

Popílky z odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě pro použití v cementu, betonu a zemních pracích

Doc. RNDr. František Kresta, Ph.D.

Odpadové fórum, Hustopeče, 14.-15.10.2025

Obsah

- 1) Úvod
- 2) Odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě
- 3) Chemické a mineralogické složení popílků z odkaliště
- 4) Popílků z odkaliště v betonu a cementu
- 5) Popílků z odkaliště v zemních pracích
- 6) Závěry a doporučení

1. Úvod

1. Úvod

S ohledem na snižování produkce elektrické energie z uhlých tepelných elektráren a jejich uzavírání poklesne i množství produkováných čerstvých popílků a dalších vedlejších energetických produktů (VEP). Tento fakt se již projevil v produkci a spotřebě VEP, kdy v Evropě se spotřebovalo více VEP, než bylo vyprodukováno (především ve výrobě cementu a betonu). Rozdíl byl kompenzován využíváním popílků ze starých úložišť nebo dovozem ze zemí mimo EU (např. Turecko, Indie).

Soustavný výzkum vlastností vedlejších energetických produktů ze starých odkališť v České republice neprobíhá. Zatím jsou k dispozici jen ojedinělé výsledky a posouzení

Pozornost se tedy obrací k popílkům ze starých odkališť. Na základě zkoušek provedených na vzorcích popílků odebraných z různých hloubkových úrovní odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě byla potvrzena jejich použitelnost v betonu (EN 450-1) a v zemních pracích (CEN/TR 16907-8). Jedná se o první výsledky zkoušek, které bude nutné rozšířit, aby bylo možné definovat vstupy pro přípravu technologie zpracování popílku z odkaliště Třebovice.

2. Odkaliště Elektrárny Třebovice

Odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě

Odkaliště se nachází v katastrálním území Třebovice ve Slezsku jihozápadně od Elektrárny Třebovice. Odkaliště jsou tvořena sypanou hrází s těsněným jádrem nad úrovní terénu. Koruna hráze je přizpůsobena pro provoz vozidel k obsluze odkaliště. V současné době majitel elektrárny připravuje změnu materiálu, který se bude spalovat. Černé uhlí bude postupně nahrazováno biomasou a tuhými alternativními palivy.

Odkaliště se skládá ze dvou částí:

- č. 1, o objemu 291000 m³, v provozu od roku 1956;
- č. 2, o objemu 320000 m³, v provozu od roku 1969.



Letecký snímek odkaliště Elektrárny Třebovice

Odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě



Vzorkování v profilu A, do hloubky 4 m

Odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě



Vzorkování v profilu B, do hloubky 4 m

3. Chemické a mineralogické složení popílků z odkaliště

Chemické a mineralogické složení popílků z odkaliště

Chemické složení popílků v profilu A

oxid	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	SO ₃
vzorek	%	%	%	%	%	%	%	%	%
hl. 1,0 m	33,87	0,77	45,29	11,90	0,14	0,86	3,39	3,16	0,62
hl. 2,0 m	33,24	0,79	46,43	11,03	0,12	1,01	3,47	3,28	0,64
hl. 3,0 m	31,65	0,68	48,74	11,42	0,11	1,20	2,46	3,27	0,47
hl. 4,0 m	31,58	0,70	50,14	11,08	0,10	0,81	2,22	3,24	0,14

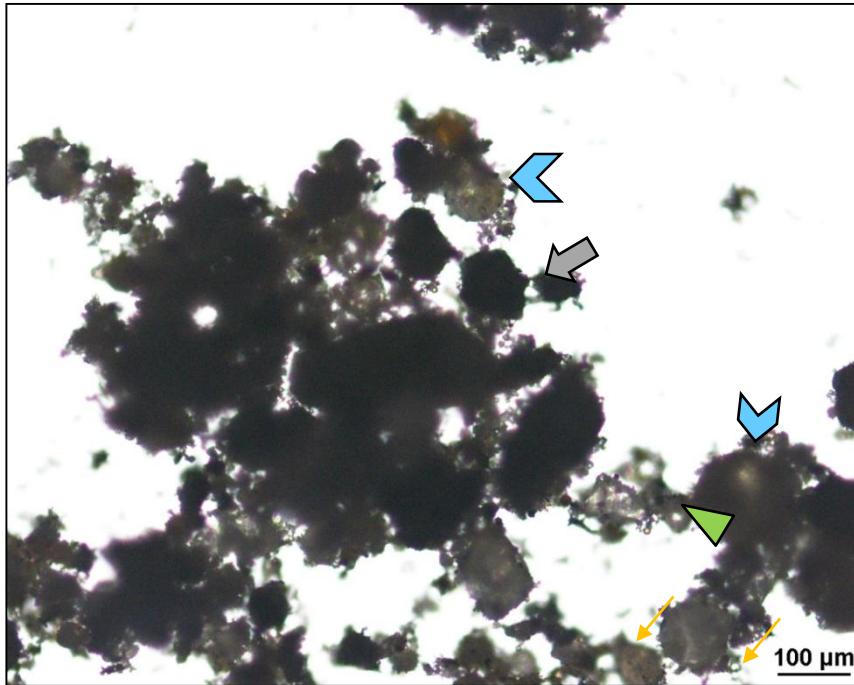
Výsledky chemických analýz prokázaly, že se jedná o křemičité popílký s nízkým obsahem CaO (2,22%-3,47%). Obsah CaO obecně klesá s hloubkou, stejně jako obsah síranů (SO₃). Příčinou je zmenšující se podíl sádrovce (CaSO₄·2H₂O) v popílcích. S hloubkou mírně klesá podíl SiO₂ (z 33,87% v hl. 1,0 m na 31,58% v hl. 4,0 m) a stoupá podíl Al₂O₃ (z 45,29% v hl. 1,0 m na 50,14% v hl. 4,0 m). Obsah Fe₂O₃ se výrazně nemění.

Celkový obsah SiO₂, Al₂O₃ a Fe₂O₃ byl ve zkoušených vzorcích 90,70-92,79%. Požadavek pro použití popílku do betonu dle ČSN EN 450-1, čl. 5.2.8 je, aby tato hodnota byla minimálně 70%.

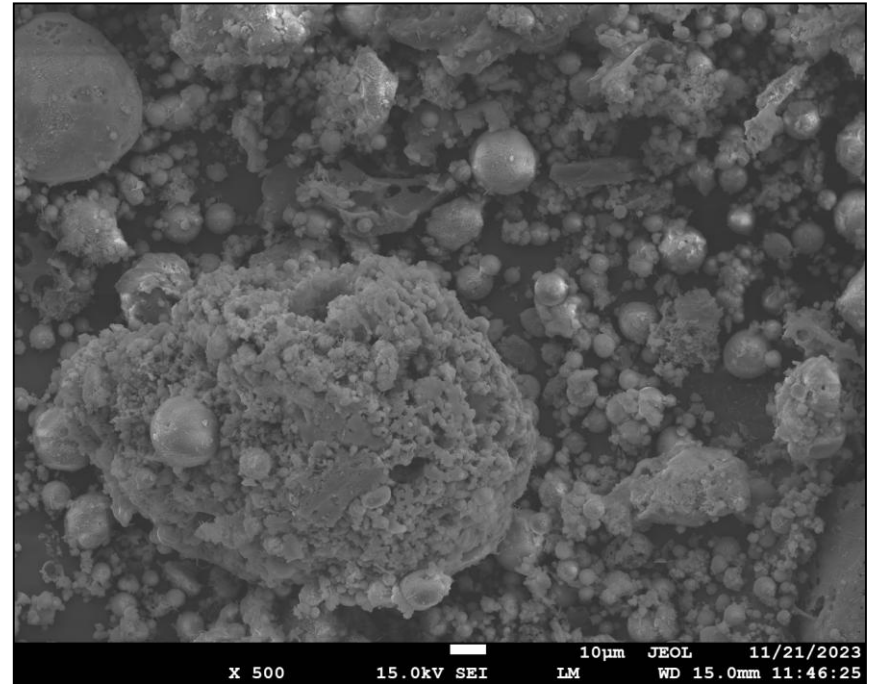
Chemické a mineralogické složení popílků z odkaliště

Složení pevné fáze (sklovitá fáze, křemenná zrna, vypálené popeloviny z uhlí spolu s metajílovinou a uhelným nedopalem) a podružně sekundární minerály v popílku (kalcit, sádrovec) u všech vzorků odpovídá produktům po spalování černého uhlí.

Z mikroskopického pozorování vysušených vzorků lze konstatovat intenzivní elektrostatické ulpívání drobných částic popílků na větších částicích



modrá šipka: kuličky skla, **žlutá šipka:** sklovité částice s drobnými inkluzemi metafylosilikátů, **šedá šipka:** nedopal, **zelená šipka:** zrnka křemene



Snímek z elektronového mikroskopu vzorku z hloubky 1,0 m v profilu A s drobnými zrnky ulpívajícími na zrnech skla

4. Popílký z odkaliště v betonu a cementu

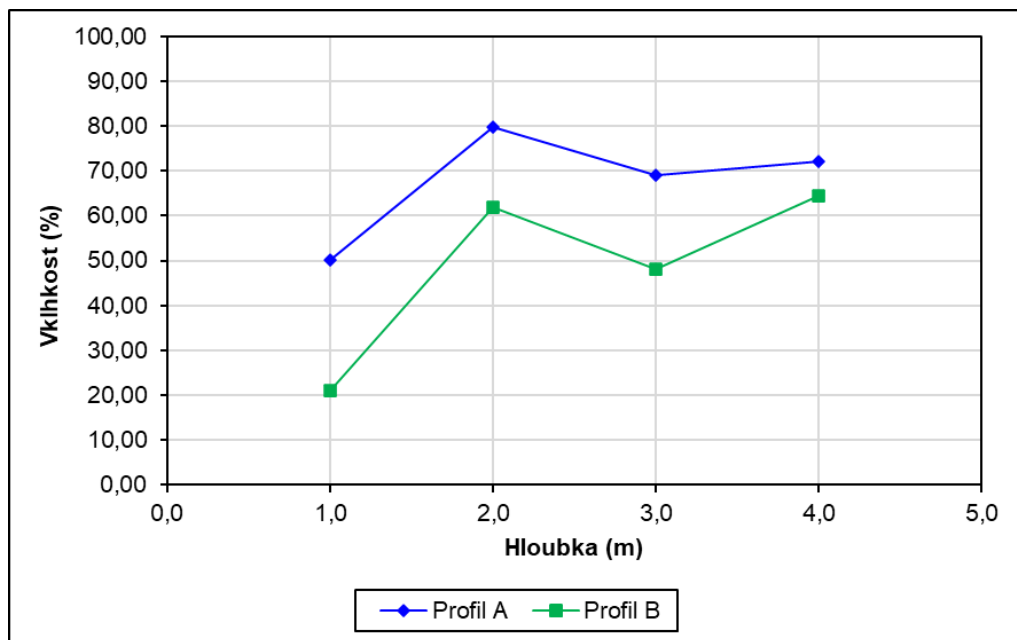
Popílký z odkaliště v betonu a cementu

Parametr	Požadavek	A, 1,0 m	A, 2,0 m	A, 3,0 m	A, 4,0 m	B, 1,0 m	B, 2,0 m	B, 3,0 m	B, 4,0 m
Ztráta žíháním (925 °C)	max. 9%	9,46	5,52	6,71	6,15	3,77	8,02	7,49	5,96
Obsah chloridů	max. 0,10%	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
Oxid sírový SO ₃	max. 3%	0,41	0,44	0,32	0,10	0,26	0,41	0,30	0,47
MgO	max. 4%	0,86	1,01	1,20	0,81				
Vlhkost	max. 1%	50,13	79,82	69,11	72,16	21,02	61,90	48,12	64,36
Aktivní CaO	max. 10%	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Volné CaO	max. 1%	0,11	0,09	0,06	0,03	0,05	0,09	0,03	0,10
Objemová stálost	max. 10 mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aktivní SiO ₂	min. 25%	33,17	35,66	36,59	37,76	38,15	35,38	34,55	36,63
Jemnost mletí (zůstatek na síť 40 mm)	max. 40%	22,10	9,20	9,48	5,08	32,48	24,73	28,86	12,30

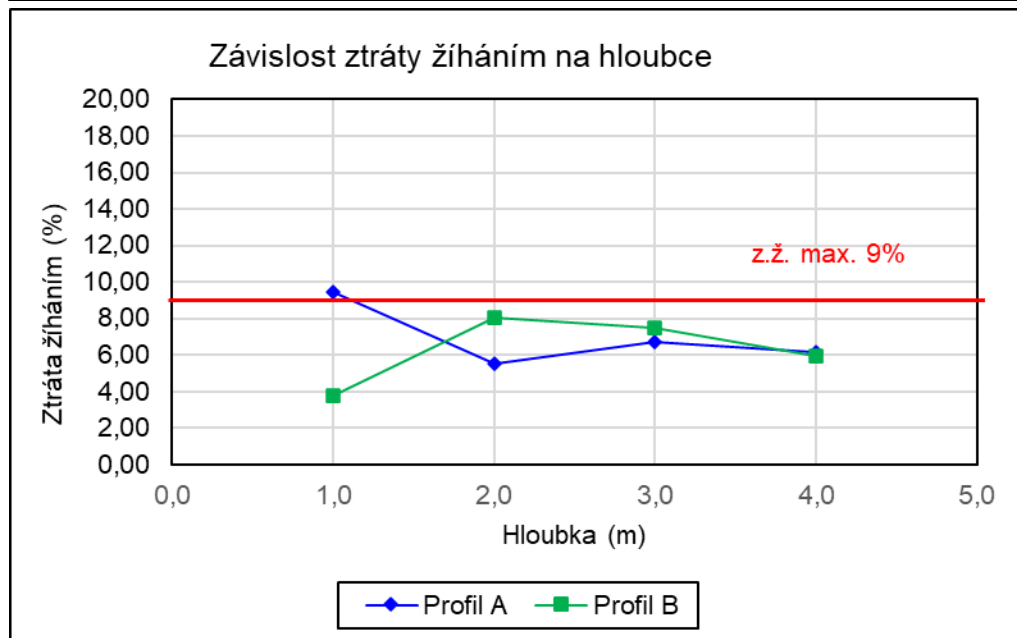
Z prezentovaných výsledků vyplývá, že popílký byly vlhké a u jednoho vzorku byla překročena maximální hodnota ztráty žíháním (9,0 %).

Vlhkost ve všech vzorcích byla vyšší než v případě čerstvého popílký ze sil. Nejnižší hodnoty vlhkosti byly zjištěny u vzorků z hloubky 1,0 m (w=50,13 %, profil A, w=21,02 %, profil B). Vlhkost deponovaných materiálů se v jednotlivých hloubkách měnila a nebyla zjištěna žádná závislost. V obou profilech se vlhkost zvýšila v hloubce 2,0 m, snížila v hloubce 3,0 m a opět se zvýšila v hloubce 4,0 m. Změny vlhkosti v jednotlivých hloubkách pravděpodobně souvisejí s režimem hydraulického ukládání materiálu na odkaliště.

Popílký z odkaliště v betonu a cementu

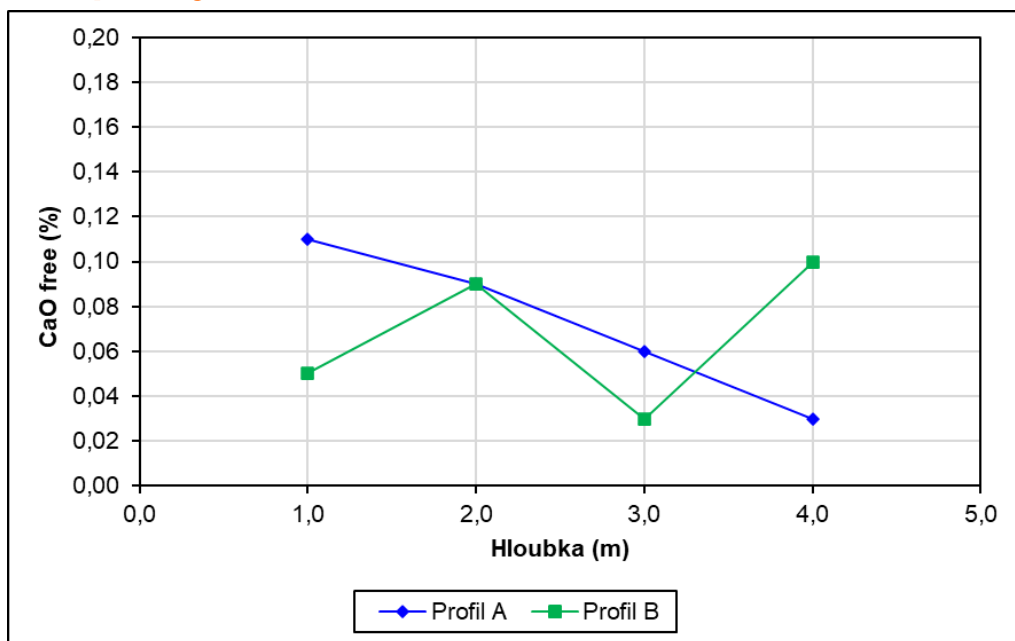


Vlhkost uložených materiálů se v jednotlivých hloubkových úrovních měnila a nebyla zjištěna žádná závislost.

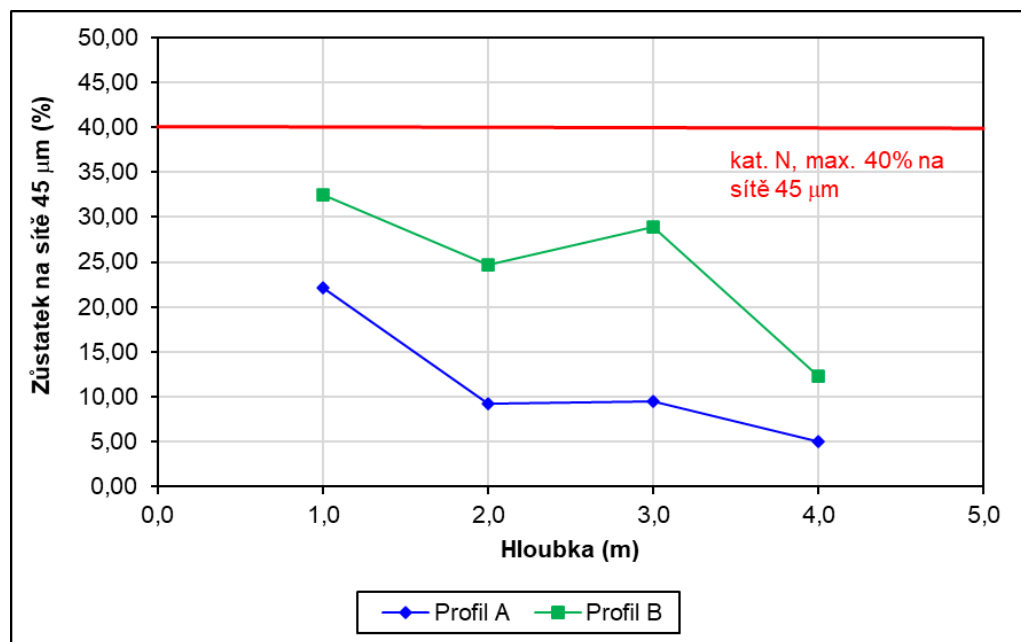


Maximální hodnota ztráty žíháním (9,0 %) byla překročena u jednoho vzorku (profil A, hl. 1,0 m). S ohledem na možné kolísání hodnot ztráty žíháním v přípovrchové zóně se doporučuje zvýšit počet odebraných vzorků a výsledky vyhodnotit statisticky.

Popílký z odkaliště v betonu a cementu



Obsah volného vápna ve všech případech vyhovuje požadavkům norem pro cement (ČSN EN 197-1) a beton (ČSN EN 450-1)



Z hlediska zrnitosti všechny vzorky vyhověly požadavku ČSN EN 450-1 z hlediska zůstatku na síť 45 µm (max. 40% pro kategorii N). Popílký v obou profilech vykazovaly trend klesajícího podílu hrubší frakce (nad 45 µm) s hloubkou.

5. Popílký z odkaliště v zemních pracích

Popílký z odkaliště v zemních pracích

Obsahy těžkých kovů ve výluhu vyhověly ve všech případech požadavkům TP 268. V případě mnoha prvků (např. Ag, As, Cd, Co, Ni, Pb, Hg, Sn) byly obsahy pod nebo na mezi detekce.

[illegible]

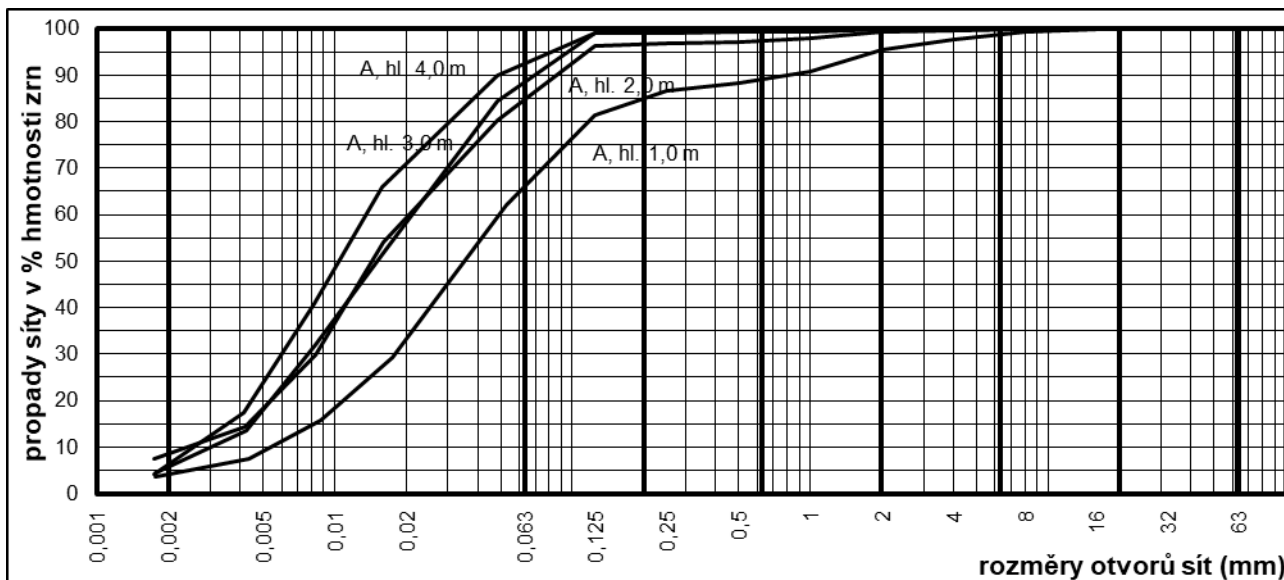
Popílký z odkaliště v zemních pracích

Fyzikálně-mechanické vlastnosti. Všechny sledované parametry splňují požadavky na použití popílků v zemních pracích (viz TP 268).

Parameter	A, 1,0 m	A, 2,0 m	A, 3,0 m	A, 4,0 m	B, 1,0 m	B, 2,0 m	B, 3,0 m	B, 4,0 m
w_n (%)	44,4	68,0	64,1	69,1	31,1	61,7	47,8	64,1
w_{opt} (%)	49,0	44,0	39,0	38,0	32,0	37,0	35,0	35,0
ρ_{dmax} (kg.m ⁻³)	960	1030	1050	1030	1040	1020	1020	1060
n (%)	59,4	56,9	55,8	57,4	54,7	56,9	56	55,3
IBI (%) při w=30%	8,2	12,7	17,4	20,9	2,1	21,4	18,5	18,3
CBR ihned (%) (w=30%)	23,1	26,6	22,3	19,5	2,0	23,1	26,5	23,0
CBRsat (%) (w=30%)	3,0	1,6	0,9	1,0	1,2	1,2	2,1	2,3
Ls (%)	2,9	2,7	7,8	7,4	3,1	3,0	5,2	2,9
ϕ' (°)	36,0				37,5			
c' (kPa)	12,0				13,0			

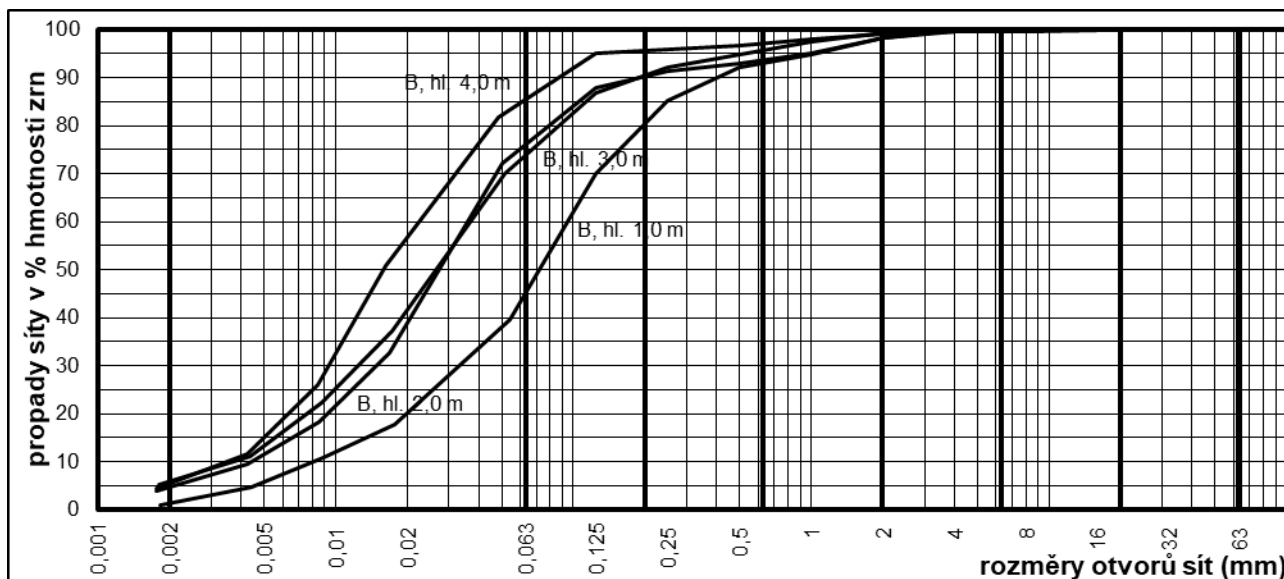
Popílký z odkaliště v zemních pracích

Zrnitost



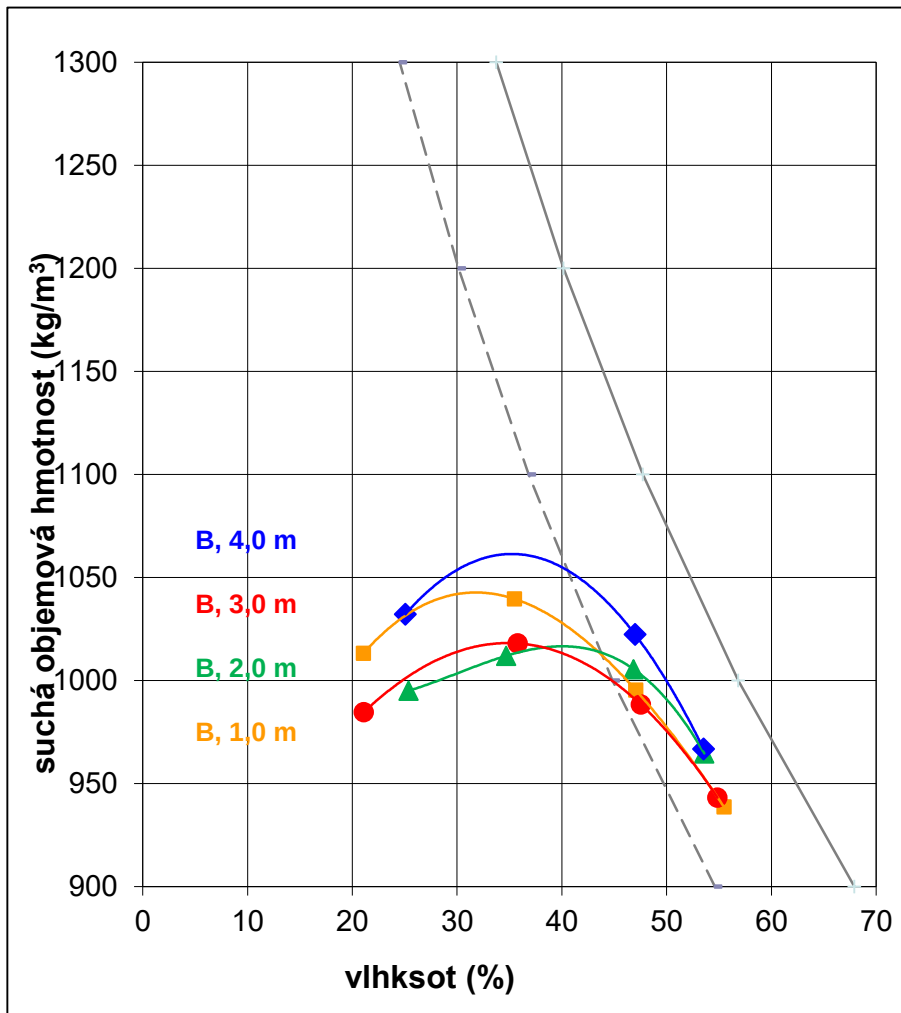
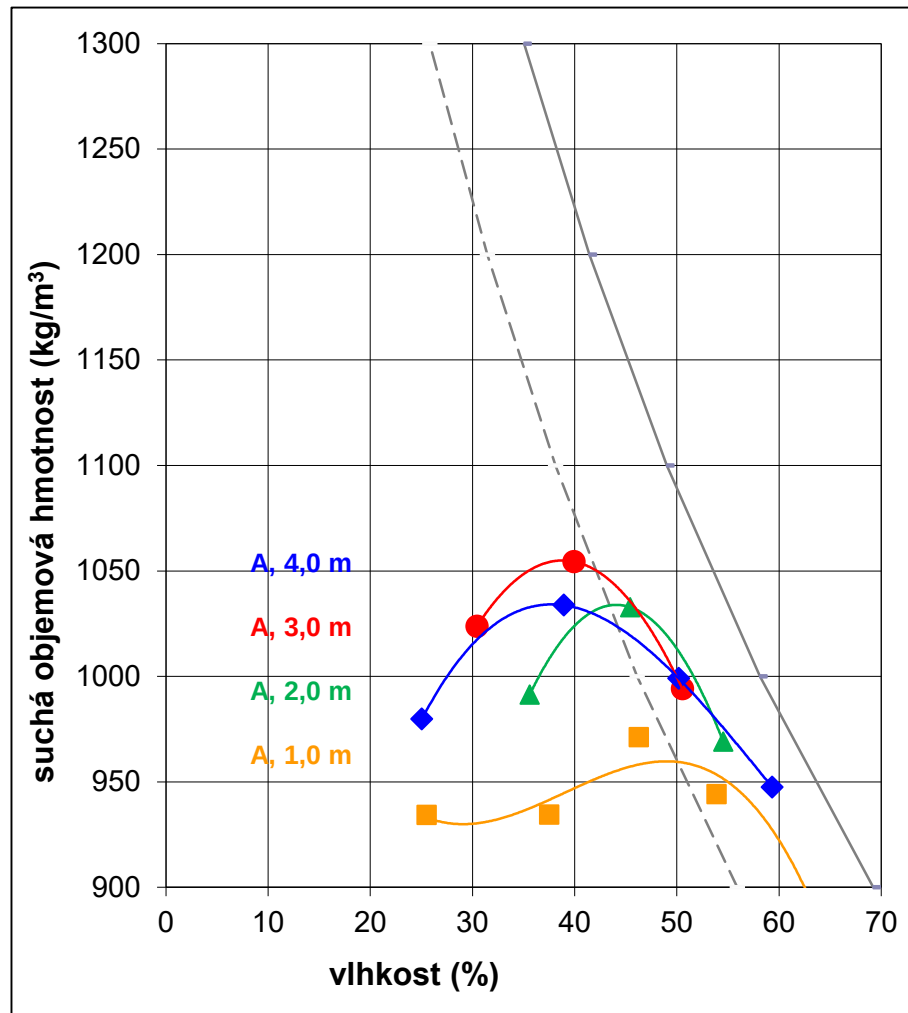
Vzorky z větších hloubek obsahovaly vyšší podíl jemnozrnné frakce (<0.063 mm).

Materiál blíže povrchu byl hrubozrnnější.



Popílký z odkaliště v zemních pracích

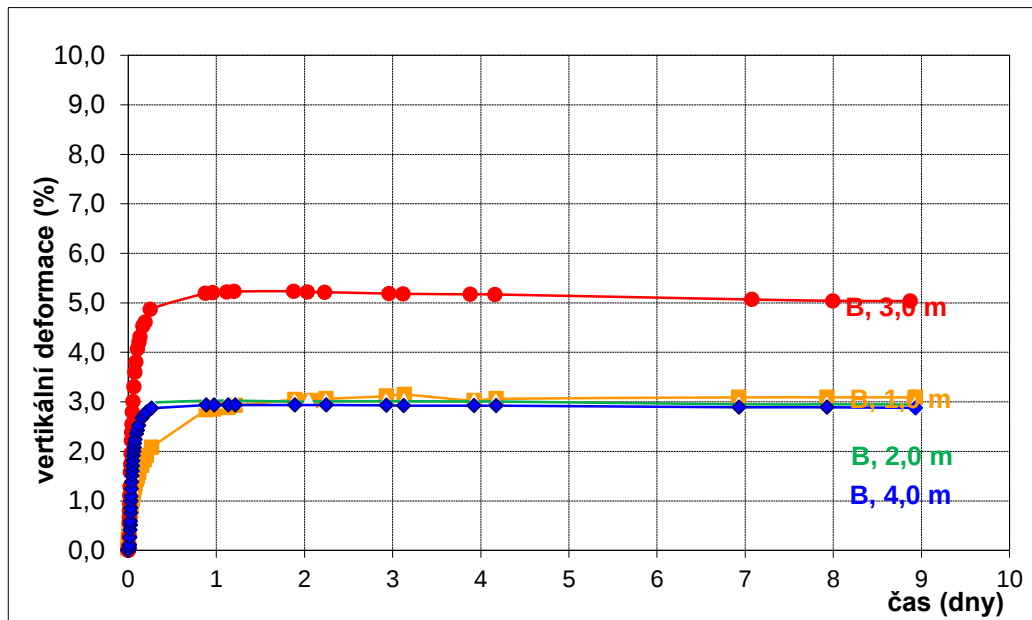
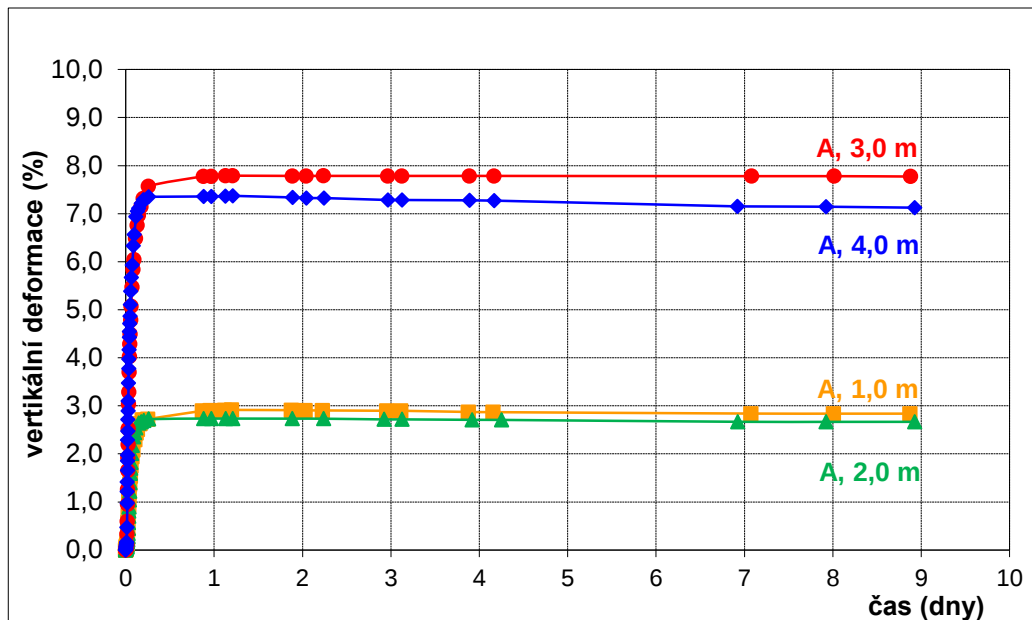
Zhutnitelnost Proctor Standard



Všechny vzorky vyjma vzorků z přípovrchové zóny (hl. 1,0 m) byly převlhčeny oproti vlhkosti optimální dle zkoušky Proctor Standard. Maximální rozdíl mezi přirozenou vlhkostí a vlhkostí optimální byl 31,1% (profil A, hl. 4,0 m).

Popílký z odkaliště v zemních pracích

Lineární bobtnání



Hodnoty lineárního bobtnání rostly s hloubkou). Hodnoty byly u vzorků z hloubky 3,0 m a 4,0 m v profilu A a z hl. 3,0 m v profilu B vyšší než $L_s=5\%$ (požadavek TP 268). Na druhou stranu objemové změny u těchto vzorků proběhly v průběhu prvního dne, a proto lze při vhodné technologii a vhodné organizaci zemních prací tyto popílký zabudovat do zemního tělesa i přes zvýšené hodnoty lineárního bobtnání.

6. Závěry

Závěry

- 1) Odkaliště Elektrárny Třebovice obsahuje křemičitý popílek s nízkým obsahem CaO, který pochází ze spalování černého uhlí.
- 2) Celkový obsah SiO_2 , Al_2O_3 a Fe_2O_3 ve vzorcích byl 90,70-92,79 %, což je více než minimální požadavek článku 5.2.8 normy EN 450-1. Z chemického hlediska je usazený popílek vhodný pro použití v cementu a betonu.
- 3) Vlhkost ve všech vzorcích byla vyšší než v čerstvém popílku ze sil. Vlhkost v deponovaném materiálu se v jednotlivých hloubkových úrovních měnila a nebyla zjištěna žádná závislost. Změny vlhkosti pravděpodobně souvisejí s hydraulickým režimem ukládání materiálu.
- 4) U vzorku z profilu A (hloubka 1,0 m) byla překročena limitní hodnota ztráty žíháním pro použití popílku do cementu a betonu (9 %).
- 5) V ostatních parametrech pro použití popílku do betonu byly splněny požadavky normy EN 450-1.
- 6) Všechny vzorky popílku z odkaliště Elektrárny Třebovice splňují požadavky na výluhy těžkých kovů pro použití při zemních pracích (viz TP 268).

Závěry

- 7) Před použitím popílku z odkaliště Elektrárny Třebovice v zemních pracích bude nutné snížit jejich vlhkost tak, aby byl zpracovatelný a zhutnitelný. Doporučuje se dosáhnout optimální vlhkosti, ale na základě zkoušky zhutnitelnosti lze mezní hodnotu také zvýšit, pokud je dosaženo požadované míry zhutnění (více podrobností viz EN 16907-3).
- 8) Pórovitost byla u všech vzorků nižší než 60 % (požadavek TP 268).
- 9) Hodnoty lineárního bobtnání byly vyšší než $L_s=5\%$ pro vzorky z hloubky 3,0 m a 4,0 m v profilu A a z hloubky 3,0 m v profilu B. Na druhou stranu objemové změny u těchto vzorků probíhaly během prvního dne. Po třech dnech zrání bylo lineární bobtnání zanedbatelné.

Závěry

Popílký z odkaliště Elektrárny Třebovice v Ostravě lze doporučit pro použití v betonu, cementu a zemních pracích. Byly doporučeny další laboratorní zkoušky pro upřesnění vstupních parametrů těchto materiálů.

Doufám, že se území odkaliště nezastaví novou průmyslovou zónou nebo logistickým parkem před odtěžením a následným využitím popílků, jak se s tímto územím uvažovalo .

Děkuji Vám za pozornost!

