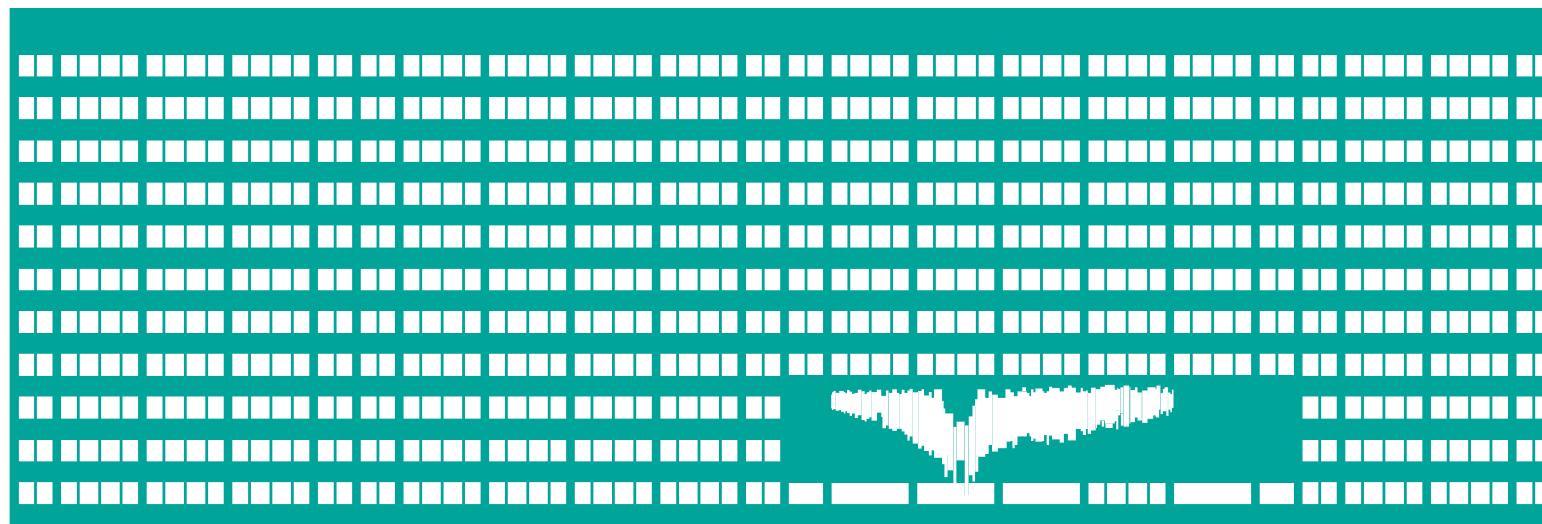


VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



www.vsb.cz

on-line seminář k projektu

Výzkum způsobů nakládání
s odpady, materiály a vedlejšími produkty hutních a souvisejících provozů

KATALOG STRUSEK

Jozef Vlček
Vlastimil Matějka



Studie proveditelnosti

VZ 1 Výzkum materiálového využití strusek

Dílčí cíl

O1.1 – Charakterizace vzorků strusek a katalogizace jejich vlastností. Tento dílčí cíl umožní predikovat potenciál využitelnosti jednotlivých typů strusek pro recyklaci, aplikace v oblasti stavebních poživ a materiálů, napomůže predikovat objemovou stabilitu strusek.

Strusky z výroby surového železa a oceli

2018

Proces	Agregát	Typ strusky	Množství (kg _{strusky} /t _{kov})	
Výroba surového Fe	Vysoká pec	Vysokopeční struska	380	
Výroba oceli	Primární metalurgie	Kyslíkový konvertor	110	
		El. oblouková pec	Ocelářenská struska - pecní	130
		Tandemová pec	90	
	Sekund. metal.	Licí pánev	Ocelářenská struska - pánvová	20

Produkce surové železo ČR 4 mil. t



Produkce 1,5 mil. t strusek

Produkce ocel ČR 5 mil. t



Produkce 0,5 mil. t pec. strusek



Produkce 0,1 mil. t pánvových strusek

Roční produkce ≈ 2 mil. t strusek



Různorodost strusek



Struska vysokopeční
- kamenivo



Struska vysokopeční
- granulovaná



Struska S-M halda



Struska KK konvertor



Struska pánvová



Chemické a fázové složení strusek

Struska	Složka (hm%)				
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO+Fe ₂ O ₃
Vysokopecní	35-38	34-38	6-9	10-14	0,5-1
EOP	35-60	9-20	2-9	5-15	15-30
KK	30-55	8-20	1-6	5-15	10-35
Pánvová	30-60	2-35	5-35	1-10	0,1-15

VP struska

Kamenivo – gehlenit, akermanit,
pseudowolastonit

Granulovaná – skelná fáze

Ocelářenská pecní struska

β -C₂S, FeO, brownmillerit, CaO

Ocelářenská pánvová struska

β -C₂S, γ -C₂S, C₃S, MgO, merwinit,
gehlenit, akermanit, brownmillerit,

...



Zpracování strusek ve světě

Bilance výskytu je obtížná

- Absence centrální evidence
- Praktický problém stanovení hmotnosti
 - Ocelářenská struska obsahuje významný podíl železa
 - V průběhu primárního zpracování se zvyšuje vlhkost

Přibližně 650 mil t/rok

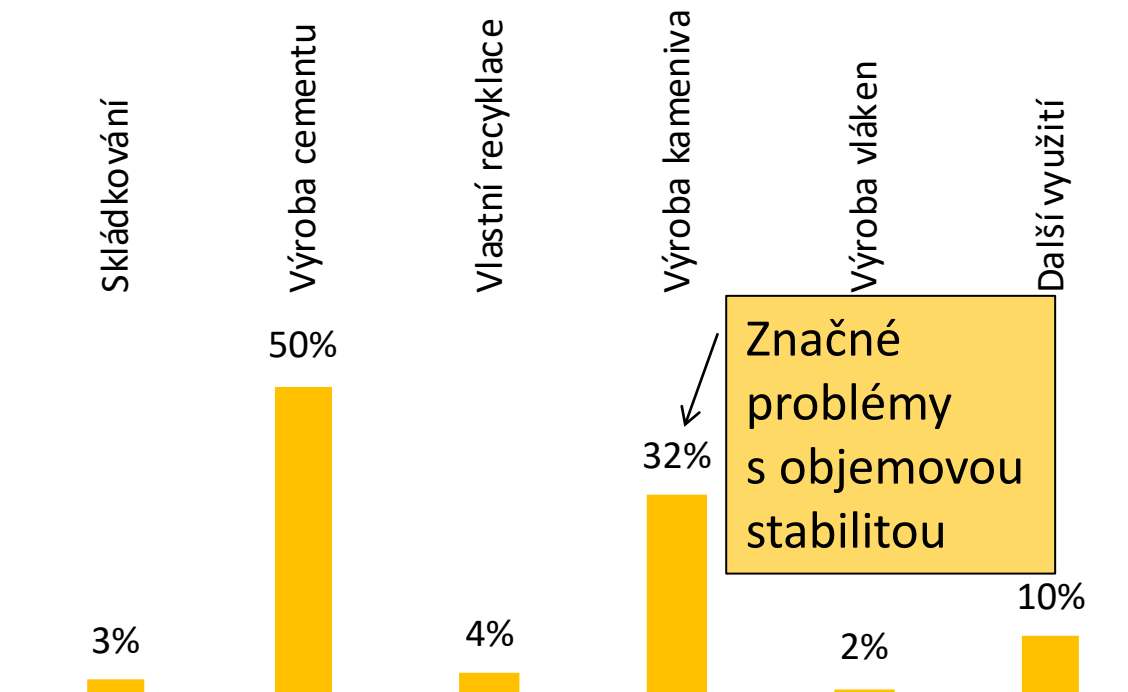
Pravděpodobně vyšší

Zpracování vysokopecní strusky bez vážných problémů

Využití pojivových schopností
Separace Fe

Nutno podporovat

Použití strusek v keramice
...



Značné problémy s objemovou stabilitou



Široké možnosti využití strusek

Struska	Oblast využití	Označení produktu	Využití
Vysokopecní	stavebnictví	granulovaná vysokopecní struska	příměs do cementů, příprava alkalicky aktivovaných pojiv
		umělé hutné kamenivo struskové	zpevňující podkladová vrstva, kamenivo do betonových směsí
Ocelářská pecní	hutnictví	recyklát	zpracování v aglomeraci, ve vysoké peci a v agregátech primárního vzniku
	stavebnictví	umělé těžké kamenivo struskové	zpevňující podkladová vrstva, příměs do asfaltových směsí, kamenivo pro vodní stavitelství
		-	složka do cementů a betonů
Pánvová	hutnictví	recyklát	zpracování v agregátech primárního vzniku
VP a oceláren.	další	-	sklářství, výroba vláknité keramiky, alkalická aktivace s následným využitím ve stavebnictví pro nekonstrukční aplikace



Sledované parametry strusek

- Chemické složení
 - metody XRFS
 - metoda (titračně) pro stanovení volného CaO
- Fázové složení
 - metoda XRD, FTIR
- Pojivové schopnosti
 - pevnost v tlaku hydratované strusky (po přidavku vody)
 - pevnost s tlaku latentně hydratované strusky (po přidavku alkalického aktivátoru – vodního skla)
- Vyluhovatelnost
 - příprava podle vyhlášky 294/2005 Sb.
- Ekotoxicita
 - vliv výluhu na klíčení semen a růst kořenů hořčice bílé (*Sinapis alba*)
 - vliv výluhu na úhyn nebo imobilizaci bezobratlého organismu dafnie (*Daphnia magna*)
- Tepelná stabilita
 - termická analýza TG/DTA
- Objemová stabilita

Katalog strusek

D 19003

Type: Blast furnace slag
unsorted, origin 2018



Compressive strength, volume stability (VS)

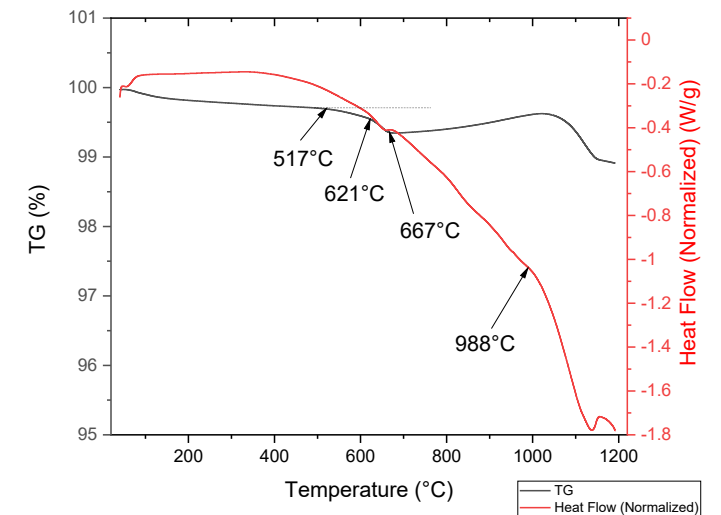
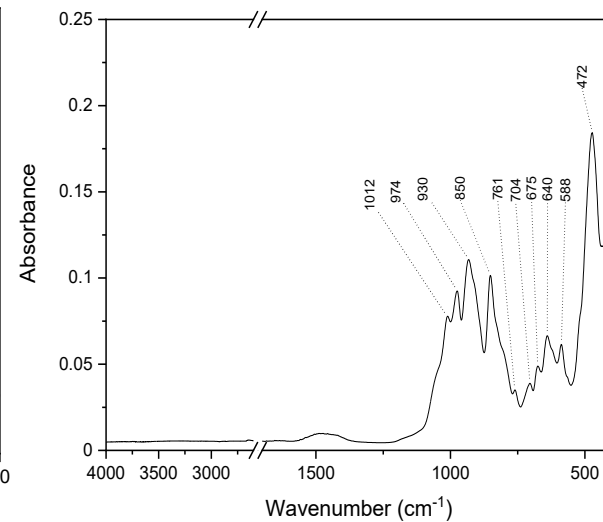
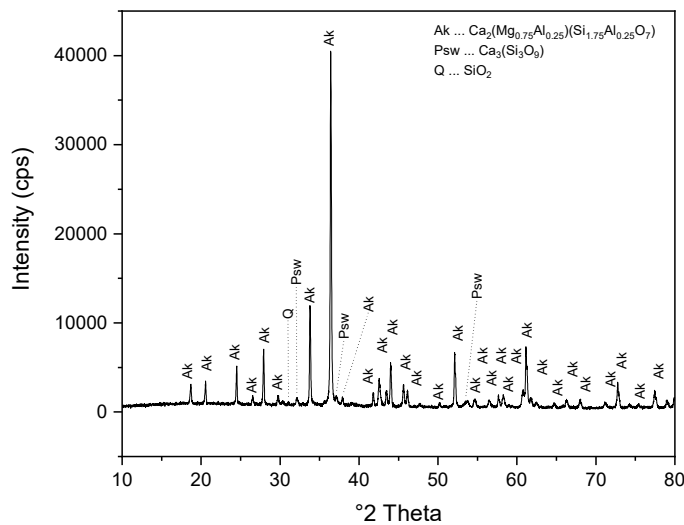
Compressive strength (MPa)						VS (%)
water			Water glass			ΔV
2	7	28	2	7	28	1-3 mm
0.61	1	2.84	3.58	6.64	5.98	-

Chemical composition
Density

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MnO	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	ZnO	C*	S*	ρ
wt.%															g/cm ³
39.6	37.8	5.96	9.30	1.79	0.270	0.559	0.288	1.334	0.313	0.04	0.045	0.019	0.186	0.45	2.97

Eluents parameters,
Ecotoxicology tests H
(Sinapis alba), D (Daphnia magna)

Al	Na	K	Mg	Ca	Si	Cr	Fe	Ni	pH	Cond.	RL 105	RAS 550	CaO _{free}	Test H	Test D
mg/l						$\mu\text{g/l}$			-	$\mu\text{S/cm}$	mg/dm ³		hm.%	HP14	HP14
0.41	1.65	8.3	0.118	142	15.6	< 150	< 100	< 350	8.99		153	87.0	<0,10	N	N



D 19001
Type: blast furnace slag
granulated, fresh, 2018



Compressive strength, volume stability (VS)

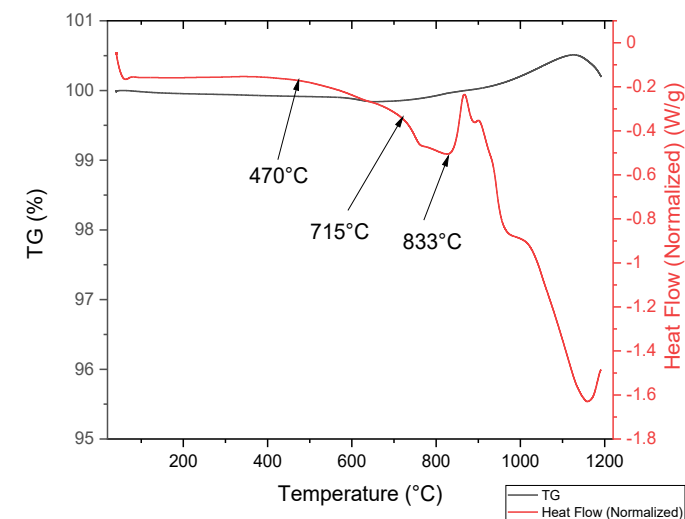
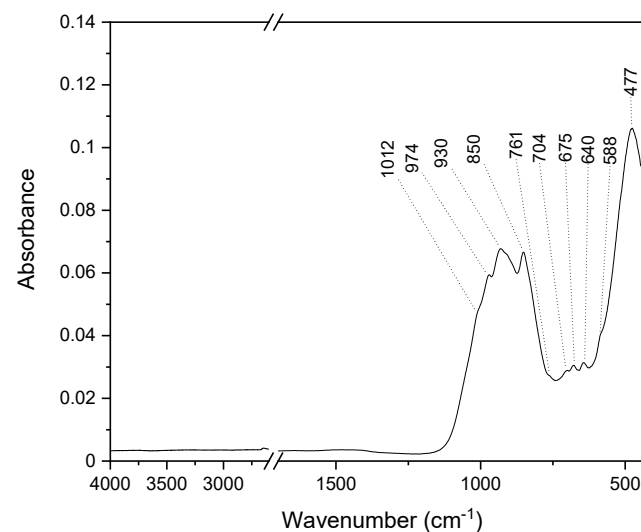
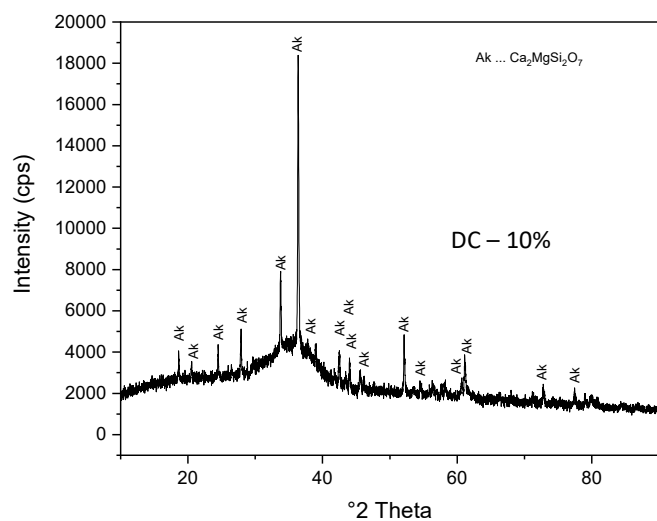
Compressive strength (MPa)						VS (%)
water			Water glass			ΔV
2	7	28	2	7	28	1-3 mm
0.4	0.4	3	23	29.1	54.1	-

Chemical composition
Density

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MnO	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	ZnO	C*	S*	ρ
wt.%															g/cm ³
38.1	39.1	6.21	11.5	1.63	0.296	0.529	0.302	1.26	0.32	0.037	0.063	0.018	0.043	0.475	2.94

Eluents parameters,
Ecotoxicology tests H
(Sinapis alba), D (Daphnia magna)

Al	Na	K	Mg	Ca	Si	Cr	Fe	Ni	pH	Cond.	RL 105	RAS 550	CaO _{free}	Test H	Test D
mg/l						$\mu\text{g/l}$			-	$\mu\text{S/cm}$	mg/dm ³		hm.%	HP14	HP14
0.98	3.15	6.1	0.154	96	25	< 150	< 100	< 350	10.8	67	238	186	<0.10	N	N



Katalog strusek

D 19008
Type: ladle slag
unsorted, fresh, 2019



Compressive strength, volume stability (VS)

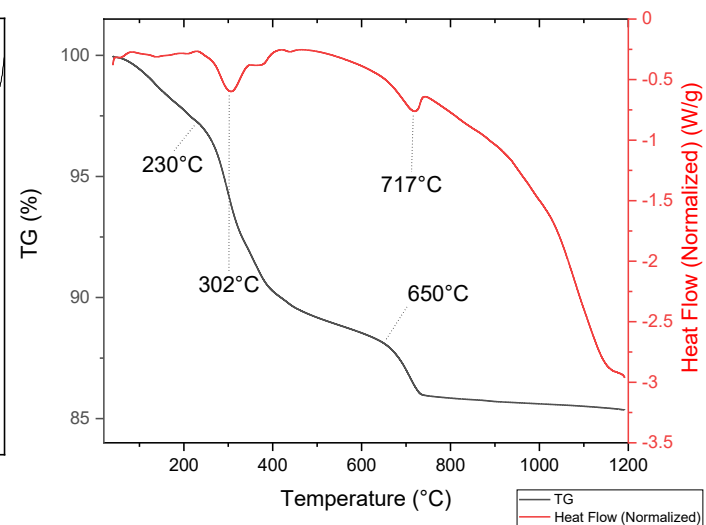
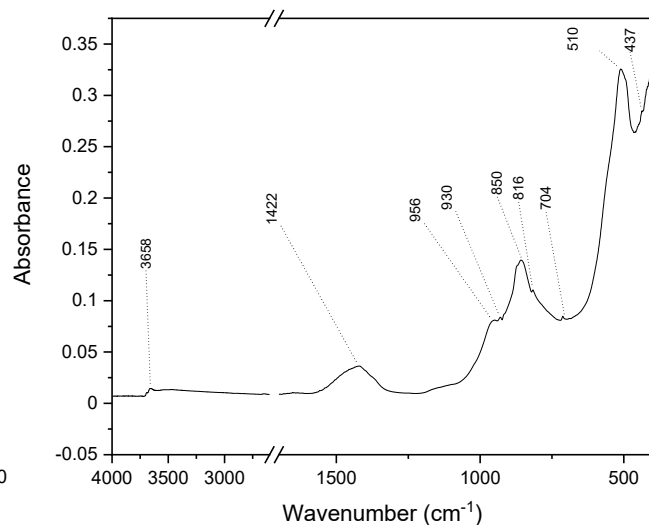
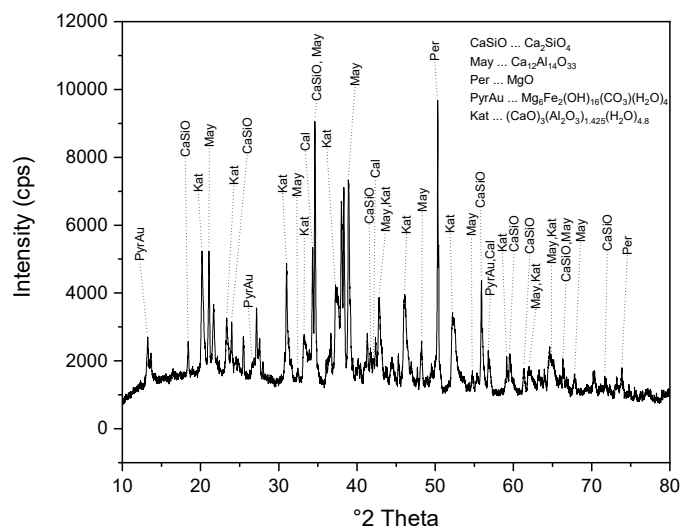
Compressive strength (MPa)						VS (%)
water			Water glass			ΔV
2	7	28	2	7	28	1-3 mm
4.27	4.43	4.78	34.48	46.49	48.42	-

Chemical composition
Density

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MnO	Na ₂ O	SO ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cr ₂ O ₃	ZnO	C*	S*	ρ
wt.%															g/cm ³
51.0	11.8	15.4	5.37	3.42	<0.001	1.58	<0.001	0.896	0.30	<0.001	0.091	0.028	0.817	0.25	2.78

Eluents parameters,
Ecotoxicology tests H
(Sinapis alba), D (Daphnia magna)

Al	Na	K	Mg	Ca	Si	Cr	Fe	Ni	pH	Cond.	RL 105	RAS 550	CaO _{free}	Test H	Test D
mg/l					μg/l			-	μS/cm	mg/dm ³		hm.%	HP14	HP14	
265	19.4	17	0.02	290	4.95	< 150	254	< 350	9.7		806	637	1.52	-	-





- Doposud odebráno 55 vzorků strusek
 - z toho pro katalog zkompletováno 10 vzorků
 - většina dílčích parametrů změřena
- Současný stav katalogu – prohledávání databáze bez aktivních nástrojů vyhledávání
- Finální stav katalogu – databáze s aktivním vyhledáváním podle kritérií
 - chemické složky
 - hodnoty výluhů
 - přítomnost fází
 - změna hmotnosti v průběhu tepelného zpracování
 - objemová změna
 - další

Děkuji za pozornost

Jozef Vlček

jozef.vlcek@vsb.cz

www.vsb.cz