, tzn. budoucím substrátu. Vybrané charakteristiky kalů jsou dokumentovány v tabulce.

Tab. 9 Vybrané vstupní ukazatele kvality stabilizovaných kalů z ČOV.

(Kal z kalolisu ČOV Havířov)

ukazatel	pH	Ca ⁺⁺ (mg.l ⁻¹)	K ₂ O (%)	Cd (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Hg (mg.kg ⁻¹)	Pb (mg.kg ⁻¹)	As (mg.mg ⁻¹)
hodnota	8,0	-	0,38	2,8	131	4,5	73	2,4

Obsah sušiny v kalech se pohybuje zpravidla v rozmezí od 20 do 27 %, celkový obsah dusíku (N) v sušině je okolo 5 %, poměr C:N = 6:1, celkový fosfor (P₂O₅) okolo 2,5 % a draslík (K₂O) okolo 0,35 %. Vzhledem k tomu, že čistírenské kaly představují určité riziko při použití, jsou návozy pravidelně dokládány chemickými rozbory a následně znova kontrolovány. Z výše uvedených důvodů bylo rovněž provedeno gamaspektrometrické vyšetření vzorků kalů ze spolupracujících ČOV v laboratoři Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, regionální centrum Ostrava. V případě přírodní radioaktivity se hmotnostní aktivita Ra²²⁶ pohybovala v rozmezí od 19 do 32 Bq.kg⁻¹. Umělá radioaktivita vyjádřená hmotnostní aktivitou Cs¹³⁷ vykazovala hodnoty od 10 do 21 Bq.kg⁻¹.

Po dokonalém promísení popelovin, kalů a zeminy hlubokou orbou, popř. dozerem je výsledný povrch urovnán smykem. V průběhu běžného roku je dvakrát provedeno osetí rychle

rostoucími plodinami, např. řepkou, hořčicí, vyjímečně také směsí slunečnice, hrách, proso. Rostlinný kryt zabraňuje větrné erozi, zajišťuje relativně rovnoměrný režim vlhkosti v přípovrchové vrstvě a ve svém důsledku poskytuje zelenou hmotu využitelnou v průběhu následných rekultivačních prací. Vždy při maximální produkci zelené hmoty je proveden pokos a hmota je orbou vmíšena do vznikajícího substrátu. Po asi dvou letech je přípovrchová rekultivační vrstva tvořena středně těžkou zeminou s velmi dobrými podmínkami pro růst rekultivačních rostlin. Výsledný substrát na rekultivované ploše složiště popelovin odpovídá požadavkům Vyhlášky MŽP č.13/1994 Sb. (viz. příloha č. 1 „Rizikové prvky v půdách náležících do zemědělského půdního fondu“).

Rozbory půdních vzorků výsledného substrátu rovněž prokázaly, že množství humusu v rekultivační vrstvě se pohybuje v rozmezí od 2,4 do 4,8 %.

Tab. 10 Vybrané charakteristiky výsledného substrátu (vodný výluh 1:10)

ukazatel	jednotky	metoda	chyba stanovení (%)	hodnota
sušina	%	gravimetrická	5	82,6
pH	-	elektrometrická	5	7,7
vodivost	$\mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$	elektrometrická	5	16,3
CHSK-Cr	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	titrační	10	55,0
Cd	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	AAS	10	0,003
Hg	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	AMA	10	0,001
Zn	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	AAS	10	0,34

Radonový průzkum lokality po ukončení rekultivačních prací na první části rekultivace prokázal, že objemová aktivita radonu v rostlých zeminách v okolí složiště je vyšší (od 25 do 35 kBq.m³) než na rekultivované ploše. Vysvětlení tohoto zdánlivého rozporu vyplývá z následujících skutečností:

- radon, jako plynný radioaktivní prvek, nemůže prostoupit celou vrstvou popelovin až k povrchu složiště. Difúzní délka radonu, tj. dráha, kterou molekuly radonu urazí po dobu poločasu rozpadu je v nezpevněných zeminách 1,0-1,3 m. Proto

v přípovrchové vrstvě popelovin je výskyt radonu, jehož zdrojem by mohlo být podloží složiště, nepravděpodobný,

- podloží uložených popelovin, vzhledem k jejich mocnosti, je vystaveno svislému napětí v řádu několika stovek kPa. Takový materiál je dlouhodobě konzolidován a vůči prostupujícímu radonu se chová jako hůře propustný (Kořínek, Skalák 1996).

Opakovanými rozbory zelené hmoty bylo doloženo, že hodnoty rizikových prvků, zejména těžkých kovů nepřekračují množství zjištěná u rostlin pěstovaných na zemědělských půdách v širším zázemí Orlové. Vybrané charakteristiky zelené hmoty jsou doloženy tabulkou č. 11. Kvalita porostu a zdravotní stav rostlin v průběhu rekultivačních prací jsou předpokladem pro zdárný průběh závěrečné biologické rekultivace. Tato je navržena a v první části realizována lesnickým způsobem (změna užívání ve prospěch lesního půdního fondu). Jako cílové dřeviny byly vybrány dub letní (*Quercus robur*), jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a javor klen (*Acer pseudoplatanus*). Melioračními dřevinami jsou olše šedá (*Alnus incana*) a lípa srdčitá (*Tilia cordata*).

Tab. 11 Vybrané charakteristiky zelené hmoty (složení popelovin EDĚ).

ukazatel	jednotky	slunečnice	houby	proso	hrách
sušina	%	16,3	10,0	47,3	22,6
pH (H ₂ O)	-	5,4	-	5,5	5,8
celkový N	%	0,4	-	0,9	0,8
celkový P	g.kg ⁻¹	0,47	-	1,5	0,8
Cu	mg.kg ⁻¹	3,4	11,5	4,4	2,3
Cd	mg.kg ⁻¹	0,04	0,3	0,11	0,007
Zn	mg.kg ⁻¹	17,8	19,5	50,1	26,9

Zemina s vysokým podílem jílovité frakce byla dodávána z oblasti Opavské pahorkatiny, kde byla odtěžována jako nadloží při otvírce zeminíku. Z geologického hlediska se jedná o souvkovou hlínu z anaglační fáze sálského zalednění. Reakce zeminy je neutrální (pH 7 – 7,5) až mírně kyselá (pH 6-7). Problematický je obsah Al, který se zde vyskytuje jako přirozený produkt rozpadu hornin (hodnoty blízké limitu). Občasné používání písčitého jílu až písku bylo vyvoláno potřebou stabilizovat zrnitostní křivku materiálu ukládaného do přípovrchové vrstvy (hrubé popeloviny). Problematické mísení zeminy, popelovin a kalu

orbou (původní verze) bylo nahrazeno mísením dozerem a následnou orbou. Mocnost rekultivační vrstvy cca 0,7 m a její kvazihomogenizace tak jsou reálné.

Ostatní druhy odpadu jen doplňují poměr 1:1:1 (popeloviny:kaly:zemina) ve smyslu obohacení rekultivační vrstvy o biologický materiál, nebo v případě kalů ze zpracování kameme napomáhají úpravě pH. Biodegradace organické složky kalů je totiž natolik intenzivní, že se po cca 3-5 letech při optimálním hospodaření blíží 100 %.

Průmyslový kal s vysokým obsahem jílnatých částic byl použit jako doplňující materiál do figury navýšení centrální části složiště. Stabilita navýšení nemohla být bez použití obdobného materiálu zajištěna z důvodu sypání téměř výlučně hrubých popelovin. Dle dosavadních výsledků je po aplikaci kalu stabilita dostatečná, byl upravený hydrický režim a při homogenizaci dosaženo přípustných hodnot pro rekultivační vrstvu (deklarace předaných vstupních údajů byla zpochybněna pro nevyrovnanost biochemických vlastností a návozy byly předčasně ukončeny). Přesto lze konstatovat, že vhodným způsobem homogenizace lze upravit i velmi nevyrovnané vlastnosti používaných materiálů a v konečném procesu technické, resp. biologické rekultivace dosáhnout optimálních hodnot sledovaných polutantů.

5. KOMPLEXNÍ ZHODNOCENÍ REKULTIVAČNÍCH PRACÍ

Navržený rekultivační postup se ukázal jako vyhovující a to včetně významné úspory finančních prostředků. Byla prokázána možnost a vhodnost použití stabilizovaných čistírenských kalů jako rekultivačního materiálu, který při správné aplikaci nezhoršuje biologické, chemické ani mechanické vlastnosti výsledného substrátu a pro vysoký obsah živin naopak urychluje proces biologické rekultivace. Nezanedbatelným se jeví rovněž omezení množství odpadu z procesu čištění splaškových vod ve prospěch jejich využití jako druhotné suroviny pro potřeby rekultivací. Obdobným způsobem lze využívat i ostatní, zejména biodegradovatelný odpad.

Rekultivační substrát (vznikající antropogenní půda), získaný smísením čistírenských kalů, energetických popelovin a v tomto případě slabě ilimerizované hnědozemě je vhodným

materiálem pro překrytí prašného povrchu skládky s vyhovujícími fyzikálními vlastnostmi a příznivým zatížením rizikovými prvky.

Distribuce cizorodých látek v prostředí je ovlivňována následujícími faktory, a to typem látky, její koncentrací, stabilitou a formou výskytu. Z hlediska četnosti výskytu jsou v geologickém prostředí nejčastěji obsaženy těžké kovy, anorganické soli, NEL, AOX, EOX, PAU, PCB. Cizorodými látkami jsou i komponenty mechanického znečištění, tj. inertní materiály. Při použití energetických popelovin ve směsi dochází k významnému snížení obsahu a omezení mobility těžkých kovů a rovněž k dodatečné a dostatečné hygienizaci nejen kalů z čistíren odpadních vod zejména kvůli vysokému pH popelovin a také pro rozsáhlý povrch jejich jednotlivých zrn. Při sypání „suchou cestou“ a při kontaktu s jinými materiály jsou navázány dílčí polutanty do mřížky popelů, tj. obdoba solidifikace. Bioremediací pak dochází k degradaci organického znečištění prakticky v celém rozsahu. Forma výskytu polutantů je závislá na vlastnostech látek a prostředí. Vedle původní formy se látky mění v důsledku chemických, biochemických a fyzikálních reakcí a tak forma přítomnosti látek v prostředí je rozhodujícím faktorem jejich působení na prostředí.

Na výše uvedených faktorech závisí i úspěch rekultivačních prací s využitím odpadu. Hodnoty výluhu, určení nebezpečných vlastností odpadu, ekotoxicita apod. jsou informace jistě zásadní, avšak přímé použití konkrétního odpadu, jeho úprava a vlastní využití pro rekultivace je věcí individuálního posouzení jak odpadu, tak zejména prostředí, do kterého je aplikován. Z tohoto důvodu je využití odpadu k rekultivačním pracím věcí komplexního hodnocení lokality a ne jen odpadu. Velké množství hodnotných rekultivačních materiálů je tak zbytečně ukládáno na skládky sice v souladu s platným zákonem, ne však v souladu se zdravým rozumem. Naopak, některé podmíněně toxické materiály jsou běžně aplikovány a jejich využití mimo režim zákona o odpadech je víc než problematický. Příkladem může být zbytečná komplikace při povolování využití čistírenského kalu ze známého antropogenního povodí a známých, relativně stálých vlastností k rekultivačním účelům. Naopak, používání např. hlušiny z těžby černého uhlí se stalo samozřejmostí a to i přes velké obsahy podmíněně mobilizovatelných kontaminantů (např. S). Jiným příkladem mohou být výskytu NEL. Zákonem stanovený limit pro obsah NEL v rekultivačních materiálech i výsledném substrátu je poměrně přísná, avšak ty se vyskytují ve zvýšených obsazích běžně v dodávaných kompostech a zahradnických substrátech. Důvodem jejich

výskytu jsou používány vstupní suroviny (kůra apod.). Možnost kontaminace okolního prostředí je v případě ozelenění ploch upravených pomocí takových substrátů prakticky nulová, rychlost degradace NEL značná (většinou řádově měsíce).

Zkušenosti z rekultivace složiště popelovin lze shrnout do následujících bodů:

1. Navržený rekultivační postup se ukázal jako vyhovující, ekonomický a dostatečně účinný.
2. Využití odpadu, zejména čistírenských kalů, je plně v souladu se zákonem o odpadech a s trendy v EU. Některé odpady, jako např. popeloviny, představují velmi cennou druhotnou surovinu.
3. Žádný z odpadů, navrhovaných k využití při terénních pracích v krajině, nelze posuzovat samostatně a jen jako odpad. Vždy je potřebné posuzovat komplexně látky a procesy, které v krajině (geologickém prostředí) probíhají a které antropogenní činností v průběhu např. rekultivace modifikujeme.
4. Kumulace některých látek v prostředí, např. zinku, nemusí být nutně problémem. Problémem je jen zajištění jejich kvaziimobilizace s ohledem na využití území.
5. Komplikací při biologické rekultivaci se jeví ukládání energosádrovce do blízkosti projektovaného povrchu (méně než 2 m). Agresivita výluhu při vzlínání je natolik velká, že je zásadně omezuje růst rostlin (zvýšené obsahy chloridů a síranů).
6. Zvýšené obsahy rtuti a pravděpodobně i kadmia mají svůj původ v atmosférické depozici a z pohledu vlastní rekultivace je zbytečné se jimi zabývat.
7. Výsadba cílových dřevin je do rekultivovaných ploch naprosto nevhodná i přes jejich rychlý zápoj. Dle dosavadních zkušeností se jeví nejvýhodnějším režim a s aplikací rostlinného materiálu již v průběhu technické rekultivace (bioremediace), velmi pomalý proces rekultivace (nejlépe 3-5 let), po ukončení technických prací výsev travin, keřů nebo rychlerostoucích dřevin s pravidelnou sečí a to v průběhu nejméně dalších 15-30 let (dle charakteru lokality a používaného rekultivačního materiálu). Po této době je plocha připravena k dalšímu využití.
8. Je nezbytně nutná přesná evidence rekultivovaných ploch, nejlépe formou GIS, a to v souvislosti s jejich budoucím využitím. Za rekultivaci je nutné považovat také sanace, meliorace a další významné zásahy do krajiny.
9. Problematika eroze není hlavní ve vztahu k budoucímu povrchu. Důležitější (zejména při využití odpadu) je režim podzemní vody v malých hloubkách a v souvislosti

s povrchovou vodou. Komplikaci představuje převážně zasolování a druhotné, hygienické obtíže při vzniku lokálních bezodtokových depresí (např. nadměrný výskyt hmyzu).

10. Morfologie reliéfu ve vztahu k využití území, vlastní rekultivaci a začlenění rekultivační stavby do okolní krajiny je zásadní.

6. VÝBĚR CITACÍ

a) V rámci studia problematiky TK byly dále studovány následující práce:

BENEŠ, S.: Hodnocení obsahu těžkých kovů v průmyslově vyráběných kompostech. Rostlinná výroba, ročník 37, Praha 1991, 981-990. CS ISSN 0370-663X

BENEŠ, S.: Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí. II. část. Mze ČR, 159 s., Praha 1994.

BENEŠ, S.-BENEŠOVÁ, J.: Bilance rizikových prvků ve sférách životního prostředí. Rostlinná výroba, ročník 39, Praha 1993, 941-958. CS ISSN 0370-663X

GABRIEL, J.: Obsahy těžkých kovů v dřevokazných houbách. Živa, 46, 1998, č. 2, s. 57-58.

HECL, J.: Znečistenie pôd VSN ťažkými kovmi vplyvom antropogénnej činnosti. In: MATI, R. a kol.: Zborník vedeckých prác Oblastného výskumného ústavu agroekológie v Michalovciach. 14/1998, 188-197.

JANEČEK, M.-SKŘIVAN, P.-MACUROVÁ, H.-HÁLOVA, G.-BURIAN, M.: Transport těžkých kovů z kontaminovaných půd vodní erozí. Vědecké práce VÚMOP Praha, 1999 (10), 41-55.

KAFKA, Z. - PUNČOCHÁŘOVÁ, J.: Těžké kovy v půdě a jejich vyluhování. EKO - ekologie a společnost, 9, 1998, č. 5, s. 15-17.

KALAČ P. (1999) Obsah rtuti v plodnicích volně rostoucích jedlých hub. In: Mikroelementy '97. České Budějovice, s. 71-74.

KALAČ P., SVOBODA L. (1999) Těžké kovy v jedlých houbách. Biologie, chemie, zeměpis 8, č. 2, s. 64-67.

MATVIETS, O.H.-CHOMA, ZH.-CHOMA, Z.Z.-VASH, O.YU.: Soil Pollution and Use of Natural Sorbents to Prevent the Accumulation of Heavy Metals in Agrobiocenoses of Karpatian Region of Ukraine. In: MATI, R. a kol.: Zborník vedeckých prác Oblastného výskumného ústavu agroekológie v Michalovciach. 14/1998, 200-202.

PERTOLD, Z.: Arzen v životním prostředí. Přírodní i jiné zdroje arzenu a způsoby, jak jej zneškodnit. Vesmír, 77, 1998, č. 6, s. 323-325.

PETERKA, J., ŠVEHLA, J., BASTL, J. (2000) Obsah některých stopových prvků v pěstovaných rostlinách laskavce (*Amaranthus L.*). In: Sborník konf. "EKOTREND 2000", Č. Budějovice, s. 125-126.

PODLEŠÁKOVÁ, E.-NĚMEČEK, J.: Využití výsledků studia simulované zátěže půd rizikovými prvky. Vědecké práce VÚMOP Praha, 2001 (12), 95-114.

PODLEŠÁKOVÁ, E.-NĚMEČEK, J.: Specifické rysy vazeb stopových prvků v půdě. Vědecké práce VÚMOP Praha, 2001 (12), 67-82.

PODLEŠÁKOVÁ, E.-NĚMEČEK, J.-VÁCHA, R.: Zatížení půd a rostlin severomoravského imisního regionu rizikovými látkami. Vědecké práce VÚMOP Praha, 1999 (10), 109-122.

PODLEŠÁKOVÁ, E.-VINŠOVÁ, M.-NĚMEČEK, J.: Problematika hygieny půdy při aplikaci průmyslových odpadů. Vědecké práce VÚZZP Praha, 1986, 4, 127-142.

POKORNÝ J., PECHAR L., RADOVÁ J., BASTL J., DRBAL K., ŠVEHLA J. (1999) Heavy metals in ecosystems of Lužnice river and Naděje fishponds system (Třeboň biosphere reserve). In: J. Vymazal (ed.): Nutrient Cycling and Retention in Natural and Constructed Wetlands. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands, pp. 1-14.

ŠPIČKA, J., SVOBODA, L., JANOUŠKOVÁ, D. (2000) Stanovení obsahu methylrtuti v rybí tkáni. In: Sborník konf. "Rybářské dny", Vodňany, s. 54-57.

ŠVEHLA J., DRBAL K., BASTL J., MIKULÁŠ R. (1999) Rizikové těžké kovy v sedimentech rybníků okolí města České Budějovice. In: Sedimenty vodních toků a nádrží. SVHS, ZSVTS pri VÚVH-Bratislava, Bratislava, s. 74-80.

ŠVEHLA J., DRBAL K., BASTL J., MIKULÁŠ R. (1999) Sorpce a desorpce manganu v sedimentu. Manganese sorption and desorption in sediment. In: European Winter Conference on Plasma Spectrochemistry. Pau (France), s. 134.

ŠVEHLA, J., JANOUŠKOVÁ, D., DRBAL, K. et al. (2000) Porovnání obsahu rtuti v sedimentech, vodě a rybách rybníku Bezdrev a vodárenské nádrže Římov. Chemické listy 94, 9, s. 829.

ŠVEHLA J., DRBAL K., BASTL J., MIKULÁŠ R., HEZINA T. (1999) Distribuce některých rizikových kovů ve vodě a sedimentech vodárenské nádrže Římov u Českých Budějovic. In: Pitná voda 1999, W&ET ing. Petr Dolejš, Tábor, s. 379-384.

SVOBODA, L., ZIMMERMANNOVÁ, K., KALAČ, P. (2000) Concentrations of mercury, cadmium, lead and copper in fruiting bodies of edible mushrooms in an emission area of a copper smelter and a mercury smelter. The Science of the Total Environment 246, 1, p. 61-67.

SVOBODA, L., ZIMMERMANNOVÁ, K., KALÁČ, P. (2000) Obsahy rtuti, kadmia a olova v jedlých houbách z imisní oblasti dvou kovohutí. Chemické listy 94, zvl. č., s. 996.

UHLÍŘOVÁ, H.: Těžké kovy v lesních ekosystémech České republiky. Zprávy lesnického výzkumu, 44, 1999, č. 3

b) V rámci studia problematiky rekultivací byly mj. studovány následující práce:

ANONYMUS: Asanace a rekultivace důlních oblast. Několik nových lit. informací. Ostrava, St. věd. knihovna, 1960, 10 str.

ANONYMUS: Rekultivace. Praha, ÚRS, 1993, 44 str.

ANONYMUS: Rekultivace. Součást tvorby a ochrany životního prostředí v ostravsko-karvinském revíru. Ostrava, Automatizace řízení OKD, 1978, 49 str.

ANONYMUS: Rekultivace. Praha, Ústav racionalizace ve stavebnictví, 1991, 58 str.

ANONYMUS: Rekultivace. Praha, ÚRS, 2001, 55 str.

ANONYMUS: Revitalizace a možnosti využití krajiny. Ústí nad Labem, Univerzita J.E. Purkyně, 1997, 106 s. ISBN: 80-7044-160-7. Autoři jednotlivých referátů: Mikolášek, David; Dýrová, Eva; Seják, Josef; Součková, Helena; Rohon, Pavel; Ondřej, Jan; Vráblíková, Jaroslava; Petříková, Vlasta; Štýs, Stanislav; Huleš, Ludvík; Ondráček, Vratislav; Figala, Jaroslav; Merrill, Michael.

BLÁHA, Ladislav; BLUMA, Milan; PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Výnosové schopnosti pšenice na důlní rekultivované výsypce. Úroda. ISSN 0139-6013. - roč. 41, č. 9 (1993), s. 292-294.

BLUMA, Milan; ROTH, Jiří; PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Technické a energetické plodiny na důlních výsypkách a složištích elektrárenského popela. Úroda. - ISSN 0139-6013. - roč. 41, č. 5 (1993), s. 195-196.

BORŮVKA, Luboš; KOZÁK, Josef; VACEK, Oldřich; VALLA, Miloš: Aplikace geostatistiky při projektování rekultivace výsypky Lítov. Půdní systémy a antropická činnost : Sborník abstraktů z 1. celostátní konference. Česká pedologická společnost. ISBN 80-7157-275-6. 1997, s. 143-144.

ČERMÁK, Petr; KOHEL, Jaroslav; MĚSKOVÁ, Lenka: Vytváření antropogenních půd na výsypkách a možnosti jejich využití. Uhlí rudy geologický průzkum .-- Praha. ISSN 1210-7697. roč. 7, č. 10 (200011) , s. 8-14.

ČERMÁK, Petr; ONDRÁČEK, V.: Využívání slinitých hornin při rekultivaci výsypek. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. - ISSN 1210-1672. - Č. 10 (1999), s. 5-12.

ČERMÁK, Petr; VÁŠKA, J.; KURÁŽ, Václav: Problematika erozních procesů na převýšených výsypkách Severočeského hnědouhelného revíru. Rostl. Výroba. - ISSN 0370-663X. - roč. 40, č. 1 (1994), s. 53-61.

DEDERA, František; KOHEL, Jaroslav; SIXTA, Jan: Vliv organických a organominerálních hnojiv na pobíhající biologický cyklus zemědělské rekultivace výsypek. Zpravodaj Hnědé uhlí. Most: Výzkumný ústav pro hnědé uhlí, a.s. ISSN 1211-0655, č.1/1996, březen, s. 16-21.

DIMITROVSKÝ, Konstantin: Dendrologické aspekty při rekultivaci devastovaných území: Klasifikace domácích a introdukovaných dřevin pro antropogenní stanoviště. Ochrana přírody. ISSN 1210-258X. Roč. 55, č. 3 (2000) , s. 95-96.

DIMITROVSKÝ, Konstantin: Lesnická rekultivace devastovaných půd báňskou činností. Praha, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1979, 64 str.

DIMITROVSKÝ, Konstantin: Zemědělské, lesnické a hydrické rekultivace území ovlivněných báňskou činností. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000, 66 str. ISBN: 80-7271-065-6.

DOLNÝ, Aleš: Budou na odvalech chráněná území přírody? Živa. ISSN 0044-4812. Roč. 48, č. 4 (2000), s. 173-176.

DRLÍK, Romuald: Rekultivace důlních revírů. Ostrava, St. věd. knihovna, 1957, 43 str.

DRLÍK, Romuald; LEGÁTOVÁ, Božena: Rekultivace důlních oblastí. Výběrová bibliografie. Ostrava, Státní vědecká knihovna, 1966, 38 str.

DRLÍK, Romuald; LEGÁTOVÁ, Božena; ŠTÝS, Stanislav: Asanace a rekultivace území postižených uhelnou těžbou. Sborník statí. Ostrava, Státní vědecká knihovna, 1964, 126 str.

FARSKÝ, Miroslav: Antropogenní zátěže a revitalizace devastované krajiny. Sborník příspěvků z mezinárodní konference. Ústí nad Labem, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, 2000, 111 str. ISBN: 80-7044-330-8.

FEČKO, Petr: Spracovanie a využitie odpadov po ťažbe uhlia. Odpady. ISSN 1210-4922. Roč. 7, č. 1 (1997), s. 7.

GULÍKOVÁ, Eva: Možnosti využití rychlerostoucích jehličnanů při řešení některých ekologických problémů v báňském prostředí. Uhlí rudy geologický průzkum. Praha. ISSN 1210-7697. roč. 5, č. 11 (1998-11), s. 356-357.

KNOB, Jaroslav; ĎURIŠOVÁ, Alla, KOSTRUCH, Jan: Návrh zkrácení biotechnických způsobů zemědělské rekultivace v Ostravsko-karvinském revíru. Praha, Výzkumný ústav pro zúrodnění zemědělských půd, 1990, 17 str.

KOSTRUCH, Jan: Názvosloví používané v oboru "Asanace a rekultivace v hornictví, odvaly a výsypky". Ostrava, Ústav ekologie průmyslové krajiny, 1993, 16 str.

KŘÍBEK, Bohdan: Rychlost zvětrávání fosilní organické hmoty výsypek uhelných dolů a velkých staveb a vliv oxidačních produktů na půdní vlastnosti deponií. *Acta montana. Series AB. Geodynamics and Fuel, Carbon and Mineral Processing*. Praha. ISSN 0365-1398, č. 4(106) (1997), s. 163-170.

KURÁŽ, Václav; MATOUŠEK, Jan; ČERMÁK, Petr: Využití dielektrické metody pro monitoring vodního režimu rekultivovaných výsypek v oblasti SHR. *Půdní systémy a antropická činnost: Sborník abstraktů z 1. celostátní konference. Česká pedologická společnost*. ISBN 80-7157-275-6. 1997, s. 101-102.

NĚMEC, Zdeněk: K problematice rekultivačních prací na jílových výsypkách. *Lesnická práce*. r. 70, č. 10 (1991), s. 315.

PETŘÍKOVÁ, Vlasta: Systém hnojení při rekultivaci důlních (jílových) výsypek a složišť popelů. Praha, Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, 1990, 44 str.

PIŽL, V.: Sukcese žížal (*Oligochaeta, Lumbricidae*) na rekultivovaných výsypkách po těžbě hnědého uhlí. 9. sjezd českých zoologů : Sborník abstraktů. - České Budějovice : Ústav půdní biologie Akademie věd ČR, 1997. ISBN 80-902020-2-0. s. 32-33.

POKORNÝ, Eduard; FILIP, Jiří; LÁZNIČKA, Vladimír: *Rekultivace*. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001, 128 str.

PROCHÁZKA, Jaroslav: *Nové technologie vegetačního zpevnování svahů*. Bratislava, Výskumný ústav inžinierskych stavieb, 1973, 43 str.

RACLAVSKÁ, Helena; RACLAVSKÝ, Konstantin: *Hornická a pohornická krajina horního Slezska*. Ostrava, Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 2001, 182 str. ISBN: 80-7078-930-1.

SMOLÍK, Dušan: *Rekultivace území po těžbě černého uhlí v poměrech ostravsko-karvinského revíru*. Ostrava, 1991.

STŘELEČ, Tomislav: Finanční rezerva na sanaci a rekultivaci. *Uhlí, rudy, geologický průzkum*. Praha. ISSN 1210-7697. roč. 6, č. 5-6 (1999-05) , s. 10-11.

STŘELEČ, Tomislav: Porovnání řešení některých následků dobývání černého uhlí v polském okrese Wodzislaw Slaski a v české části hornoslezské pánve. *Uhlí rudy geologický průzkum*. Praha. ISSN 1210-7697. roč. 8, č. 2 (2001-03), s. 29-30.

STŘELEČ, Tomislav: Regenerace území ovlivněného černouhelným hornictvím v Porúří. *Uhlí rudy geologický průzkum*. Praha. ISSN 1210-7697. roč. 8, č. 8 (200108) , s. 24-28.

STŘELEČ, Tomislav: *Životní prostředí a rekultivace v jihowaleské uhelné pánvi*. *Planeta '95*. ISSN 1210-4124. Roč. 3, č. 3 (199503), s. 9-11.

SVOBODA, Ivan; KRYL, Václav: Technické, ekonomické a legislativní aspekty zahlazování následků hornické činnosti. Zpravodaj Hnědé uhlí : Sborník přednášek z konference Hnědé uhlí 98. Most. ISSN 1211-0655, Č. 3 (1998), s. 93-98.

ŠTRUDL, Milan; DIMITROVSKÝ, Konstantin; VANĚK, Pavel: Hledání pravdy pro vymezení podmínek uplatňování druhové skladby dřevin v rekultivační praxi. Zpravodaj Hnědé uhlí. Most. ISSN 1211-0655, Č. 4 (1998), s.35-43.

ŠTRUDL, Milan; DIMITROVSKÝ, Konstantin; VANĚK, Pavel: Ekologická stabilita antropogenních půd. Zpravodaj Hnědé uhlí. Most. ISSN 1211-0655, Č. 4 (1998), s. 5-15.

ŠTRUDL, Milan; DIMITROVSKÝ, Konstantin; VANĚK, Pavel: Regionální návrh způsobu využívání introdukovaných dřevin v podmínkách výsypkových stanovišť severočeského a sokolovského hnědouhelného revíru. Uhlí rudy geologický průzkum. Praha. ISSN 1210-7697. roč. 5, č. 9 (1998-09), s. 292-294

ŠTÝS, Stanislav: Rekultivace. Most, Mostecká uhelná společnost, 1997, 63 str.

ŠTÝS, Stanislav: Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin. Praha, SNTL, 1981, 680 str.

ŠTÝS, Stanislav; KLIMECKÝ, Oldřich: Rekultivace. Most, Mostecká uhelná spol., 63 str.

THEODOSISOVÁ, Jana: Asanace a rekultivace. Alternativa obnovy krajiny ovlivněné hornickou činností. Uhlí rudy geologický průzkum. Praha. ISSN 1210-7697. roč. 6, č. 1 (1999-01), s. 4-6

TOMÁŠEK, Milan; ŠEFRNA, Luděk: Novotvorba půd na rekultivovaných výsypkách Severočeské hnědouhelné pánve. Úloha a využití výsledků pedologie v ekologii se zaměřením na agroekologii : Sborník referátů z 5. pedologických dnů / editor Bořivoj Šarapatka. Olomouc, Univerzita Palackého v Olomouci, 2000. ISBN 80-244-0060-X. s. 106-113.

VANĚK, J.: Studie krajinně ekologických rizik spojených s rozvojem velkodolu Československé armády (VČSA). Praha, Ústav krajinné ekologie ČSAV, 1982, 34 str.

7. KOMENTÁŘ K PŘÍLOHÁM

a) Fotomozaika stavby sestavená z leteckých snímků pořízených v r. 1997 (barevná fotografie). Na snímcích je vidět rekultivovaná část složiště v prostoru hlavní hráze, včetně mulče po pravidelné seči. Ostatní část plochy složiště slouží dále k návozům popelovin a rekultivačních materiálů a jejich přípravě.



b) Fotografie sond 1, 5 a 6 jako příklad způsobu kontroly (vizuální) a míst odběru vzorků pro detekci obsahu TK – hodnotí se úrovně $-0,2$; $-0,4$ a $-0,6$ m p.t.



sonda 1



sonda 5



sonda 6

c) Fotografie ze založení nového pokusu s rychlerostoucími dřevinami (vrba a topol) na ploše nad úložištěm produktů odsíření (hodnotí se TK).



pokus – topol



pokus - vrba

d) Fotografie rekultivační stavby se stavem v r. 2001, která zachycuje situaci a technologický postup při rekultivačních pracích.

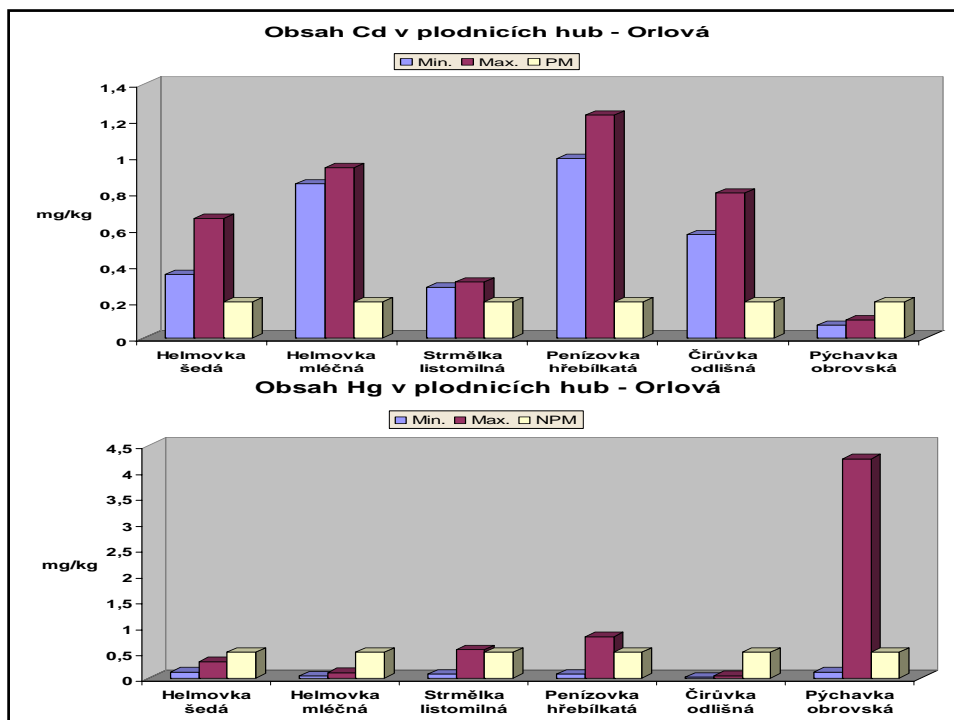


e) Fotografie tříletého porostu, podrostu s hnojníkem a situace v porostu.

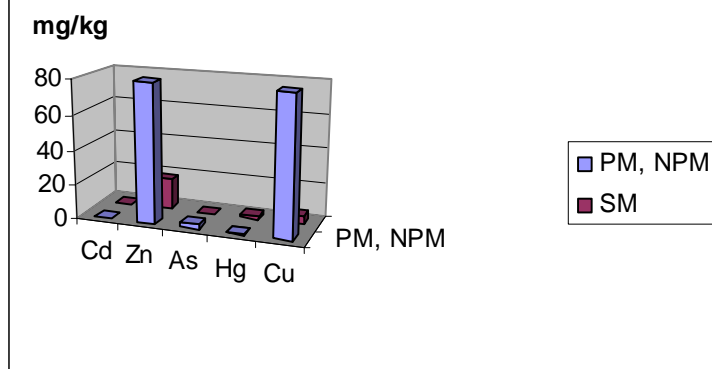






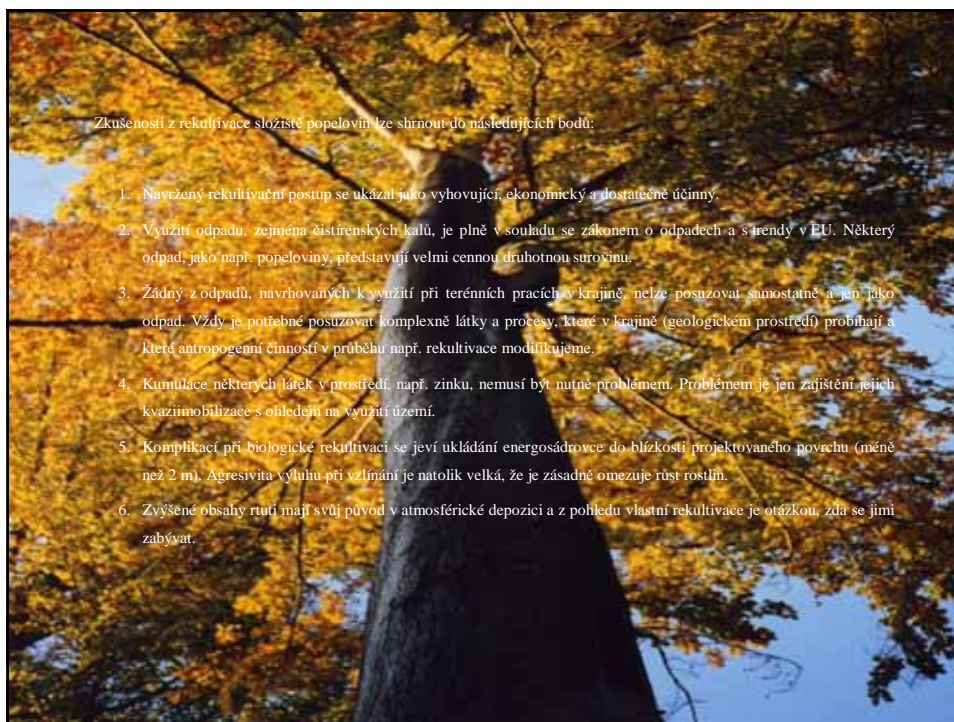
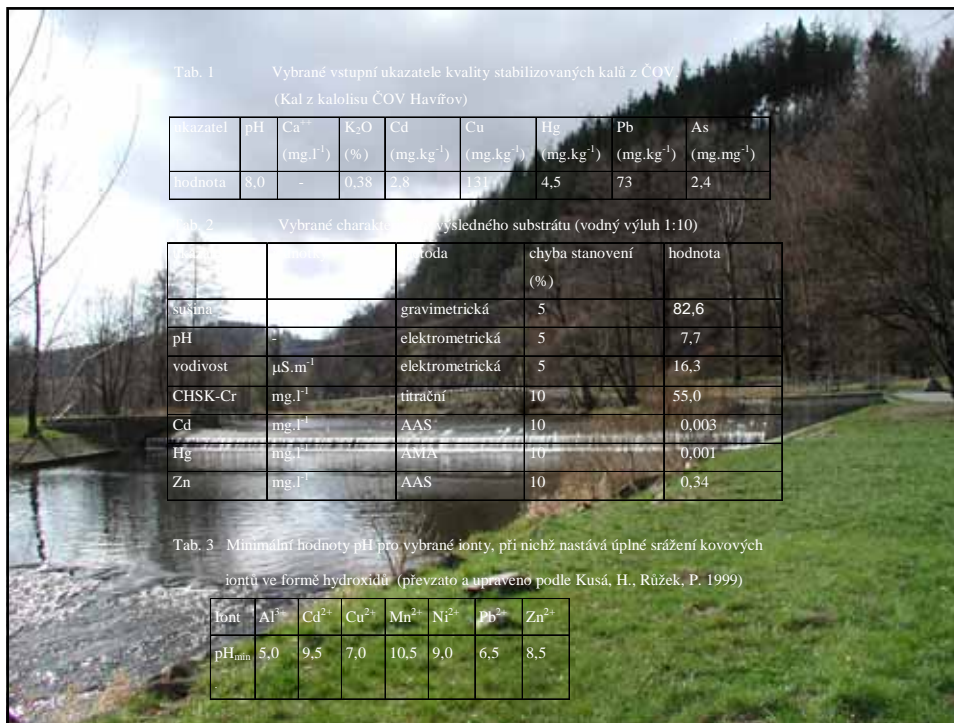


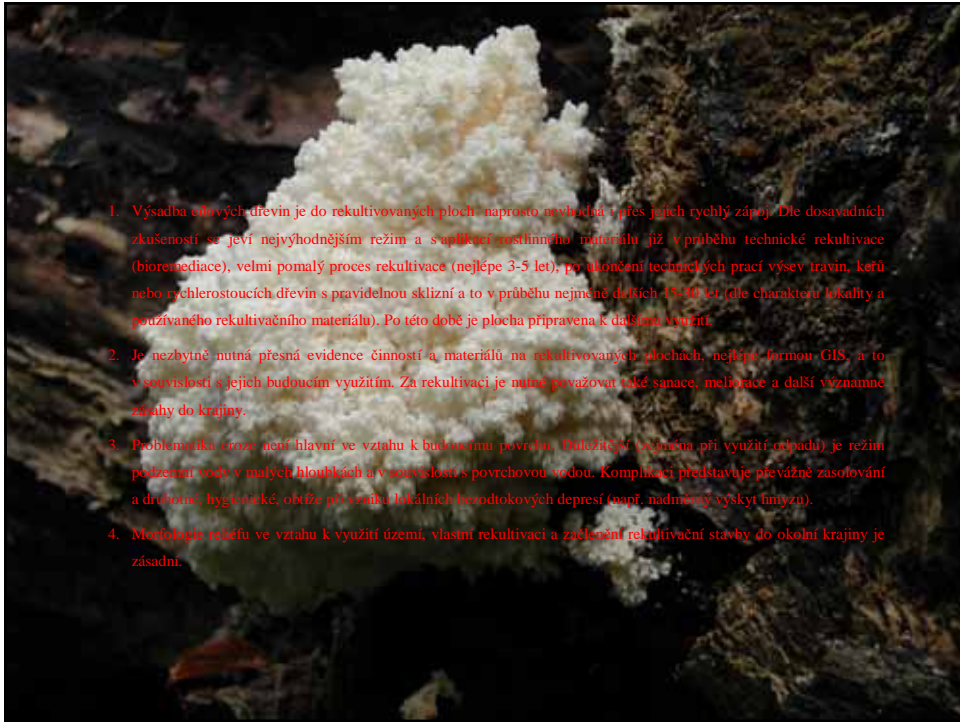
Obsahy vybraných látek pýchavka obrovská (Orlová)



Druhy odpadu povoleného ukládat a používaného při rekultivaci na skládce v Orlové-Zimném dole (viz. místní provozní předpis skládky)

Katalogové číslo	Název odpadu	Druh odpadu
10 01 02	Popílek ze spalování uhlí	○
10 01 01	Škvára, struska a kotelní prach	○
10 01 05	Pevné reakční produkty na bázi vápníku z odsiřování spalin (energosádrovec)	○
19 08 05	Kaly z čištění odpadních vod	○
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy)	○
02 01 07	Odpady z lesnictví	○
01 04 13	Odpady z řezání a broušení kamene	○





1. Výsadba cibových dřevin je do rekultivovaných ploch naprosto nevhodná i přes jejich rychlý zápoč. Dle dosavadních zkušeností se jeví nejvýhodnějším režim a s aplikací zastlíněného materiálu již v průběhu technické rekultivace (bioremediace), velmi pomalý proces rekultivace (nejlépe 3-5 let), po ukončení technických prací výsev travin, keřů nebo rychlorostoucích dřevin s pravidelnou sklizní a to v průběhu nejméně dalších 15-16 let (dle charakteru lokality a používaného rekultivačního materiálu). Po této době je plocha připravena k dalšímu využití.
2. Je nezbytně nutná přesná evidence činnosti a materiálů na rekultivovaných plochách, nejlépe formou GIS, a to v souvislosti s jejich budoucím využitím. Za rekultivaci je nutno považovat také sanace, meliorace a další významné zásahy do krajiny.
3. Problematika eroze není hlavní ve vztahu k budoucímu povrchu. Důležitostí věnována při využití odpadu je režim pohybu ml vody v malých blouhách či v okolí sletů s povrchovou vodou. Komplikací představuje převážně zasolování a druhotně hygienické, obtíže při vzniku lokálních bezodtokových depresí (např. nadměrný výskyt hmyzu).
4. Morfologie terénu ve vztahu k využití území, vlastní rekultivaci a začlevení rekultivační stavby do okolní krajiny je zásadní.



Závěry k problematice monitoringu hub na rekultivační stavbě:

- náročnost,
- netransparentnost.

jan.prasek@osu.cz