

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



Výzkumný záměr 2

Výzkum ostatních tuhých odpadů, materiálů a vedlejších produktů hutních a souvisejících provozů



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Typy zkoumaných metalurgických odpadů

- Vysokopecní a ocelářenské kaly.
- Konvertorové kaly.
- Výhozy z VP.
- Slévárenský písek.
- Odprašky z elektrostatických a látkových filtrů.



Směry výzkumu

- Charakterizace vzorků.
- Odzinkování metalurgických odpadů.
 - Odstraňování zinku kyselým loužením a následné využití výluhu k přípravě Zn-SiO₂ a Zn-GO kompozitů.
 - Elektrochemické zpracování pevných zbytků kalů po kyselém loužení.
- Sorpční testy.
 - Sorpce fosfátů a fenolu na různých typech metalurgických odpadů.
 - Sorpce organických léčiv na metalurgických odprašcích.
- Výroba hematitu a magnetitu ze vzorků VP a OC-kalů.
- Snížení prašnosti a zlepšení smáčivosti vzorků výhozu z VP.

Elektrochemické vlastnosti louženého vysokopecního kalu

Vysokopecní kal (VPK)

Zrnitost: pod 0,18 mm

Loužení: diskontinuálně, 1M HCl, t = 48 h.

Tabulka 1: Srovnání nelouženého a louženého VPK

Analyt	Fe _{celk}	FeO	Mg	Al	Ca	Mn	Zn
VPK (%)	39,00	5,78	0,97	1,27	6,34	0,27	0,67
VPKL (%)	47,00	4,64	0,35	0,96	0,27	0,09	0,05

Tabulka 2: Přehled fází louženého VPK

Fáze	Amorfní fáze	Hematit	Magnetit	SiO ₂	Cristobalit
w (%)	48,76	33,01	11,47	6,17	0,59

Elektrochemická měření

Přístroj: potenciostat-galvanostat Voltalab PGZ 301, softwar Voltamaster 4.0

Zapojení: tříelektrodový systém

- pracovní elektroda – **modifikovaná uhlíková pastová elektroda**,
- referentní el. - nasycená Ag/AgCl pro 1M HCl, nasycená kalomelová el. pro 1M NaOH,
- pomocná elektroda - Pt drát.

- **Matoda:** **cyklická volametrie**

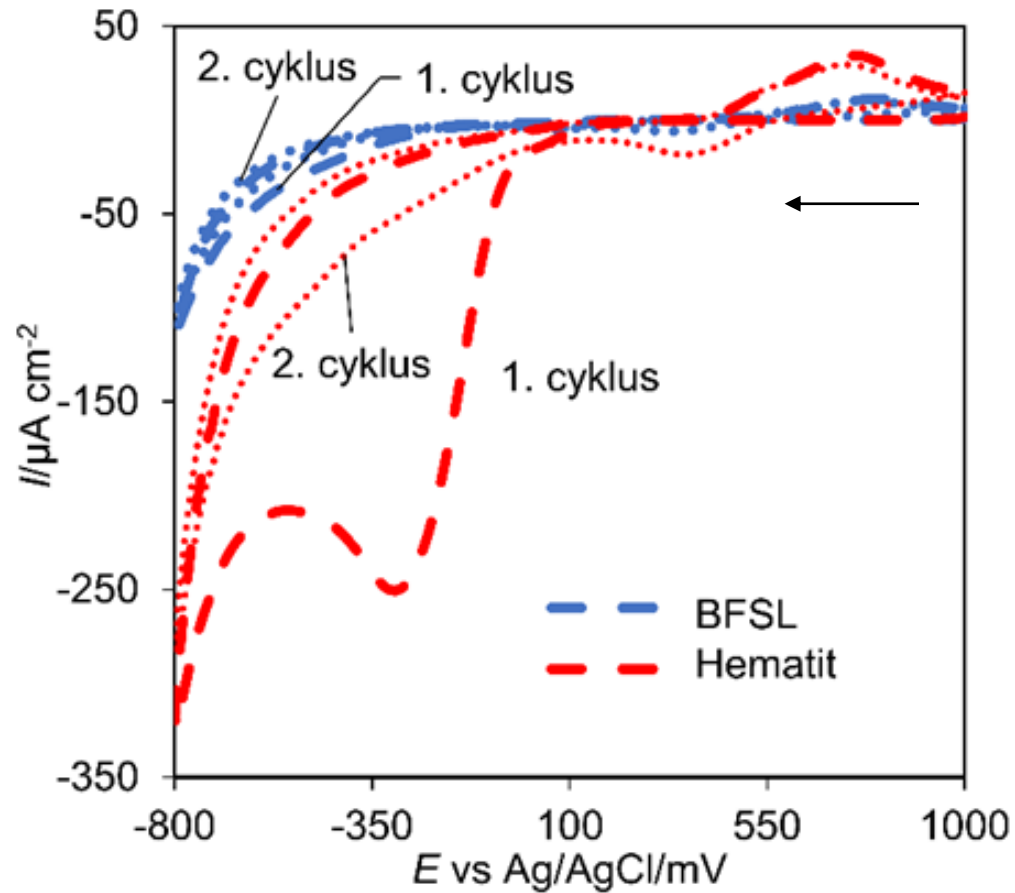


- **Modifikovaná uhlíková pastová elektroda:** grafit + parafínový olej + modifikátor

Modifikátor: VPKL, hematit, magnetit

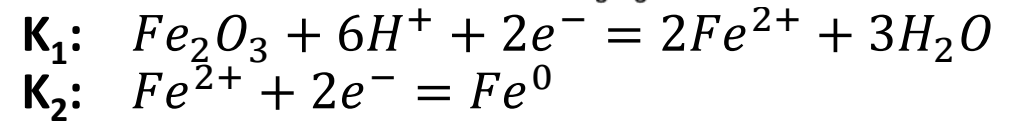
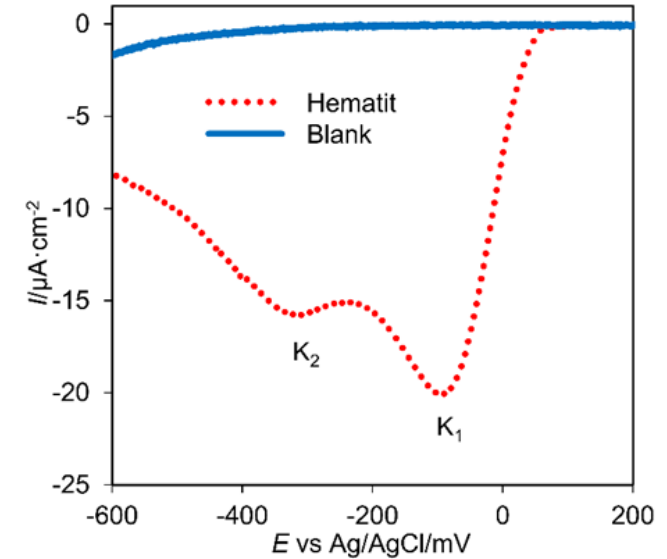
Elektrolyt: 1M HCl, 1M NaOH

Kyselý elektrolyt (1M HCl)



Výsledek: výrazný rozdíl v 1. cyklech VPKL a hematitu v redukční oblasti!

Hematit:



Fe^0 následně přechází do roztoku.

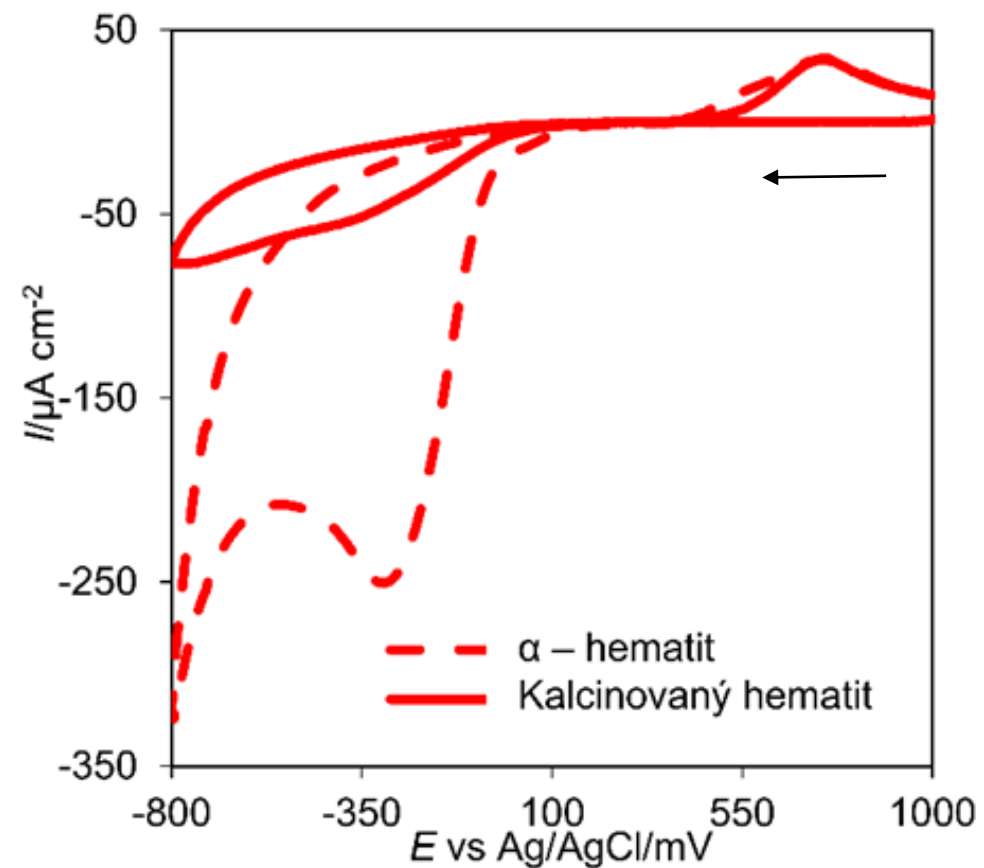
Kalcinace hematitu (1500°C, 3 h)

RTG analýza žíhaného hematitu prokázala:

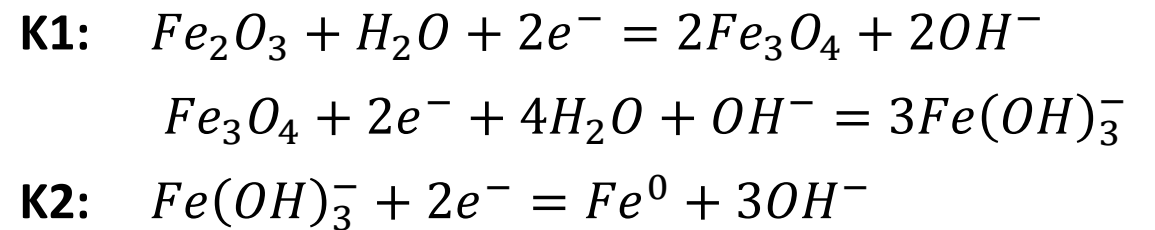
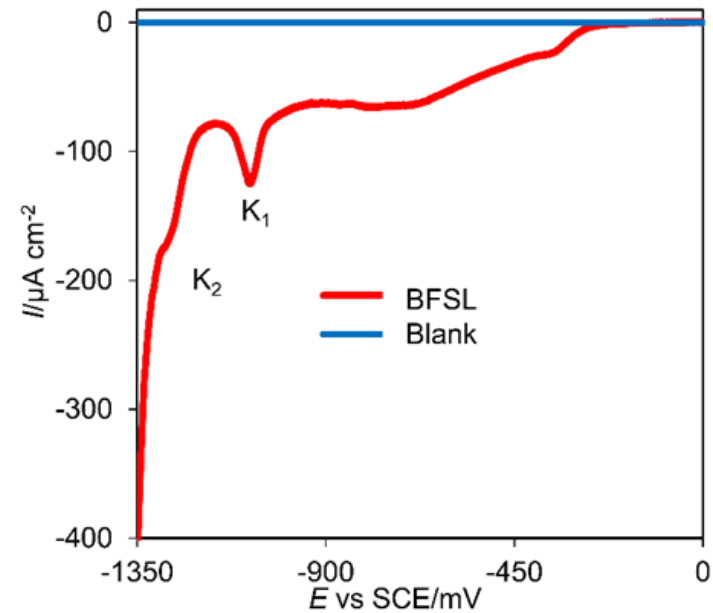
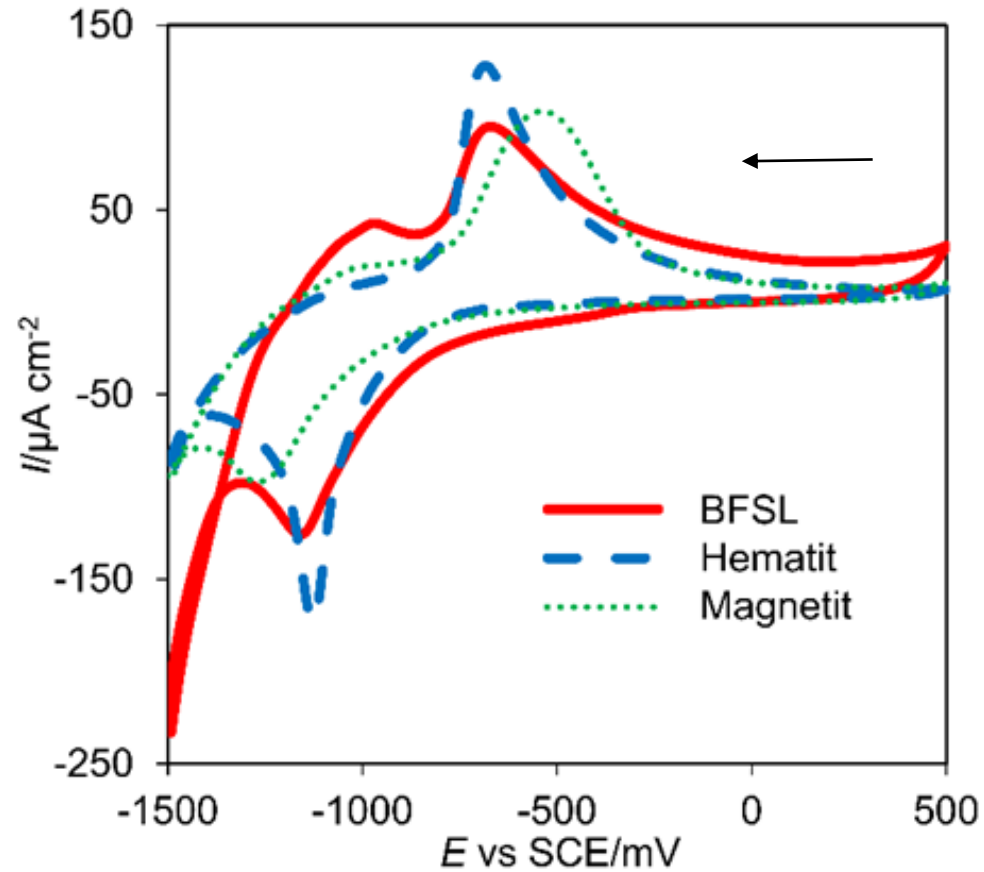
- vznik většího množství amorfní fáze (39,08 hm.%).
- tvorbu maghemitu (6,33 hm.%).

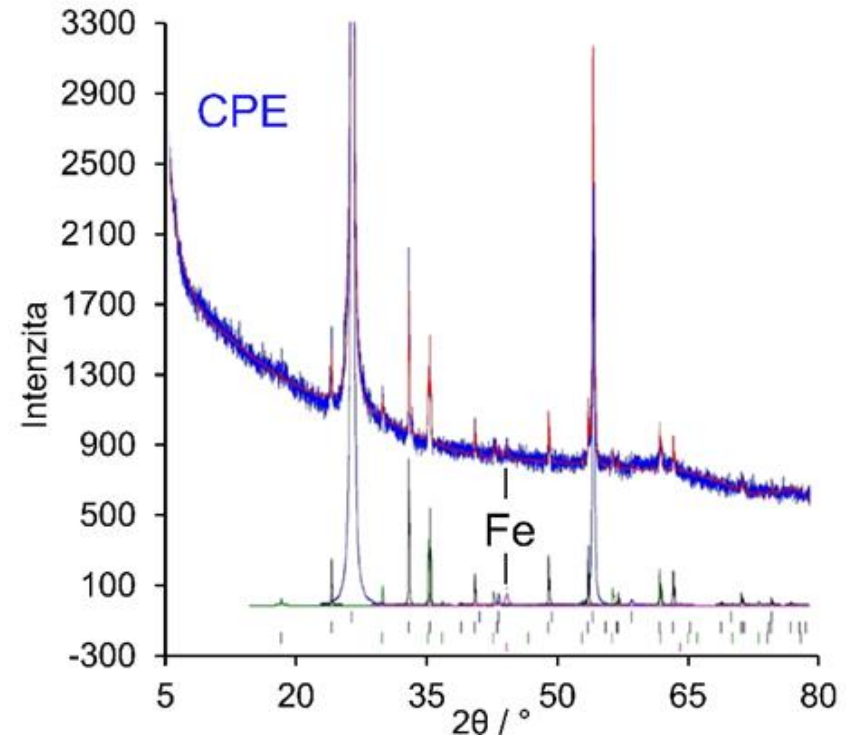
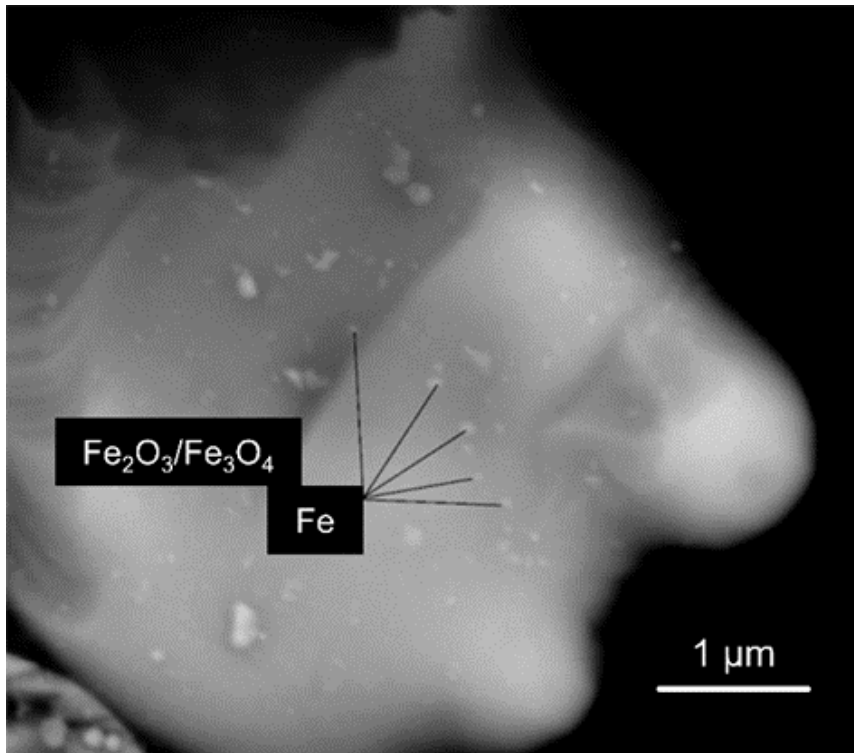
Závěr:

specifické chování VPKL způsobují strukturní a konfigurační změny vyvolané teplotním režimem.



Zásaditý elektrolyt (1M NaOH)





Nanostrukturované Fe⁰ potvrzeno SEM analýzou reakčního povrchu a RTG difrakcí.

Závěr:

- V zásaditém prostředí identifikován u BFSL v redukční oblasti výrazný pík odpovídající transformaci $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^0$.
- Finální produkt je **nanostrukturované Fe⁰**.
- Možné využití: katalýza, sorpční účely.

Sorpce fosfátů na metalurgických odpadech

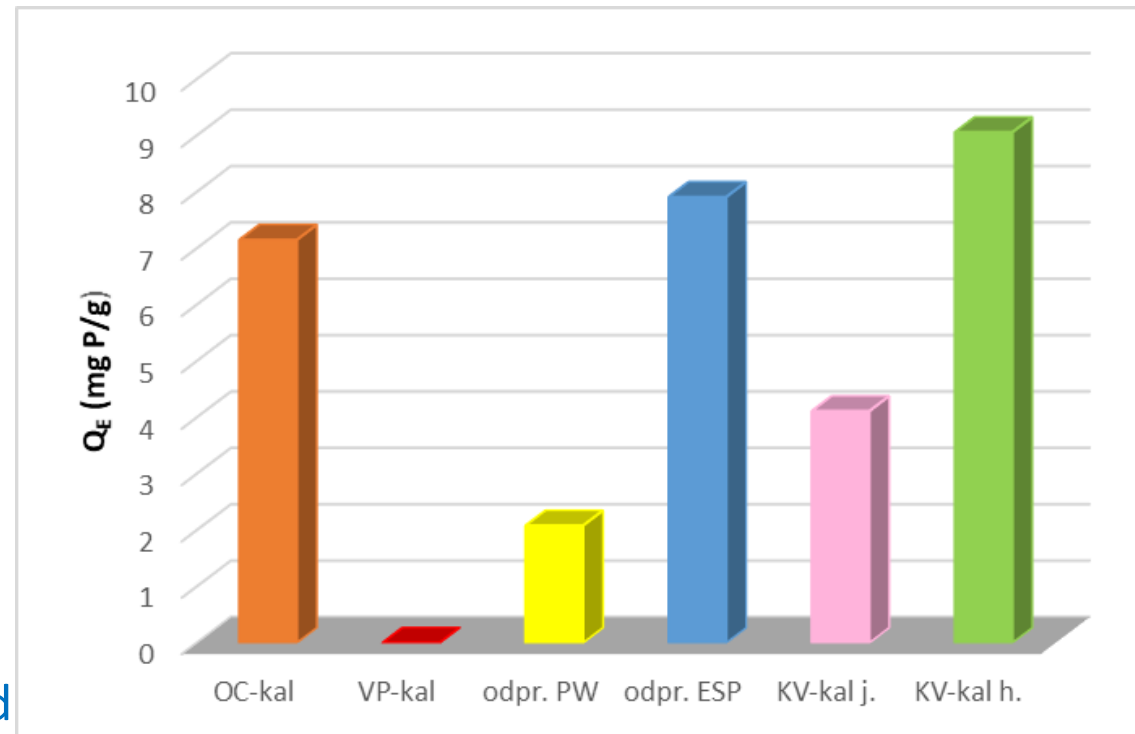
Sorpční testy

Podmínky:

- 0,5 g vz. + 100 cm³ roztoku
- c = 500 mg PO₄/dm³
- zrnitost vzorků: pod 0,1 mm

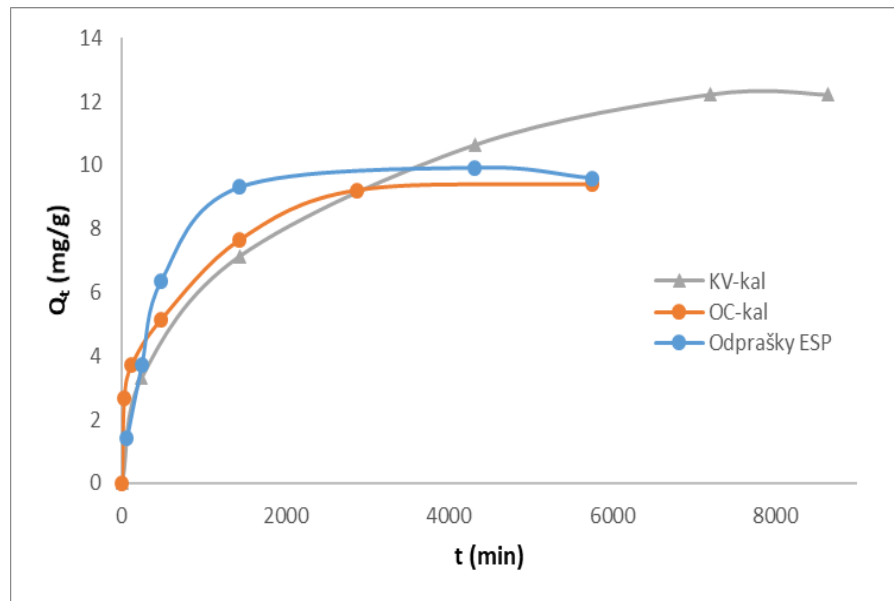
Výtěžnost: cca 24,5 %

Tabulka 1: Analýzy povrchů vzorků od



Vzorek	Hustota (g/cm ³)	Spec. povrch (m ² /g)	Mezopóry (cm ³ /g)	Mikropóry (cm ³ /g)
OC-kal	4,96	7,77	0,047	0,002
KV-kal hr.	5,08	4,19	0,024	0,001
Odpr. ESP	3,77	2,70	0,024	0,001

Kinetika sorpce fosfátů

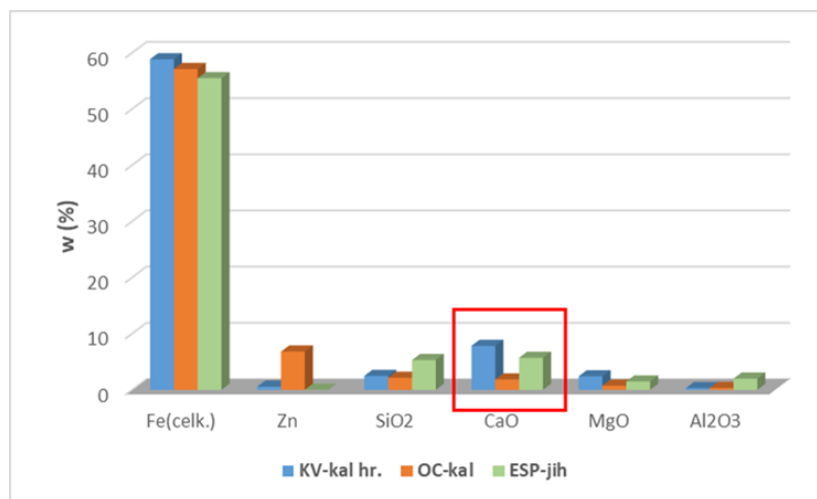


Tabulka 2: Výsledky kinetických měření

Vzorek	R ²	Q _E (mg P/g)	K ₁ (g/h.mg)
OC-kal	0,9953	9,72	4,70.10 ⁻⁴
KV-kal hr.	0,9951	13,61	7,50.10 ⁻⁵
odpr. ESP	0,9973	10,33	3,05.10 ⁻⁴

Závěr:

- Vyhovuje kin. model **pseudodruhého řádu**.
- Nejrychleji se ustavuje rovnováha u **OC-kalu**, nejpomaleji u **KV-kalu**.
- Hodnoty sorpčních maxim **korelují** s obsahy CaO ve vzorcích.



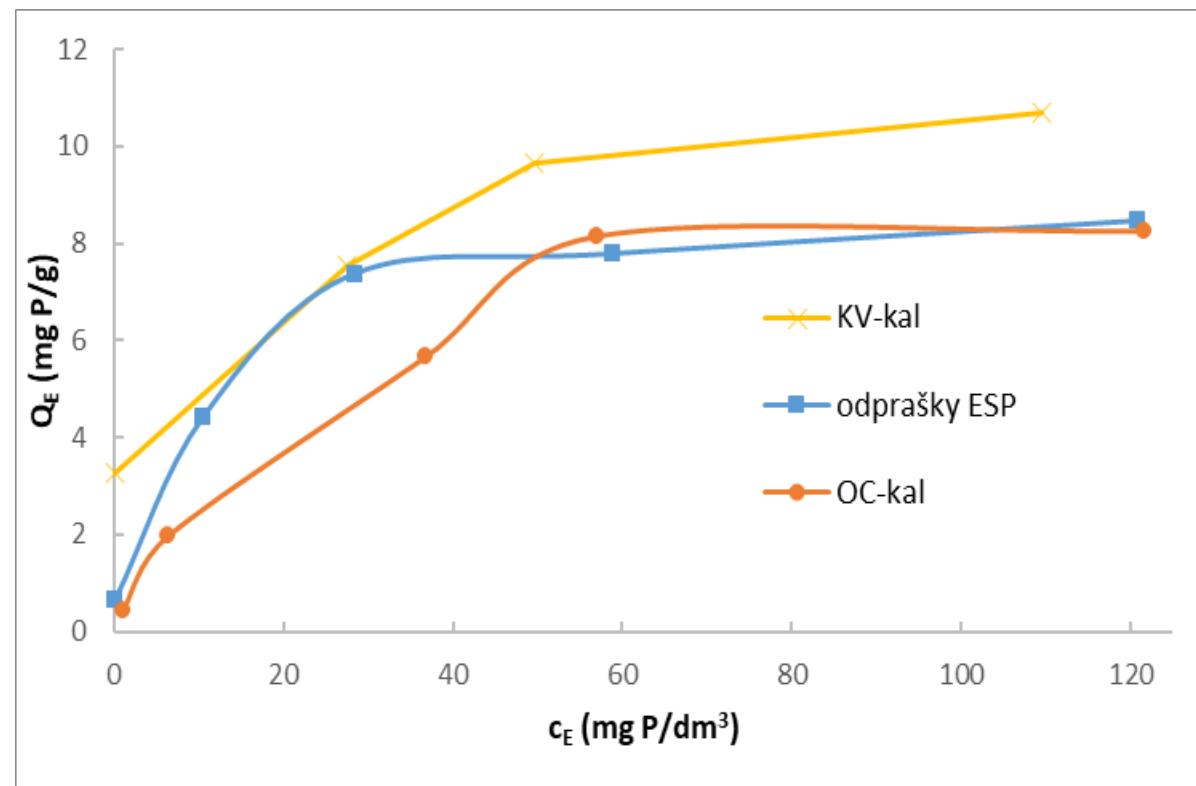
Adsorpční izotermy

Tabulka 3: výsledky sorpčních měření

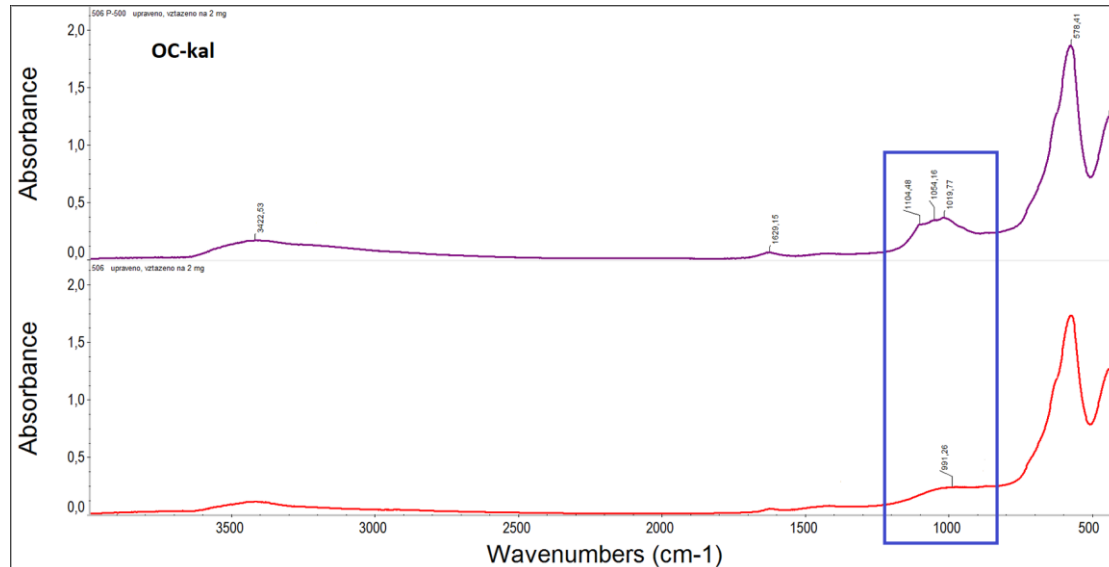
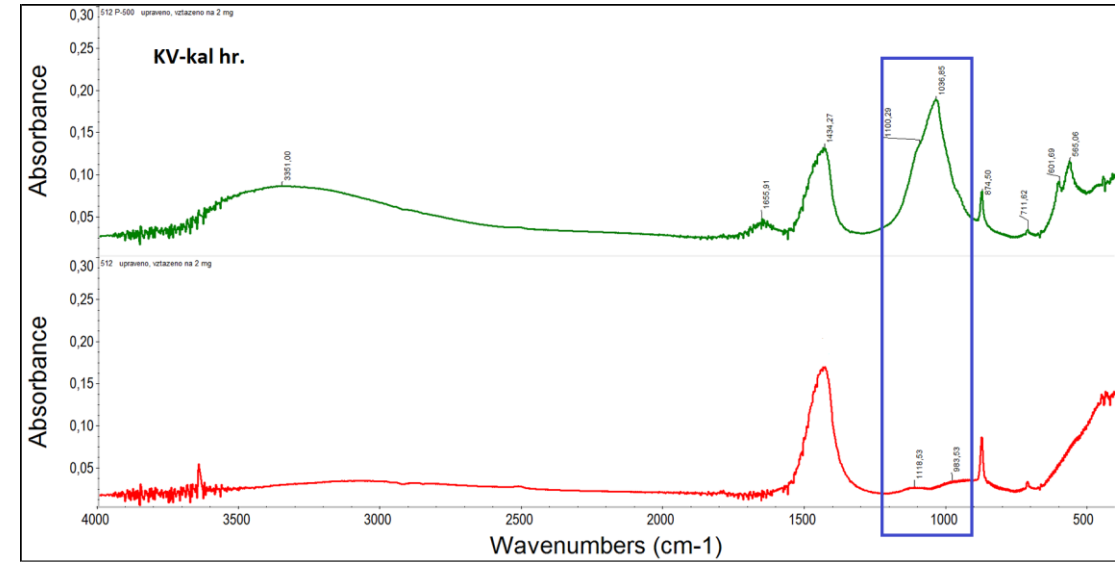
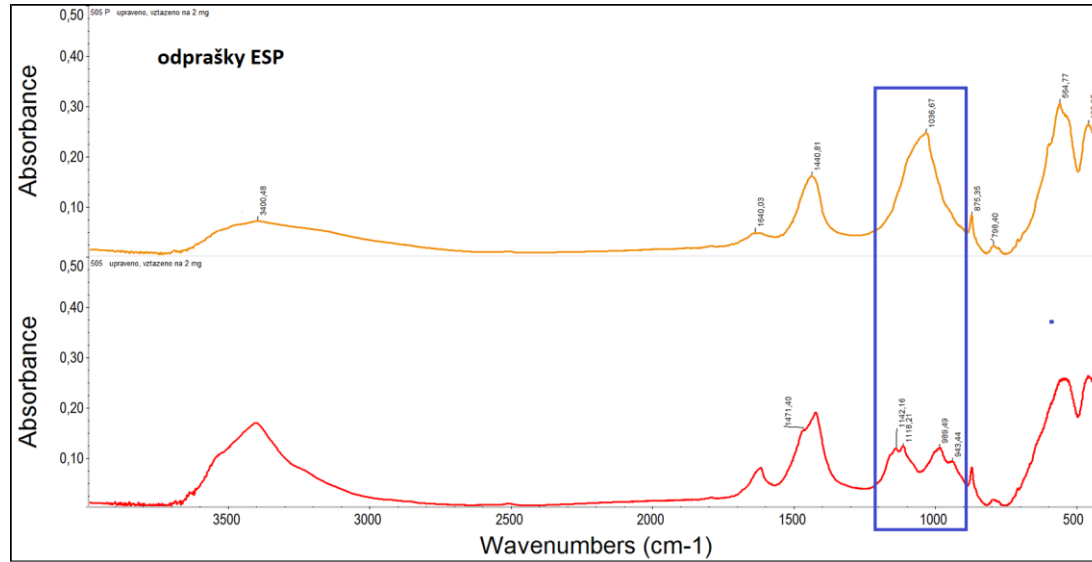
Vzorek	R ²	Q _m (mg P/g)	K _L (dm ³ /g)
OC-kal	0,985	10,05	0,434
KV-kal hr.	0,988	10,75	2,961
odpr. ESP	0,994	8,74	1,607

Závěr:

- ve všech případech vyhovuje **Langmuirova adsorpční izoterma**
- dominantním mechanismem je **chemisorpce**



FTIR-analýza



Závěr:

- U všech vzorků po sorpci pozorovány výrazné píky s vlnočty 1030-1100 cm^{-1} .
- Retenčním mechanismem je precipitace **Ca-fosfátů**.

Děkuji za pozornost