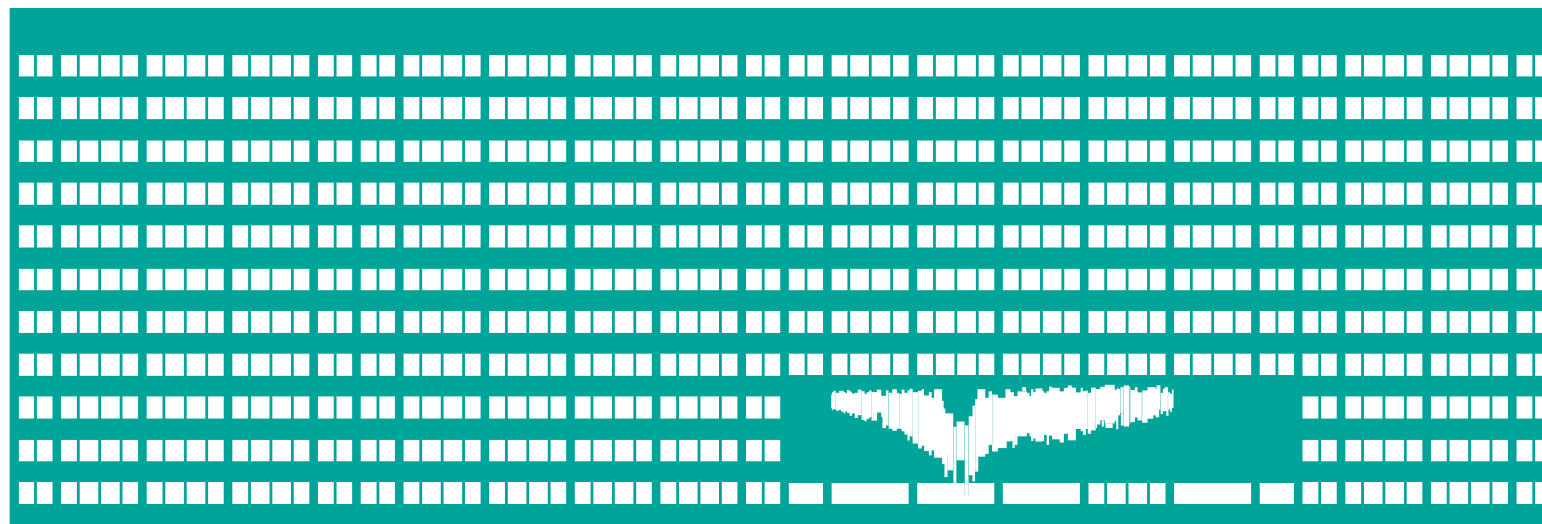


VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA



www.vsb.cz



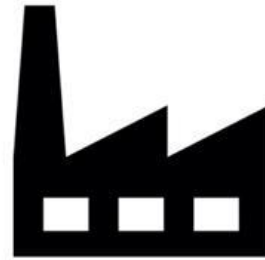
Odpady z vysokoteplotních procesů a jejich využití

Hana Ovčáčíková

**Výzkum způsobů nakládání s odpady, materiály a vedlejšími produkty hutních a souvisejících provozů,
CZ.02.1.01/0.0/0.0/17_049/0008426**

22. 11. 2021

Odpad & Produkt



odpad ze
spalování

odpad ze
zpracování kovů

odpad z chlazení
a čištění

odpad z
produkce



popel



popeloviny



škvára



popílek
maziva



struska
znečištěné vody

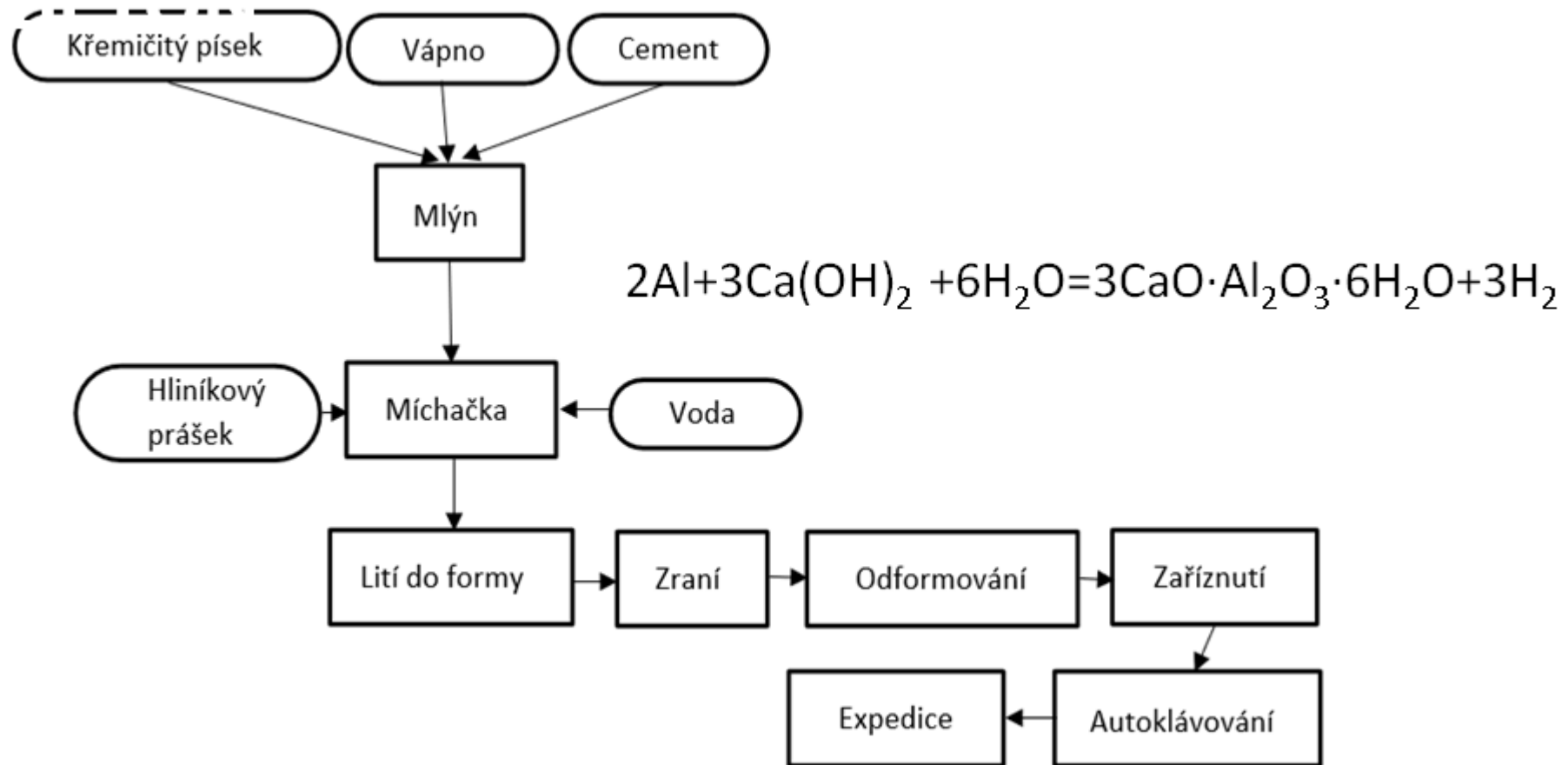


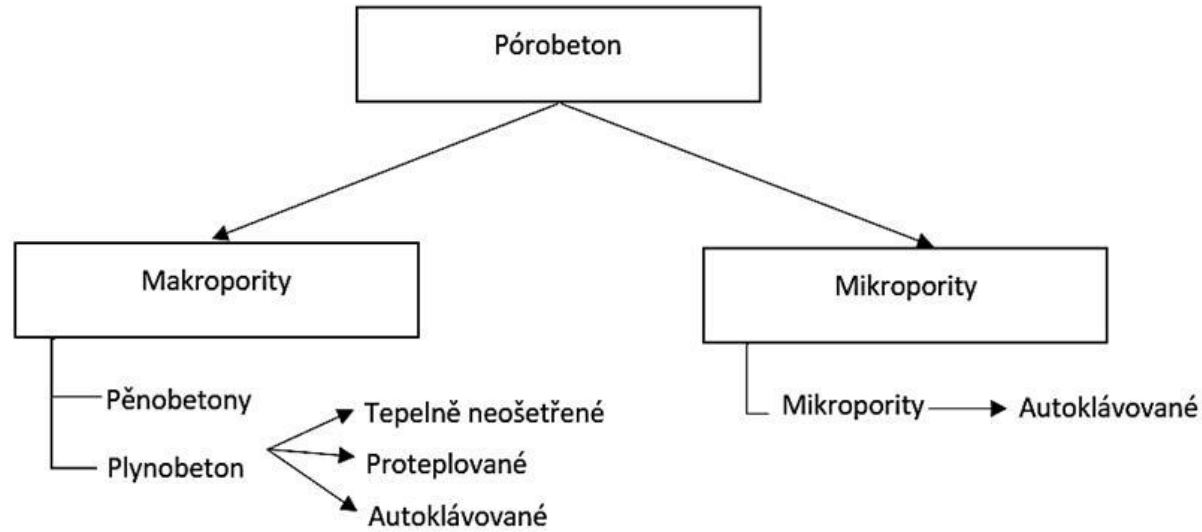
odprašky

úlet

energósádrovec

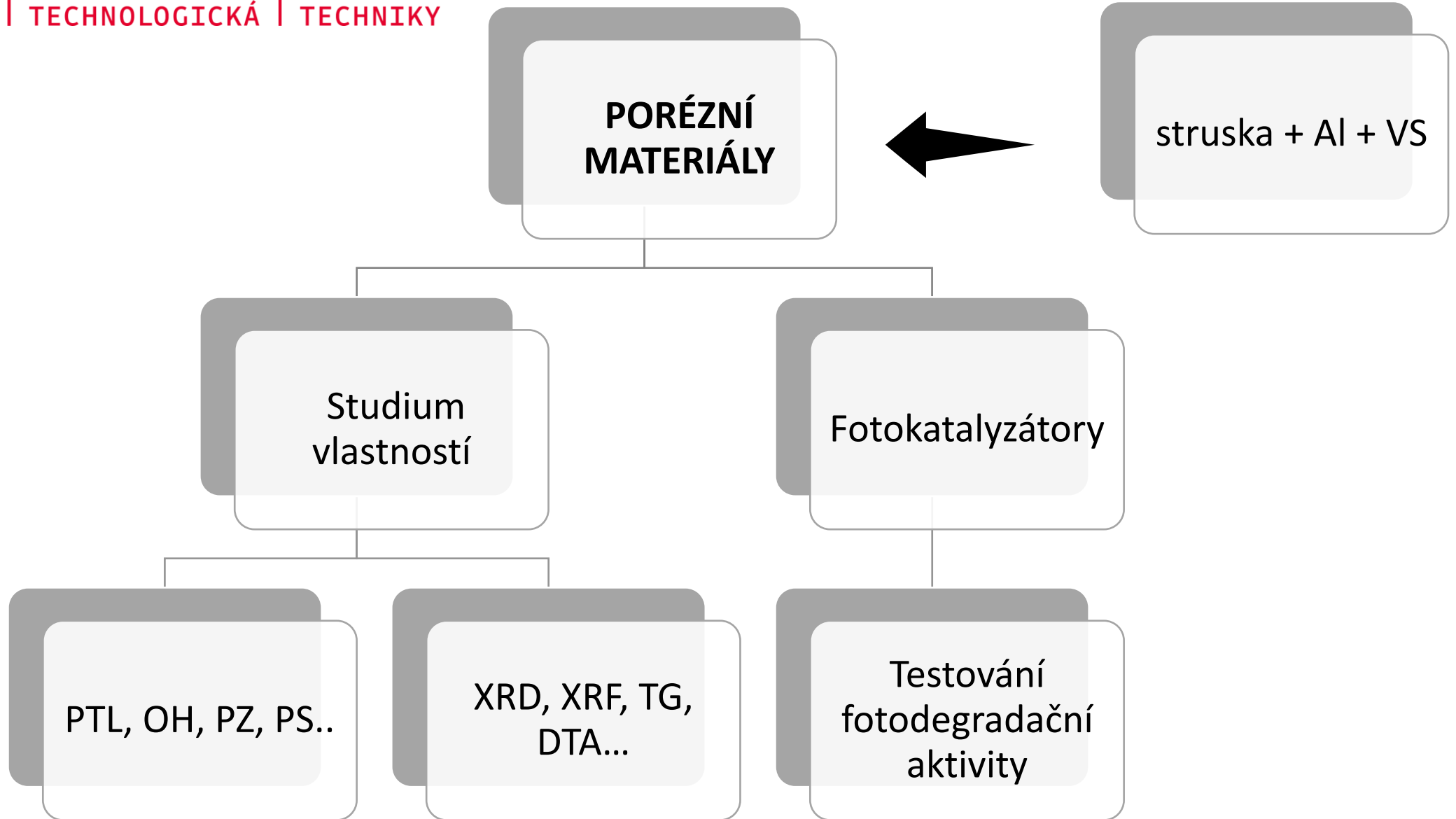
Pórobeton

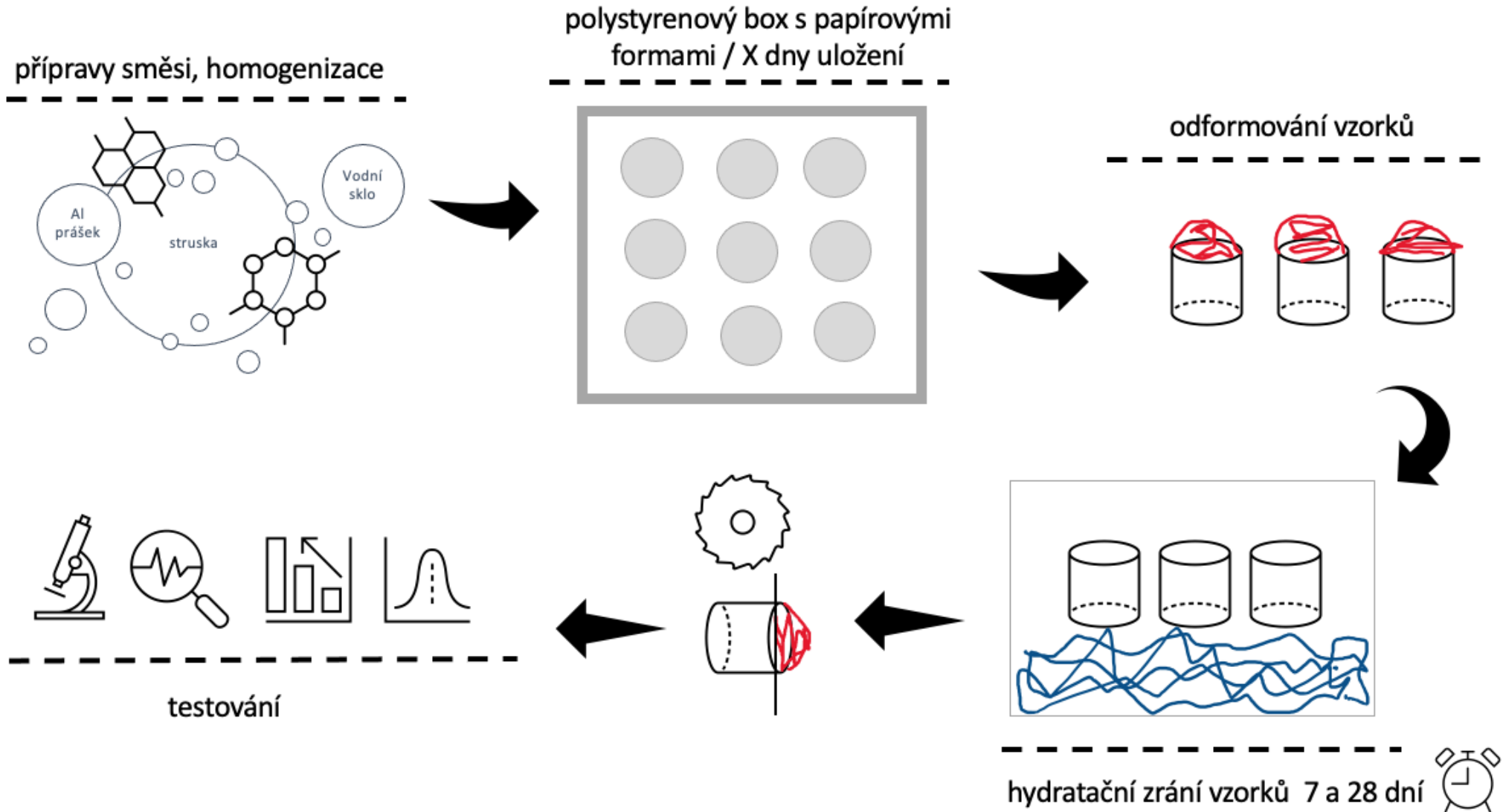




Objemová hmotnost plynobetonu	115 - 700 kg·m ⁻³
Pevnost v tlaku plynobetonu	0,35 - 6 MPa
Součinitel tepelné vodivosti plynobetonu	0,045 - 0,8 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹





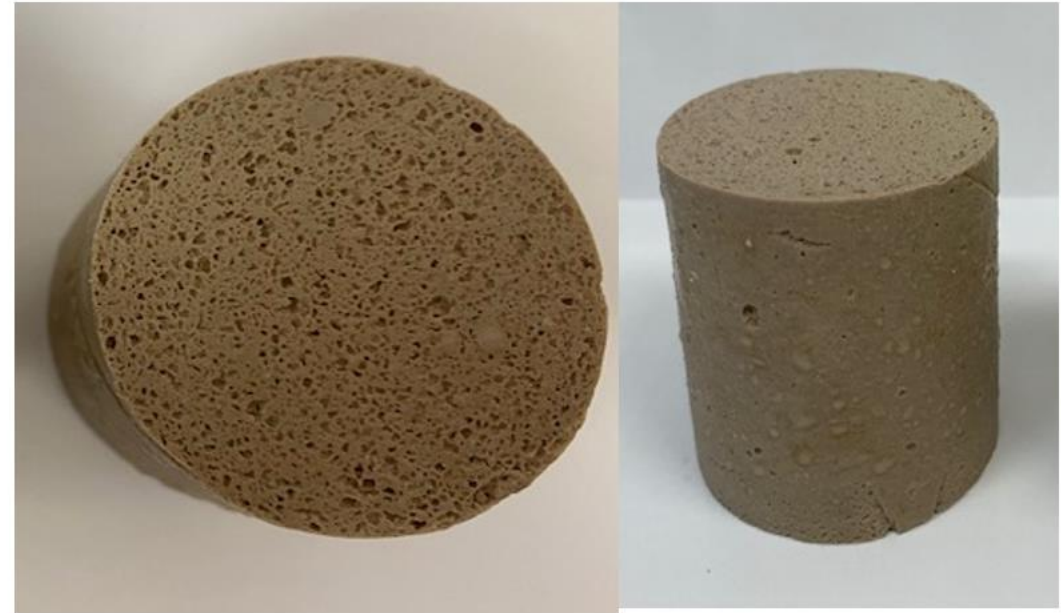


Označení směsi	GVS (g)	Dávka Na ₂ O (hm.%)	SM	Al (g)	H ₂ O (ml)	PTL MPa/28 dní	OH (kg/m ³)	Pórovitost%
MIX 1	100	4.5	2	0.186 (MK)	51	6.9	1072	31.8
MIX 2	100	4.5	2	0.186 (TB)	51	4.7	30.3	

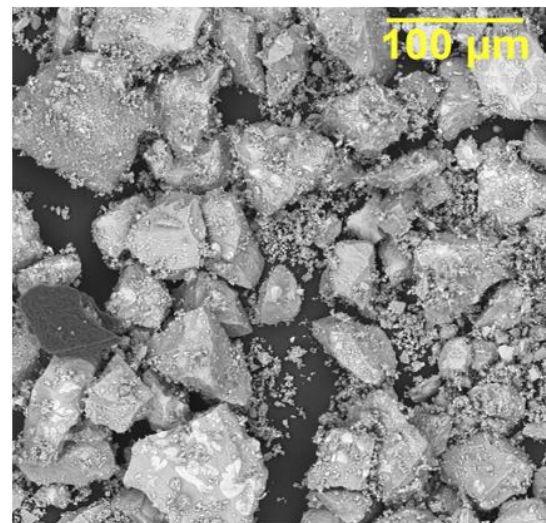
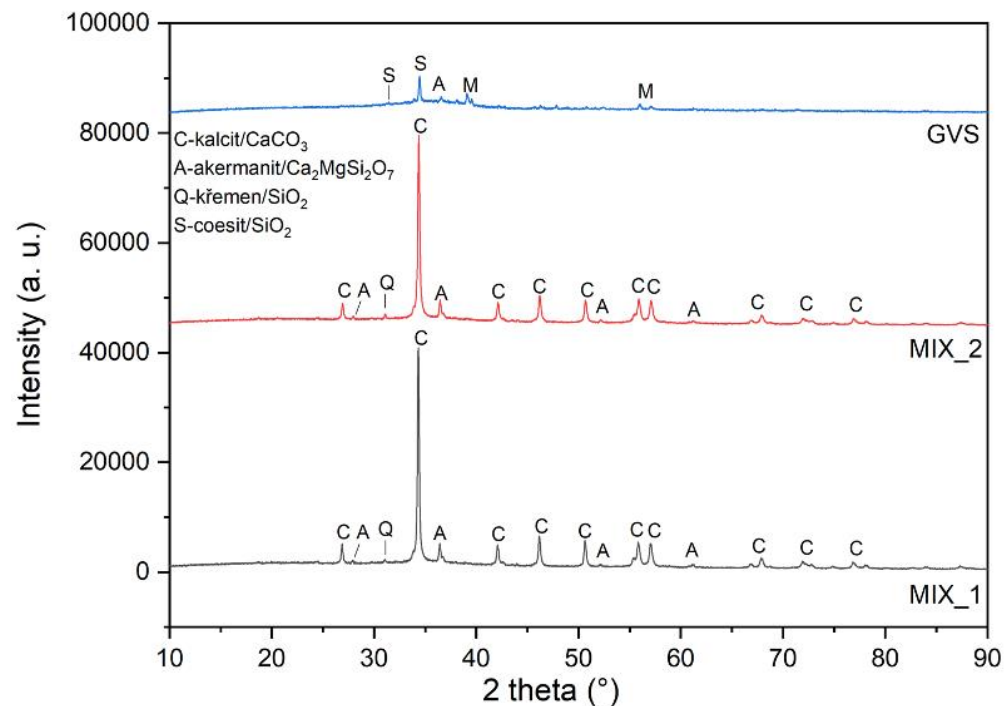
1



2

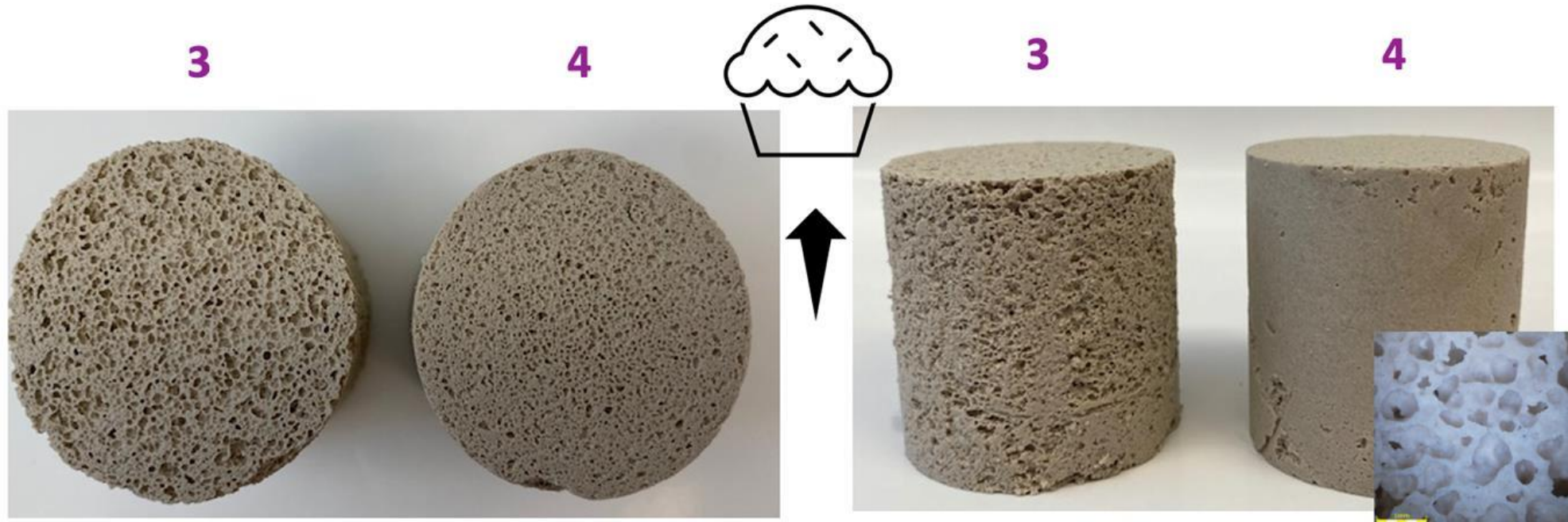


GVS hm%	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	SrO	ZrO ₂	LOI-Flux
	0,19	6,56	5,58	25,45	1,77	0,03	0,56	56,96	0,50	0,04	0,98	0,61	0,11	0,01	0,58

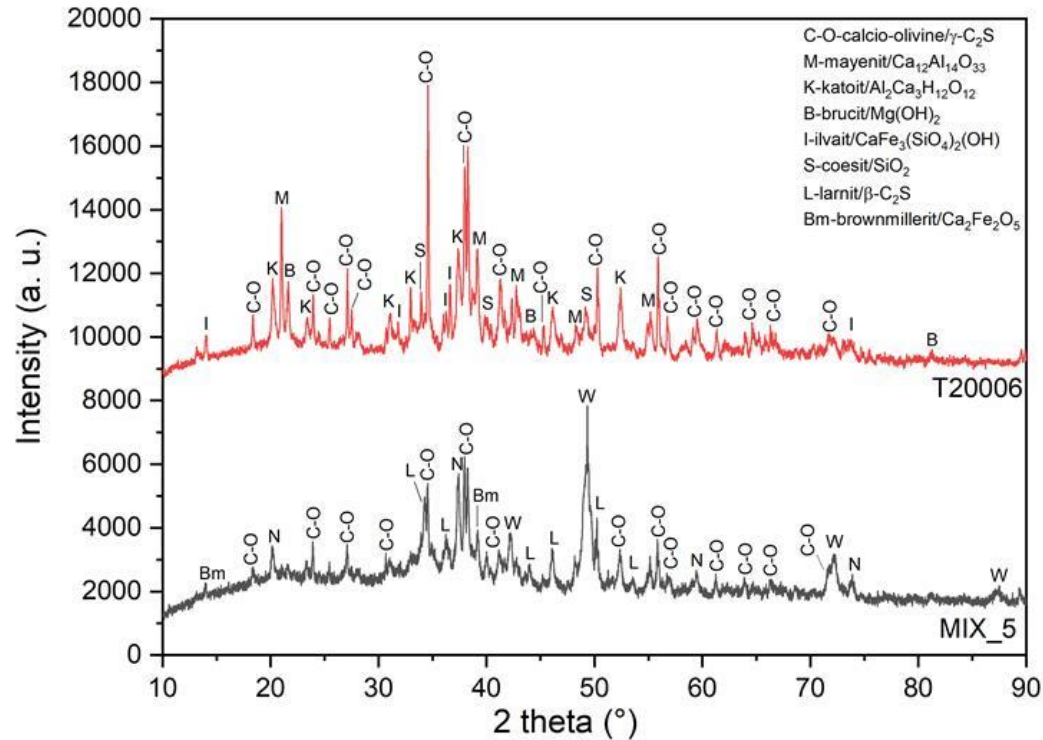


	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	SrO	ZrO ₂	LOI-Flux
MIX_1	2,83	3,16	3,02	18,93	0,44	0,01	0,20	43,88	0,14	0,36	0,24	0,05	0,01	26,69
MIX_2	2,83	3,04	2,78	18,63	0,46	0,01	0,19	44,58	0,18	0,36	0,24	0,05	0,01	26,6

Označení směsi	GVS (g)	Dávka Na ₂ O (hm.%)	SM	Al (g)	H ₂ O (ml)	PTL /28 dní (MPa)	OH (kg.m ⁻³)	Pórovitost
MIX 3	100g	4.5	2	0,20	17	1.4	751	46.9
MIX 4	100g	4.5	2	0.184	17	0.8	653	42.7

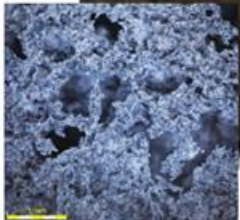
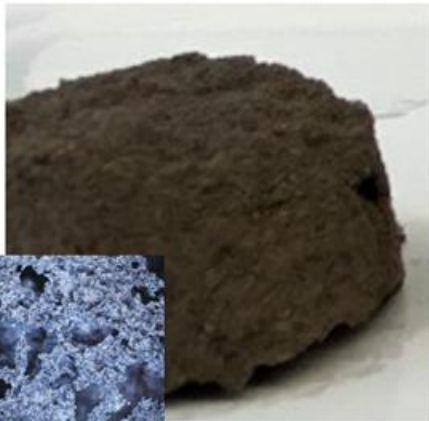


	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	SrO	ZrO ₂	LOI
T2006	0,001	5,93	8,80	14,57	0,001	1,49	0,04	0,001	51,12	0,34	0,57	2,67	14,40	0,04	0,01	-
MIX_5	4,33	2,98	5,62	19,34	0,44	0,78	0,02	0,03	38,03	0,21	0,58	3,01	18,07	0,04	0,02	6,43



Označení směsi	PS (g)	Dávka Na ₂ O (hm.%)	SM	Al hm.%	H ₂ O (ml)	PTL (MPa)	OH (kg.m ⁻³)	Pórovitost
MIX 3	100	4.5	2	0.18	-	-	-	-
MIX 6	100	4.5	2	0.55	24.3	-	-	-
MIX 7	100	4.5	2	0.70	vzorky se rozpadly			
MIX 8	100 + 50 g popílku	4.5	2	0.50	vzorky kompaktní, ale neměřitelná pevnost			

3



6



7



8



Označení směsi	PS (g)	Dávka Na ₂ O (hm.%)	SM	Al (g)	VS (ml)	PTL (MPa)	OH (kg.m ⁻³)	Pórovitost
MIX 9	100	4.5	2	0.37	34,3	rozpad		
MIX 10	100	4.5	2	0.19	34,3	neměřitelné		



Označení směsi	PS (g)	GVS (g)	Písek (g)	KA (g)	Al (g)	VS (ml)	H ₂ O (ml)	Kompaktnost	Nakypření	Poznámka	
1	10	10	-	-	0.03	5	7	-	-	rozpad	
2		10	-		0.04	10	0	+	-	receptura	
3		10	5		0.05	10	5	+	+	OK	
4		10	-		0.11	10	0	-	+	rozpad	
5		10	10		0.11	10	2	-	+	receptura	
6		10	10		0.05	10	0	+	+	OK	
7		10	-		0.66	5	8	-	-	rozpad	
8	-	-	-	-	0.66	5	10	-	-	rozpad	
9			-		0.06	10	2	+	+	OK	
10			10		0.05	5	0	-	-	rozpad	
11			5		0.05	3	6	-	-	rozpad	
12			10		0.11	6	0	+	+	OK	
13			5		0.11	6	0	-	-	rozpad	
14			-		5	0.11	5	10	+	-	-
15			-		10	0.11	6	5	+	+	OK
16			-		10	0.05	6	5	+	+	OK

1



3



10



11



12



13



15



16



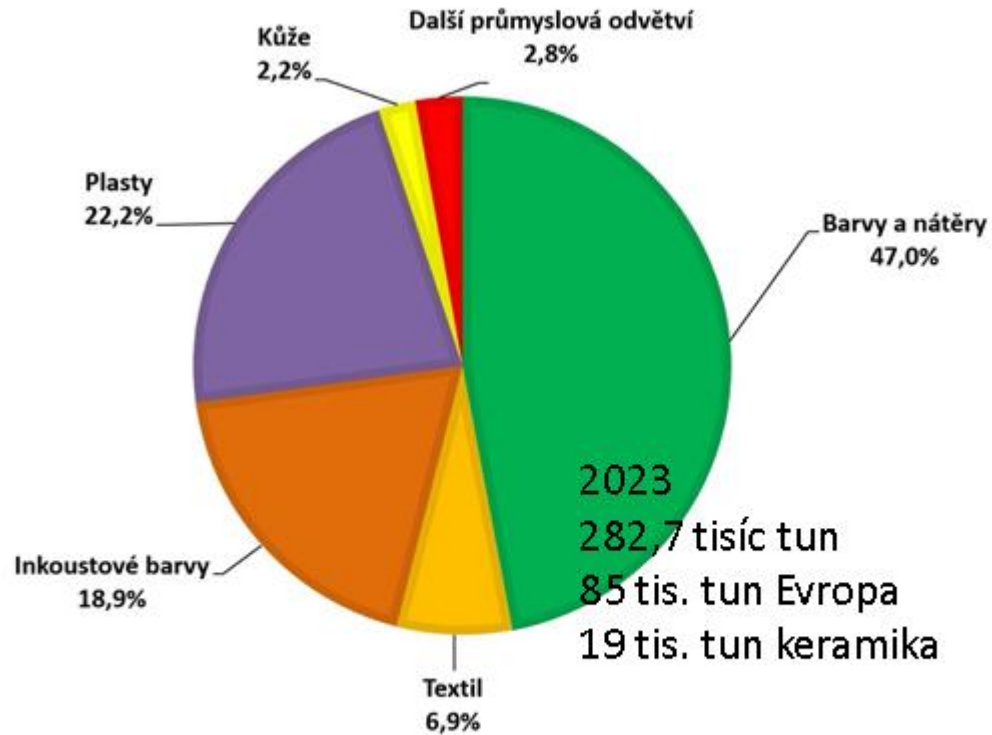
6



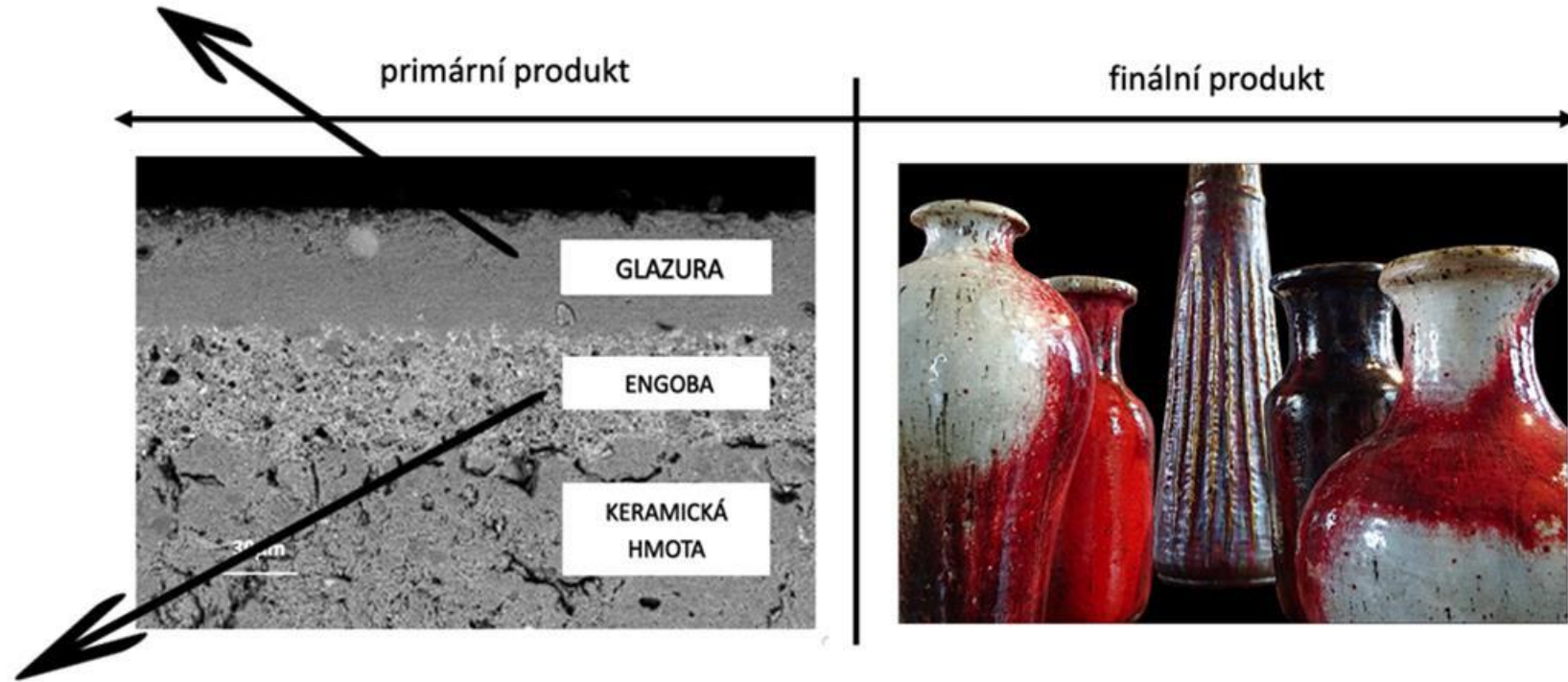
9



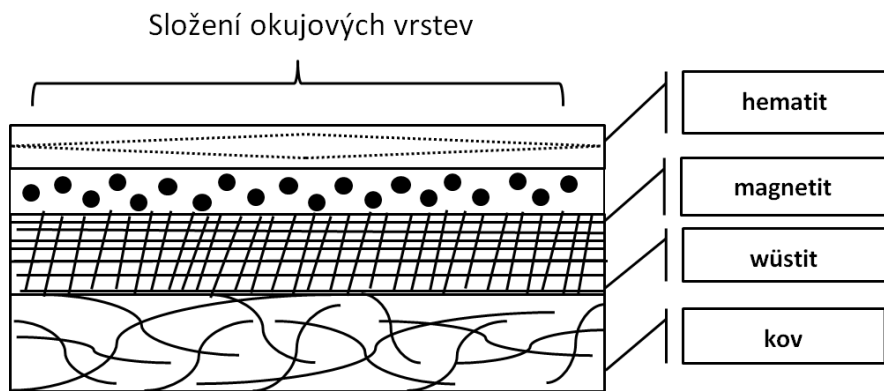
Železitý pigment



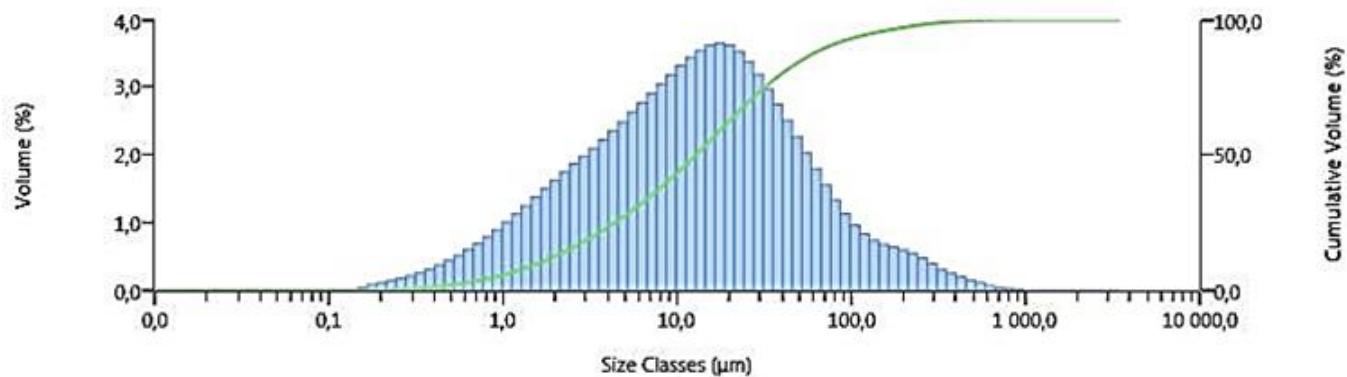
Glazury slouží k odstranění povrchové pórovitosti, zvýšení mechanické pevnosti keramických materiálů.



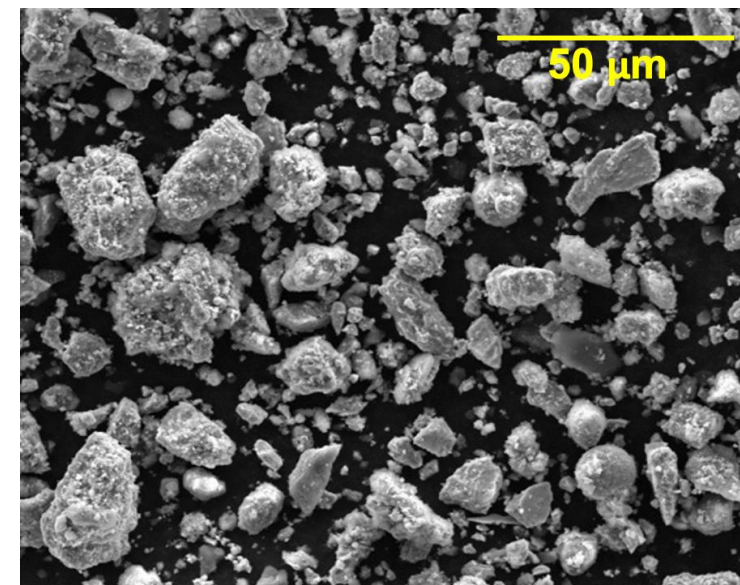
Engoby jsou barevné hlinky používané k dekoraci nebo zakrytí základního střepeu.



Okuje												
Oxidy	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe _{celk.}	LOI
hm. %	0.42	0.78	1.97	10.2	0.21	0.58	0.40	6.3	0.086	0.67	73.6	4.2



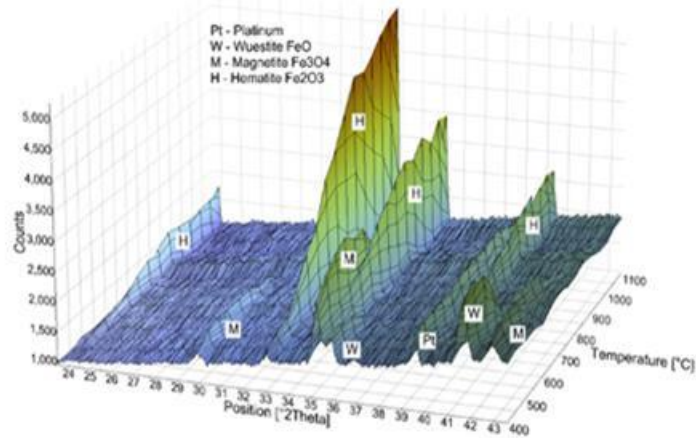
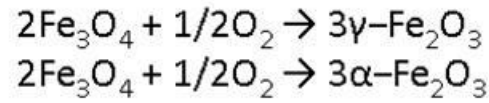
$d_{10\%} < 1,78 \mu\text{m}$, $d_{50\%} = 13,20 \mu\text{m}$ a $d_{90\%} > 64,80 \mu\text{m}$



okuje
originální

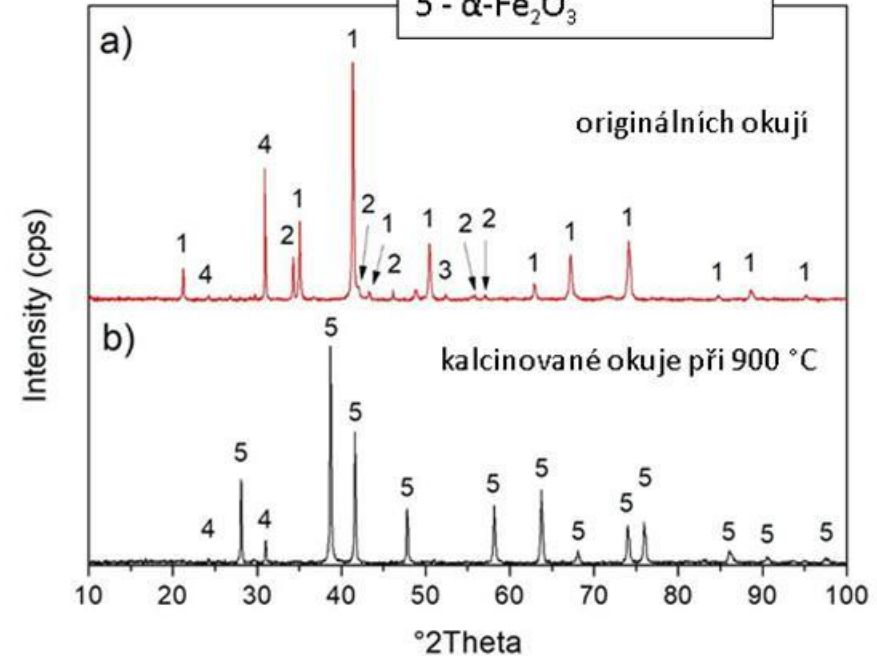
okuje
kalcinované
na 700°C

okuje
kalcinované na
900°C








XRPD okují














- 1-Fe₃O₄
- 2 -CaCO₃
- 3 - FeO
- 4 - SiO₂
- 5 - α-Fe₂O₃



Vzorky	Mlýn	Doba mletí (min)	Granulometrie μm		
			d10	d50	d90
OKJ	–		1.78	13.20	64.80
VM60	vibrační	60	0.85	4.44	21.60
VM120		120	1.32	6.04	50.30
PM60	planetární	60	1.76	6.05	27.70
PM120		120	2.07	6.04	19.40
PM240		240	1.23	4.69	15.10

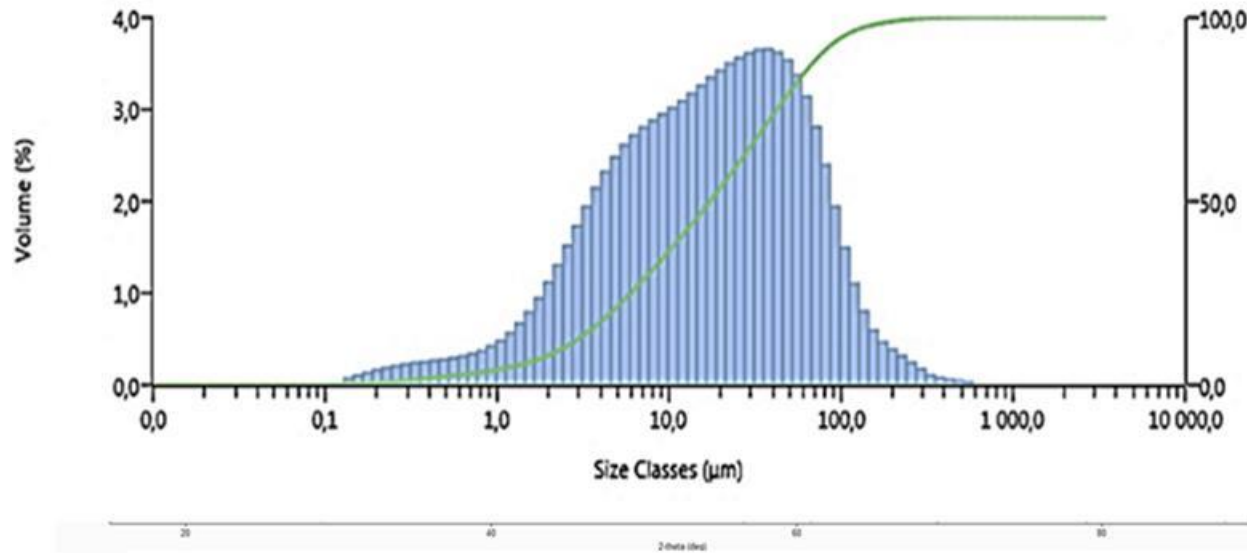
Vzorky	Množství hm.%			Teplota výpalu (°C)			Teplota kalcinace (°C)	Čas mletí (min)	
	transparentní glazura	okuje	Fepren	800	900	1060			
	(TG)	(OKJ)	(GOF)						
TG+0OKJ/-/1060	100	0	-	-	-	x	-	-	
TG+1OKJ/-/1060	99	1	-	-	-	x	-	-	
TG+10OKJ/-/1060	90	10	-	-	-	x	-	-	
TG+10OKJ/700/1060	90	10	-	-	-	x	700	-	
TG+10OKJ/900/1060	90	10	-	-	-	x	900	-	
TG+10OKJ/-/800	90	10	-	x	-	-	-	-	
TG+10OKJ/-/900	90	10		-	x	-	-	-	-
TG+10OKJ/VM120/800	90	10		x	-	-	-	-	120
TG+10OKJ/VM120/900	90	10		-	x	-	-	-	120
TG+10OKJ/PM60/1060	90	10		-	-	x	-	-	60
TG+10OKJ/PM120/1060	90	10		-	-	x	-	-	120
TG+10OKJ/PM240/800	90	10		-	x	-	-	-	240
TG+10OKJ/PM240/900	90	10		-	x	-	-	-	240
TG+10OKJ/PM240/1060	90	10		-	-	x	-	-	240
TG+5OKJ/PM/240/1060	95	5		-	-	x	-	-	240
TG+5GOF/-/1060	95	-		5	-	-	x	-	-
TG+10GOF-/900	90	-		10	-	x	-	-	-
TG+10GOF-/1060	90	-		10	-	-	x	-	-

Teplota výpalu / L*a*b*souřadnice	Vzorník glazur z okují bez mechanické aktivace				
1060°C					
	TG+0OKJ/-/1060 L*=83.37 a*=5.55 b*=12.24	TG+1OKJ/-/1060 L*=74.36 a*=1.59 b*=20.79	TG+10OKJ/-/1060 L*=58.31 a*=3.49 b*=31.22	TG+10OKJ/700/1060 L*=48.57 a*=3.71 b*=30.91	TG+10OKJ/900/1060 L*=65.31 a*=6.65 b*=32.77
Poznámka: TG+XOKJ/TK/FT (TG ... transparentní glazura, OKJ...okuje, XOKJ ... Xhm.% okují, TK...teplota kalcinace okují, FT ...finální teplota glazur s přídatkem okují)					

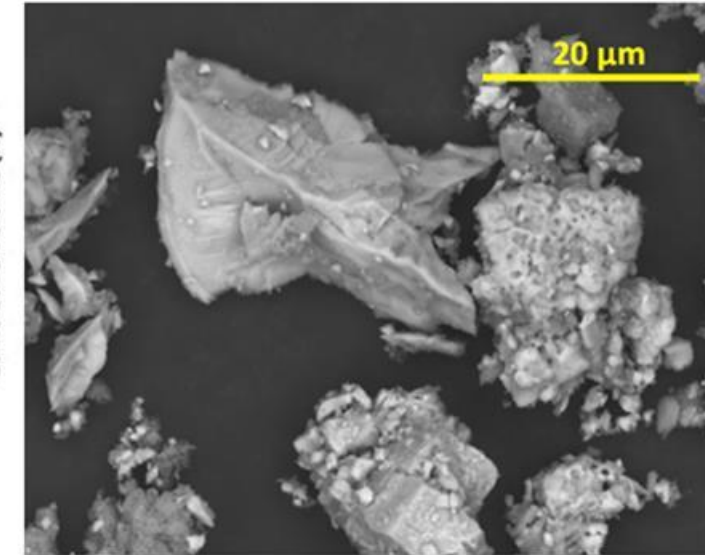
Teplota výpalu /L*a*b* souřadnice	Vzorník glazur s mletými okujemi a komerčním pigmentem					
800°C	 TG+10OKJ/-/800 L*=28.25 a*=8.42 b*=2.57	 TG+10OKJ/VM120/800 L*=24.67 a*=12.80 b*=5.79	 TG+10OKJ/PM240/800 L*=30.63 a*=11.69 b*=6.55			
900°C	 TG+10OKJ/-/900 L*=24.33 a*=6.82 b*=7.53	 TG+10OKJ/VM120/900 L*=18.28 a*=14.80 b*=9.19	 TG+10OKJ/PM240/900 L*=17.28 a*=15.09 b*=8.99	 TG+10GOF/-/900 L*=10.28 a*=7.93 b*=5.73		
1060°C	 TG+ 5GOF/-/1060 L*= 52.03 a*= 9.89 b*= 46.77	 TG+ 10GOF/-/1060 L*=11.60 a*=7.15 b*=5.37	 TG+10OKJ/PM240/1060 L*=12.29 a*=5.28 b*=9.12	 TG+10OKJ/PM240/1060 L*=38.22 a*=11.42 b*=41.09	 TG+10OKJ/PM60/1060 L*=30.24 a*=7.18 b*=30.25	 TG+10OKJ/PM120/1060 L*=14.00 a*=7.05 b*=16.37

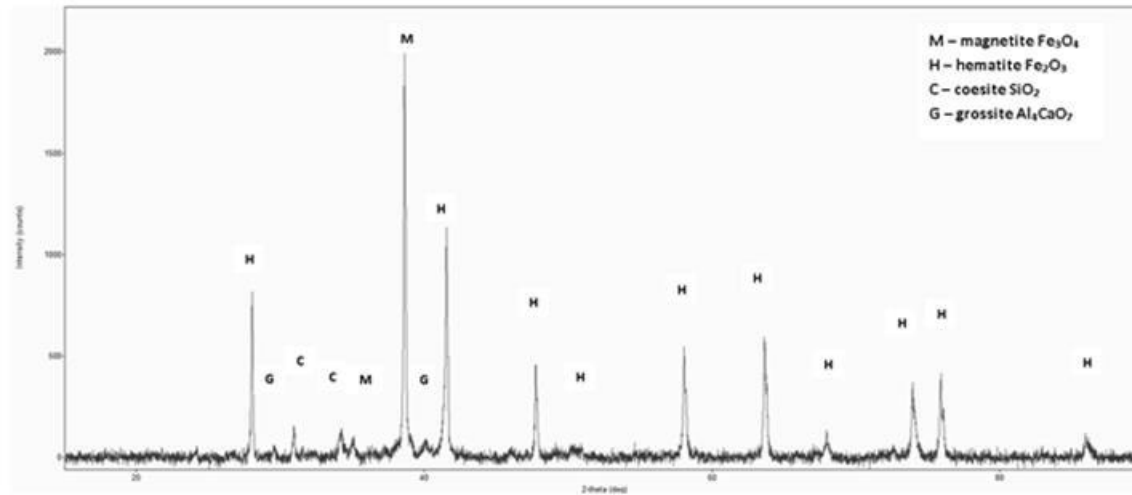
Poznámka: TG+(XOKJ nebo XGOF)/PMX nebo VMX)/FT (TG ... transparentní glazura, OKJ...okuje, GOF...komerční glazura, XGOF...Xhm.% komerční glazura, XOKJ... Xhm.% okuji, PMX...planetární mlýn a čas mletí (min.) okuji, VMX...vibrační mlýn a čas mletí (min.) okuji, FT ...finální teplota výpalu glazur s přidavkem okuji)

Odprašky (ODP)												
Oxidy	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe _{celk.}	
hm. %	0.93	3.31	1.68	6.63	0.05	1.09	0.07	12.0	0.05	0.31	72.6	

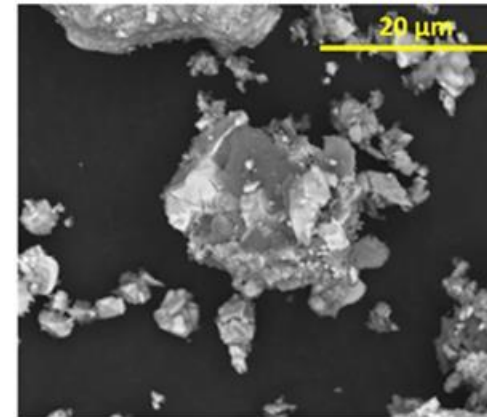


d90 % < 77 µm, d50 % = 17 µm a d10 % < 2,4 µm

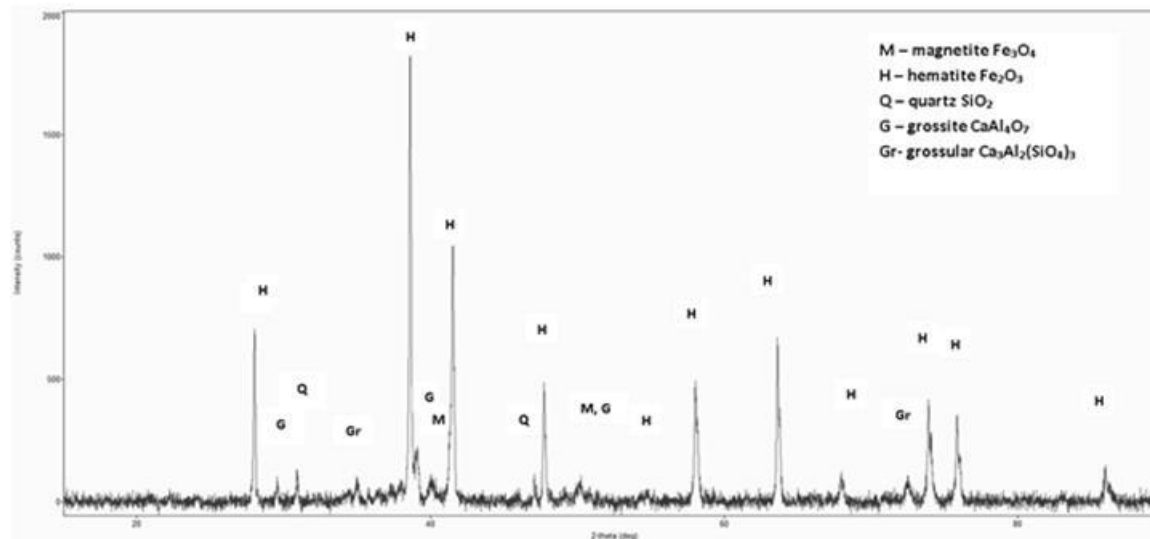




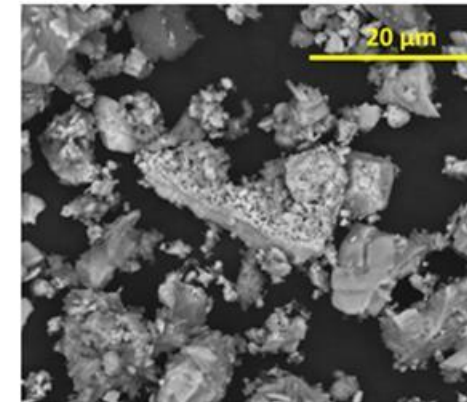
difraktogram ODP kalcinovaných na 700 °C



$d_{10\%} < 49,5 \mu\text{m}$
 $d_{50\%} = 84,7 \mu\text{m}$
 $d_{90\%} < 142 \mu\text{m}$



difraktogram ODP kalcinovaných na 900 °C



$d_{10\%} < 50,7 \mu\text{m}$,
 $d_{50\%} = 89,1 \mu\text{m}$
 $d_{90\%} < 156 \mu\text{m}$

Označení glazur pro kalorimetrii	Označení glazur	Materiál hm. %		Teplota výpalu glazur (°C)		Teplota kalcinace OKD (°C)
		transparentní glazura (TG)	odprašky (ODP)	900	1060	
X1	TG+10ODP/-/1060	90	10		x	-
X2	TG+10ODP/700/1060	90	10		x	700
X3	TG+10ODP/900/1060	90	10		x	900
Y1	TG+10ODP/-/900	90	10	x		-
Y2	TG+10ODP/700/900	90	10	x		700
Y3	TG+10ODP/900/900	90	10	x		900

Poznámka: TR+XODP/TK/FT. X – odprašky (hm. %), TK – teplota kalcinace odprašků, FT – finální teplota výpalu glazur

Teplota výpalu / L*a*b* souřadnice	Vzorník glazur z aglomeračních odprašků		
900°C	 <p data-bbox="861 551 1100 699"> TG+10ODP/-/900 L*=26.34 a*=6.25 b*=6.73 </p>	 <p data-bbox="1286 551 1551 699"> TG+10ODP/700/900 L*=21.54 a*=5.68 b*=6.03 </p>	 <p data-bbox="1742 551 2007 699"> TG+10ODP/900/900 L*=32.51 a*=6.25 b*=7.87 </p>
1060°C	 <p data-bbox="853 1043 1118 1192"> TG+10ODP/-/1060 L*=49.73 a*=7.09 b*=40.92 </p>	 <p data-bbox="1294 1043 1559 1192"> TG+10ODP/700/1060/ L*=54.60 a*=7.05 b*=43.18 </p>	 <p data-bbox="1742 1043 2007 1192"> TG+10ODP/900/1060 L*=68.68 a*=4.52 b*=33.39 </p>

Poznámka: TG+XODP/TK/FT (TG...transparentní glazura, ODP...odprašky, XODP... Xhm.% odprašků, TK...teplota kalcinace odprašků, FT...finální teplota glazur s přidavkem odprašků)

Označení glazur pro kalorimetrii	Označení glazur	Materiál hm. %			Teplota kalcinace ODP (°C)
		transparentní glazura (TG)	odprašky (ODP)	keramická hmota	
EO1	EG+1ODP/900	40	1	100	900
EO2	EG+5ODP/900	40	5		900
EO3	EG+10ODP/900	40	10		900
EO4	EG+50ODP/900	40	50		900
EO5	EG+1ODP/1060	40	1		1060
EO6	EG+5ODP/1060	40	5		1060
EO7	EG+10ODP/1060	40	10	100	1060

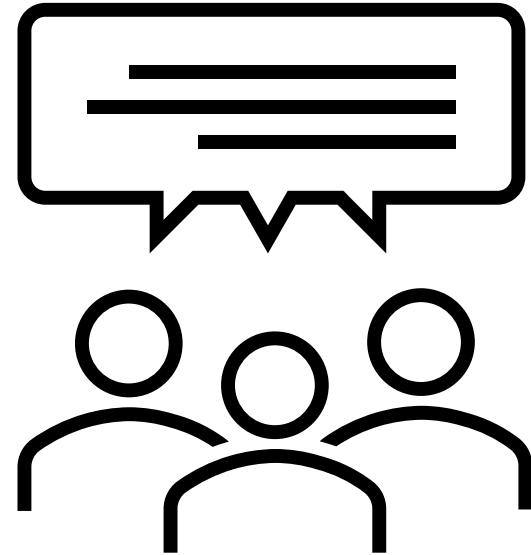
Poznámka: Vysvětlení označení vzorku: EG+XODP/FT. EG – engoba (cihlářský jí (CJ) + transparentní glazura (TG), X – odprašky (hm.%), FT – finální teplota výpalu engob

Teplota výpalu / L*a*b* souřadnice	Vzorník engob z aglomeračních odprašků			
900°C	 <p data-bbox="868 662 1042 786">EG+1ODP/900 L*=45.30 a*=14.72 b*=16.51</p>	 <p data-bbox="1182 662 1355 786">EG+5ODP/900 L*=46.42 a*=21.60 b*=23.94</p>	 <p data-bbox="1488 662 1661 786">EG+10ODP/900 L*=46.94 a*=19.79 b*=22.96</p>	 <p data-bbox="1793 662 1967 786">EG+50ODP/900 L*=38.90 a*=12.46 b*=13.46</p>
1060°C	 <p data-bbox="863 1082 1047 1206">EG+1ODP/1060 L*= 71.73 a*= 5.00 b*= 12.34</p>	 <p data-bbox="1174 1082 1358 1206">EG+5ODP/1060 L*=59.42 a*=5.65 b*=8.01</p>	 <p data-bbox="1480 1082 1663 1206">EG+10ODP/1060 L*=51.35 a*=6.27 b*=6.84</p>	

Poznámka: EG+XODP/TK/FT (EG ... engoba, ODP...odprašky, XODP ... Xhm.% odprašků, FT ...finální teplota glazur s přidavkem odprašků)

- optimalizovat receptury pro přípravu lehčených strusek
- nastavit jednotný postup pro jejich přípravu strusek
- vyzkoušet vícero strusek (zajistit však dostatečné množství)

- sledovat barevnou stálost odpadních pigmentu v betonech
- hledat nové výzvy v oblasti pigmentů



Děkuji za pozornost

doc. Ing. Hana Ovčáčiková, Ph.D.

Hana.ovcacikova@vsb.cz

www.vsb.cz