



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH**  
**Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie**



**FRÖHLICHOVÁ, LEGEMZA, FINDORÁK, DŽUPKOVÁ**

---

**Informácie o OHaZ UMET FMMR TUKE a APVV projektoch**

**APVV projekt**

**„Zníženie energetickej a environmentálnej zát'aže**

**výroby železorudného aglomerátu**

**náhradou fosilného paliva odpadnou biomasou“**



- Ústav materiálov a inžinierstva kvality



**Ústav materiálov  
a inžinierstva kvality**

- Ústav metalurgie

**UMET**  
ÚSTAV  
METALURGIE

- Ústav recyklačných technológií



# Materiálové zameranie vo výskume

1.

- suroviny na báze Fe, Mn, Si, Al, C

2.

- kovy a zliatiny na báze Fe, Mn, Si, Al

3.

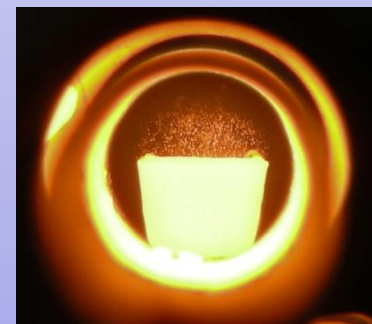
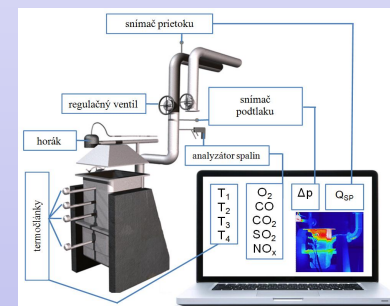
- odpady na báze Fe, Mn, Si, Ca, C

- uhlíkaté suroviny a materiály (uhlia, koksy, biomasa, elektródy)
- vstupné kovonosné materiály (rudy, pelety, aglomeráty)
- surové železo, oceľ, liatiny, ferozliatiny
- odliatky na báze Fe, Al, Cu
- druhotné suroviny (kaly, prachy, trosky)



## Základný a aplikovaný výskum, štúdie, vývoj, projektovanie.

1. experimentálne testovanie
2. modelovanie a simulovanie procesov
3. technologické a ekologické aspekty výroby



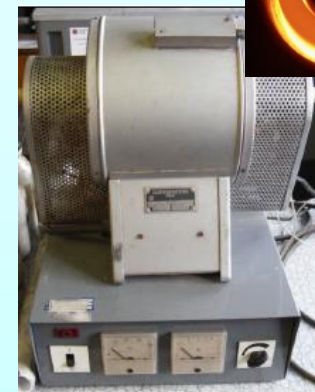
# Pece na vzdelávací a výskumný proces

indukčné pece – teploty do 1900 °C, odporové komorové pece – teploty do 1600 °C,  
Tammanova pec – teploty do 1700 °C, Marshove pece – teploty do 1500 °C

Elektrické indukčné pece



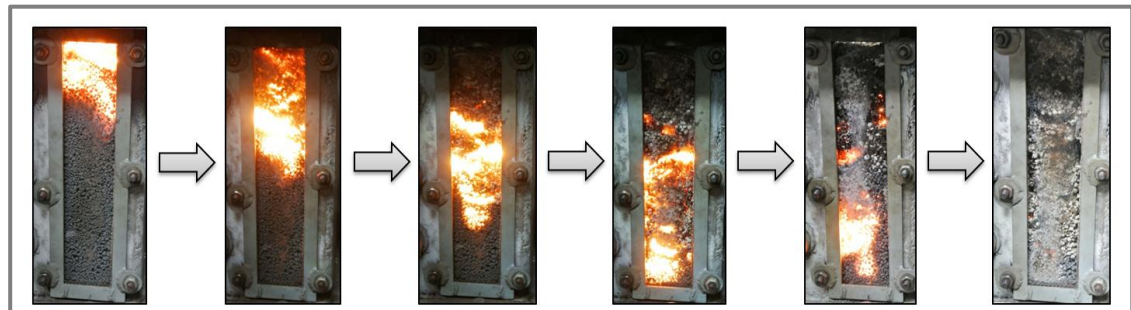
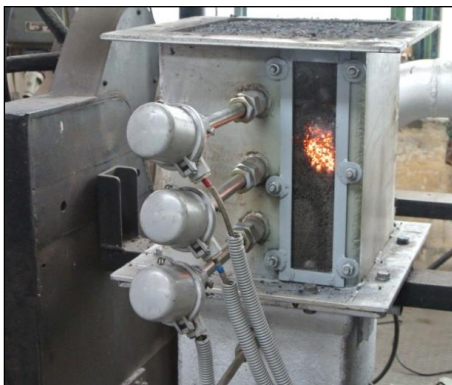
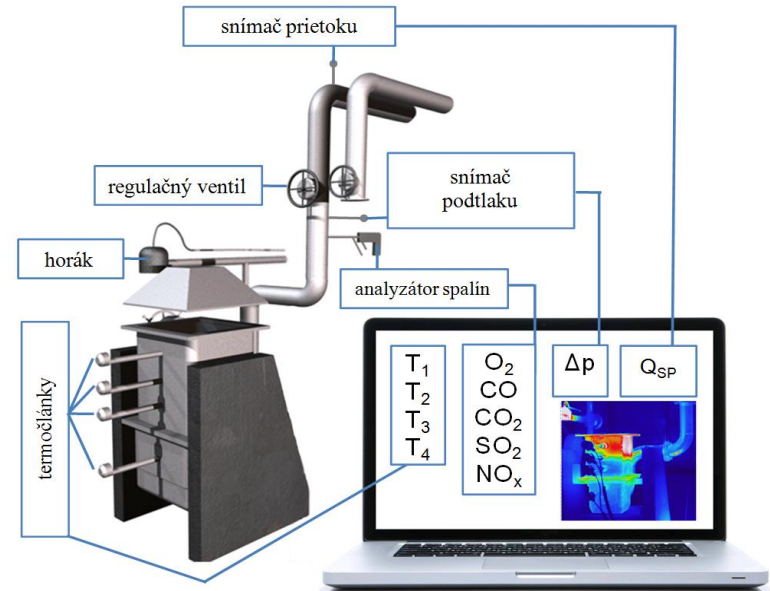
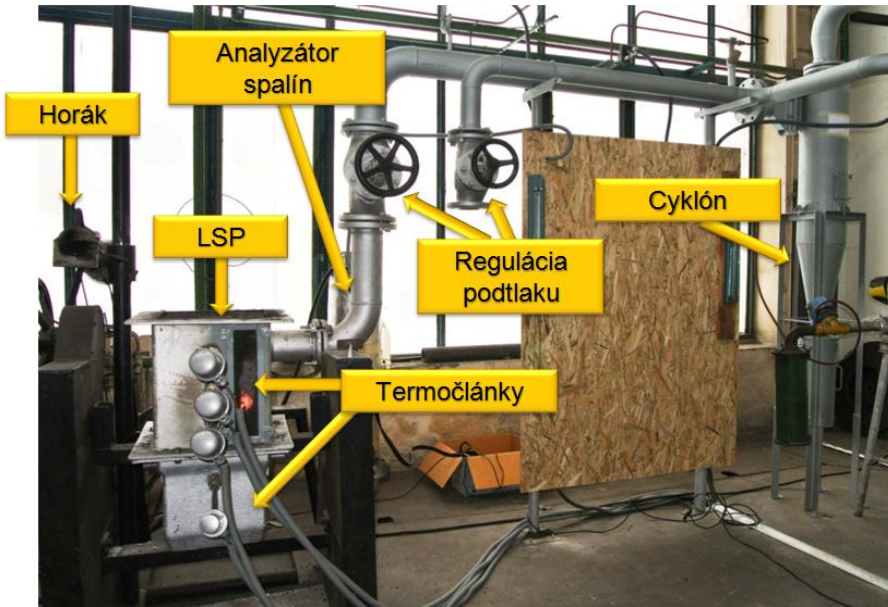
Elektrické odporové pece





# Laboratórna spekacia panvička

používa sa na výrobu Fe, Mn a Ca – Si aglomerátov



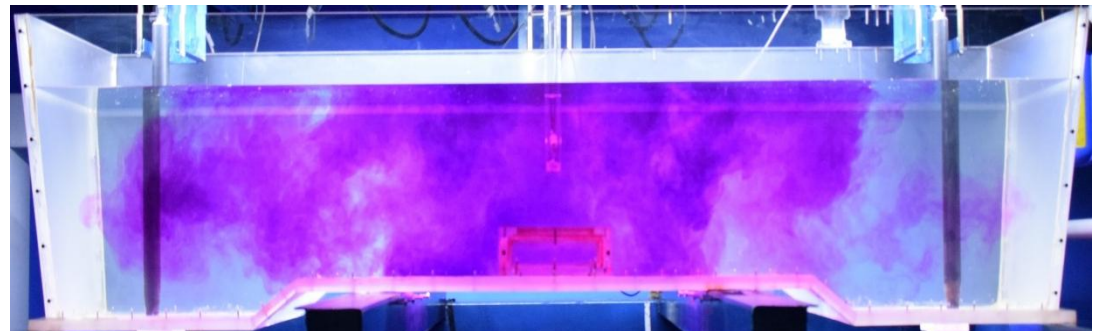
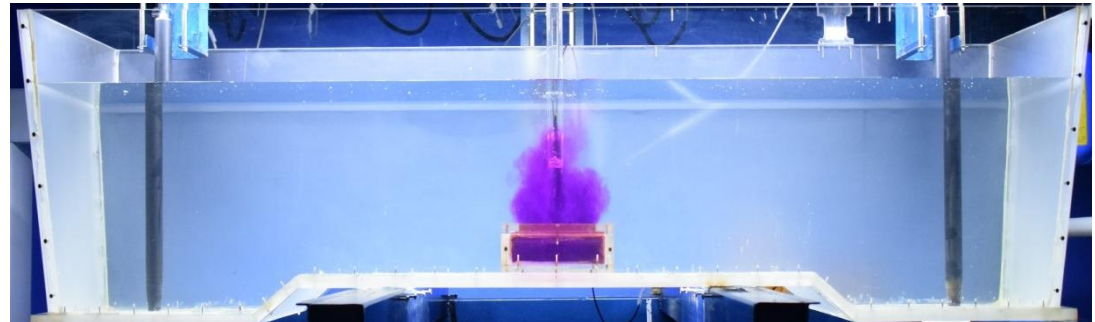
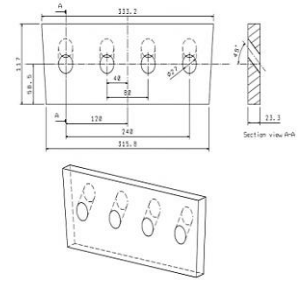
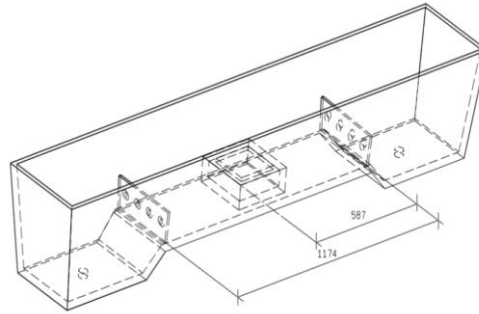
# Laboratory of simulation of flow processes – LSPP

modelling of liquid steel flow processes in continuous casting since 2004

built in cooperation with U.S.Steel, Košice, s.r.o.



U. S. Steel Košice

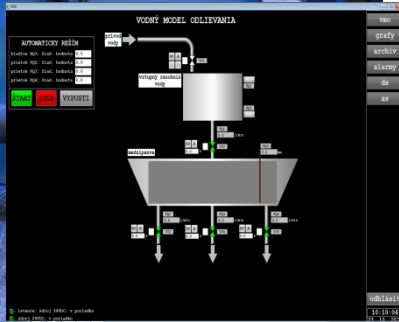
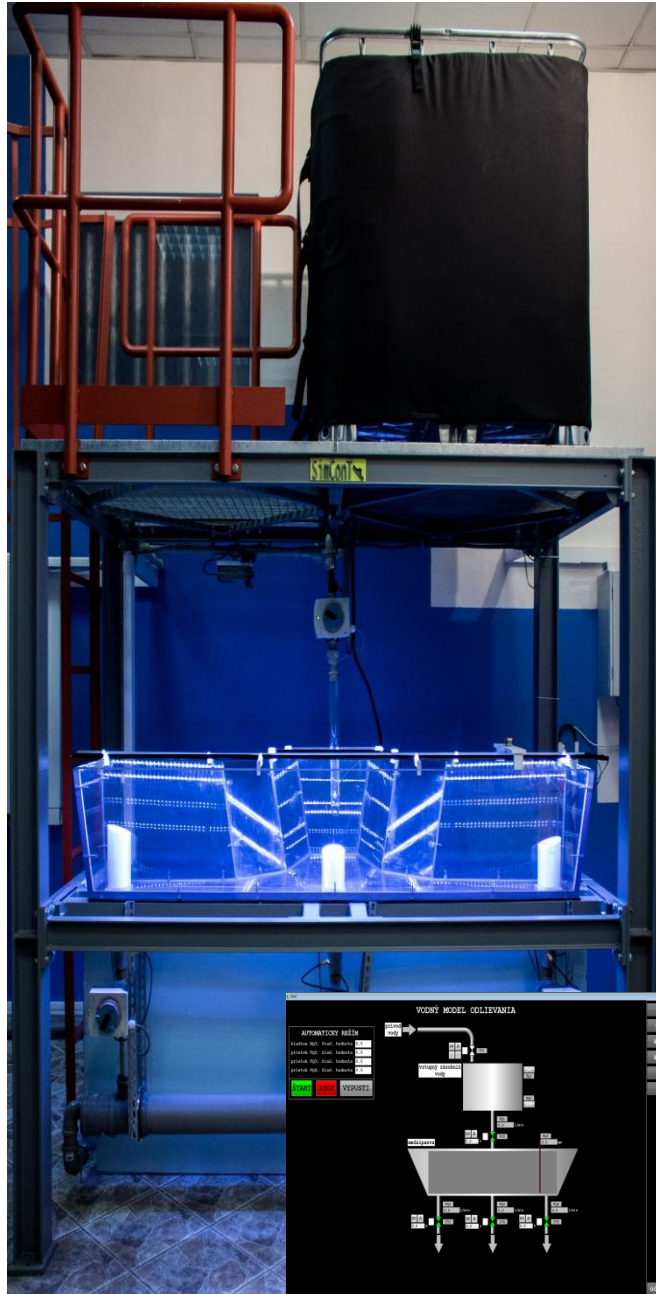
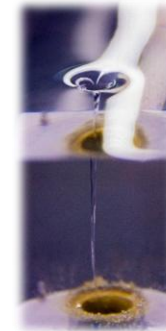
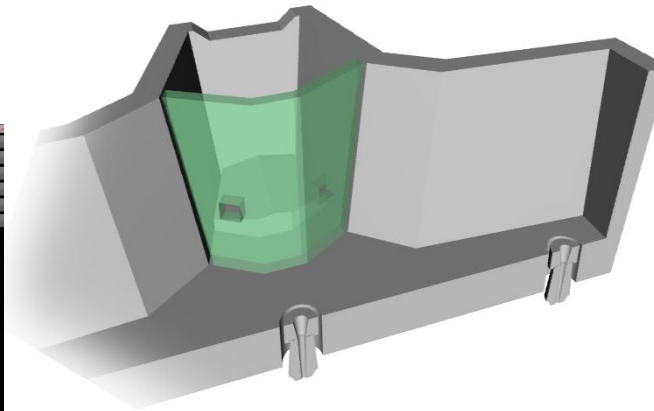
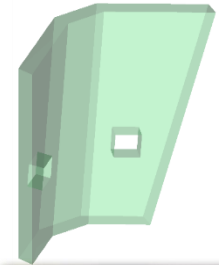
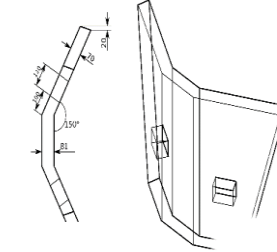
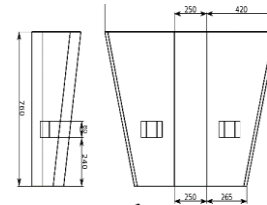
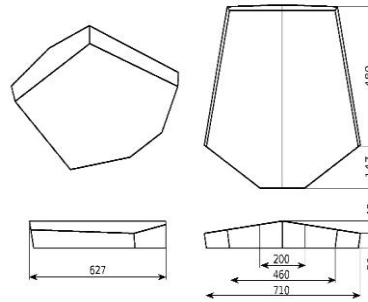
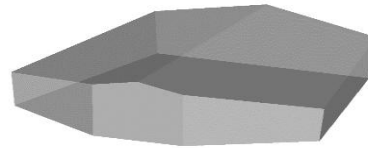




# SimConT

Simulation of Continuous Casting – Tundish  
Strand for simulation of liquid steel flow process in tundish  
established in 2017

Built in cooperation with Železiarne Podbrezová, a.s.





# Laboratórium špeciálnej prípravy modelov

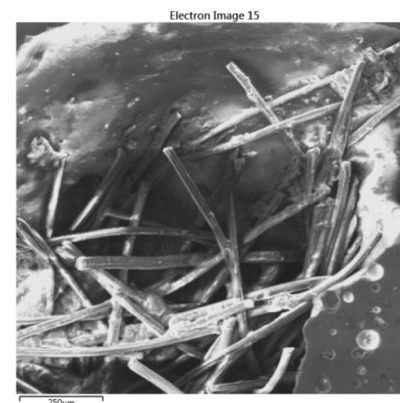
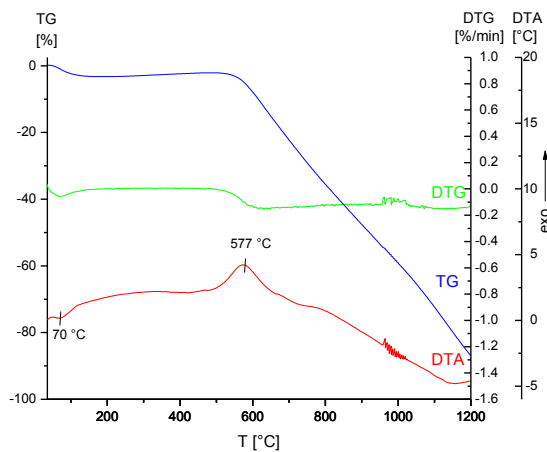
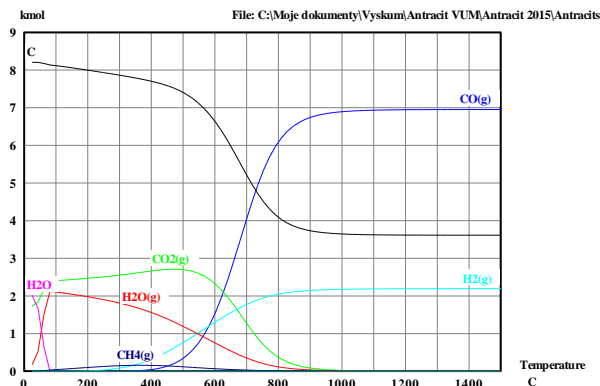
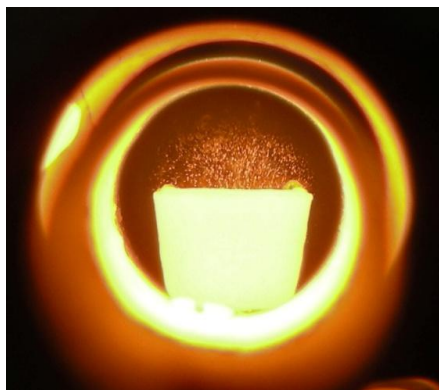


Výroba modelov fotopolymerizáciou.



# Výskum uhlíkatých redukoviadiel

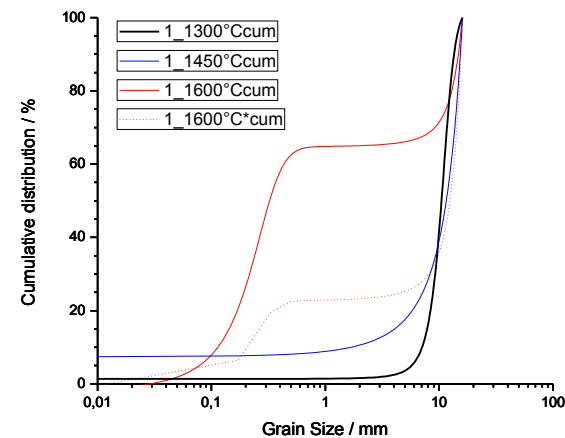
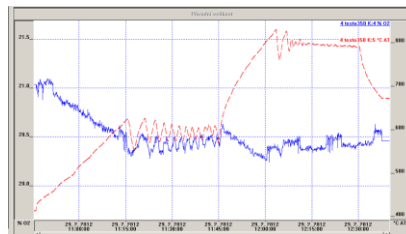
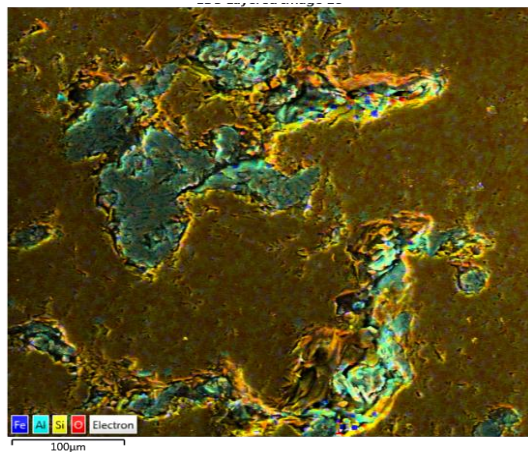
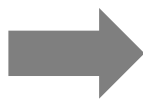
materiálový výskum redukoviadiel, termická analýza, stanovenie reaktivity,  
stanovenie macerálového zloženia, analýza mikroštruktúry





# Výskum vysokoteplotnej stability kremencov a kremeňov

materiálový výskum kremencov a kremeňov, stanovenie indexov stability, stanovenie fyzikálno – mechanických vlastností, analýza mikroštruktúry





# Výskum redukovateľnosti kremencov a kremeňov

materiálový výskum kremencov a kremeňov, karbotermická redukcia, stanovenie fyzikálno – chemických vlastností, analýza stupňov redukcie



teploty = 1650 – 1900 °C



kremenec



+ drevné uhlie

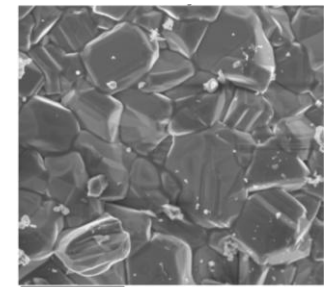


Si

+

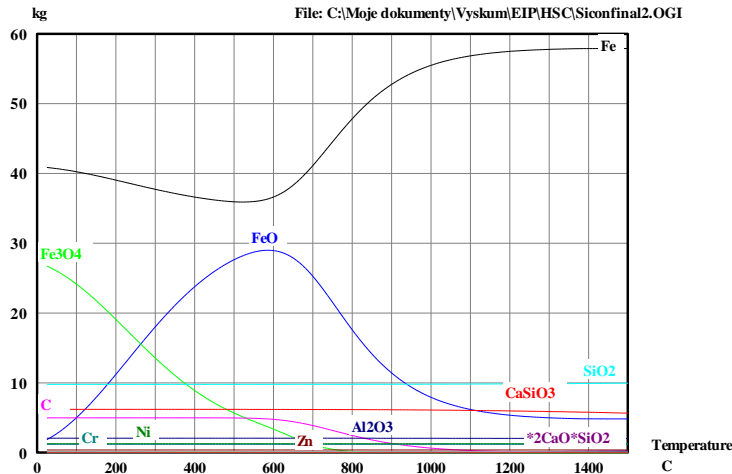
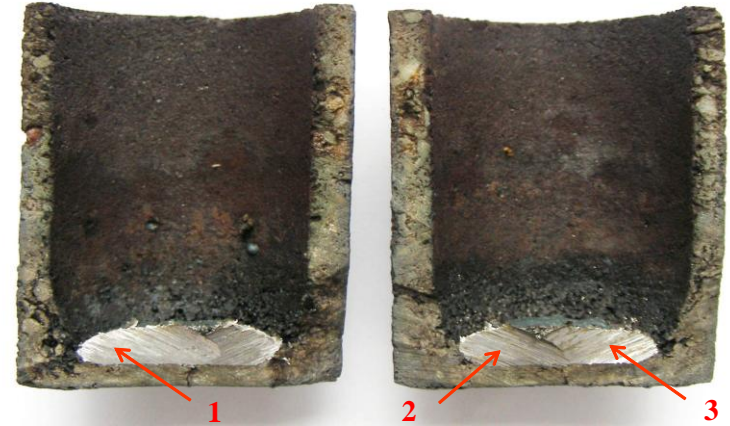


SiC



mikroštruktúra SiC

# Využitie Fe odpadov na výrobu ocelí

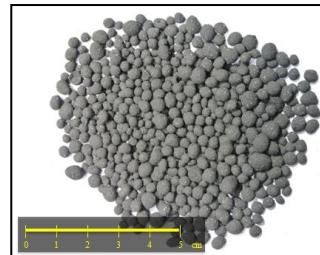


Element	Chemical analysis (wt. %)		
	1	2	3
Fe	97.05	96.80	97.12
C	0.12	0.13	0.11
Mn	0.10	0.14	0.15
Si	0.42	0.53	0.48
Ni	1.40	1.21	1.35
Cr	0.61	0.72	0.66
Mo	0.23	0.22	0.23
S	0.10	0.08	0.11
P	0.02	0.02	0.03
Zn	0.04	0.05	0.04
Cu	0.30	0.28	0.31

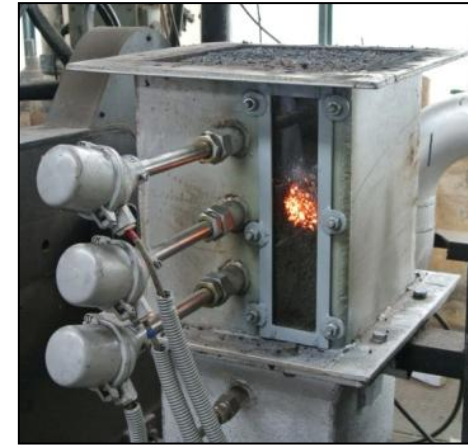
# Výroba Portlandského cementu z Fe trosiek



troska + vápenec



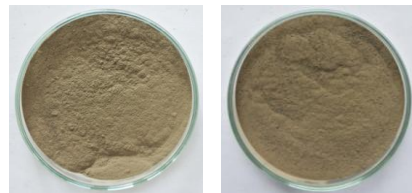
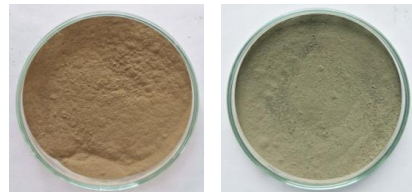
pelety



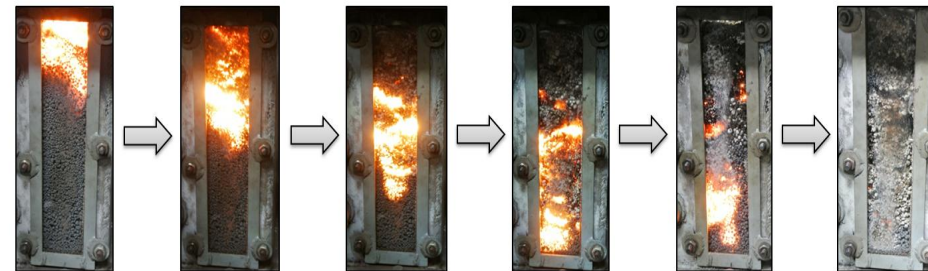
spekanie 1200 – 1400 °C



aglomerát



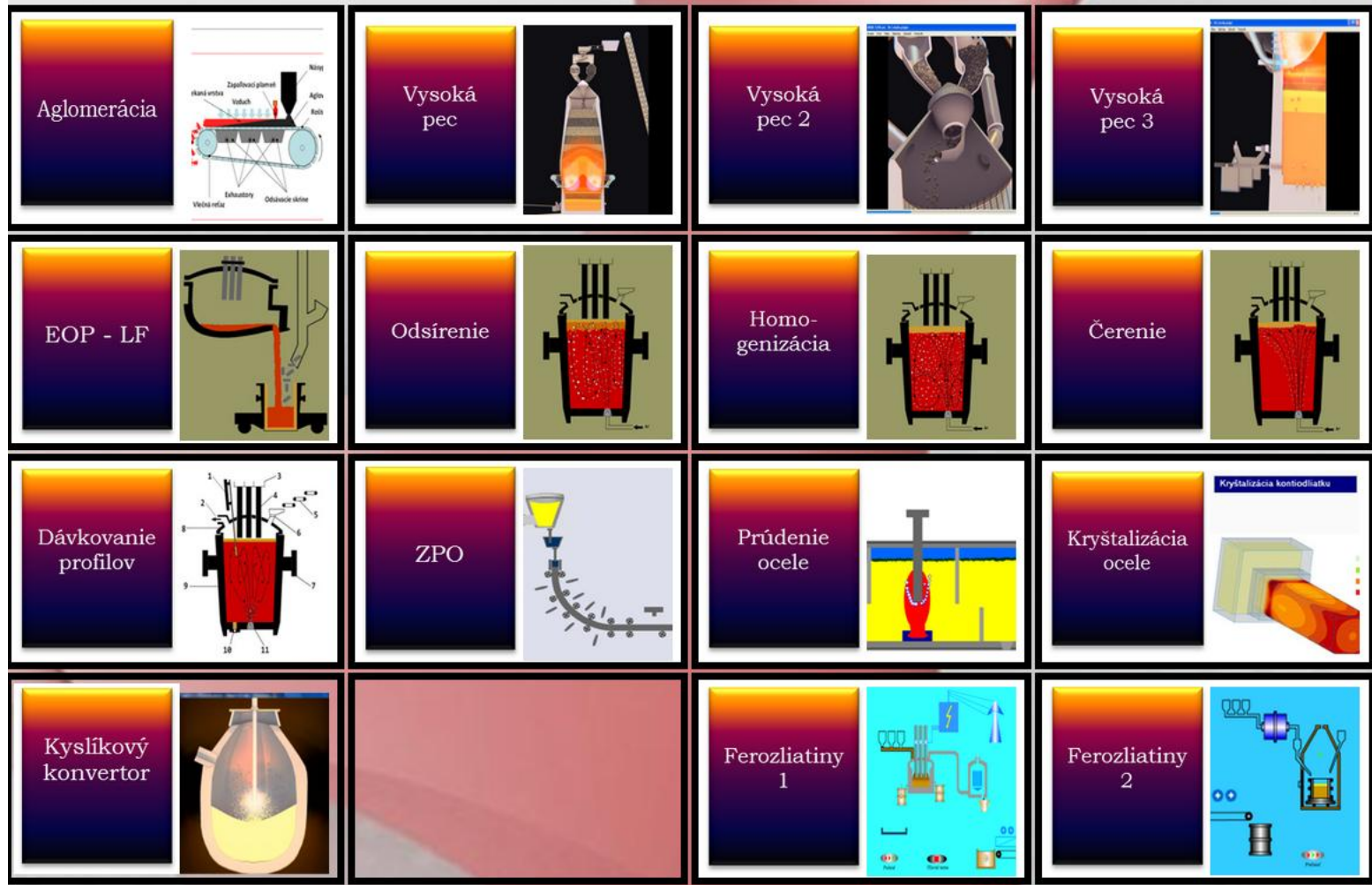
Portlandský cement





# Aplikácia výskumných aktivít do vzdelávacieho procesu

- tvorba animácií a simulácií (výsledok synergie medzi vzdelávacími a výskumnými aktivitami)

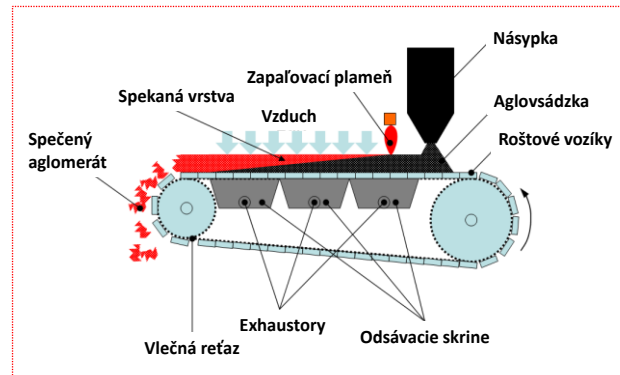
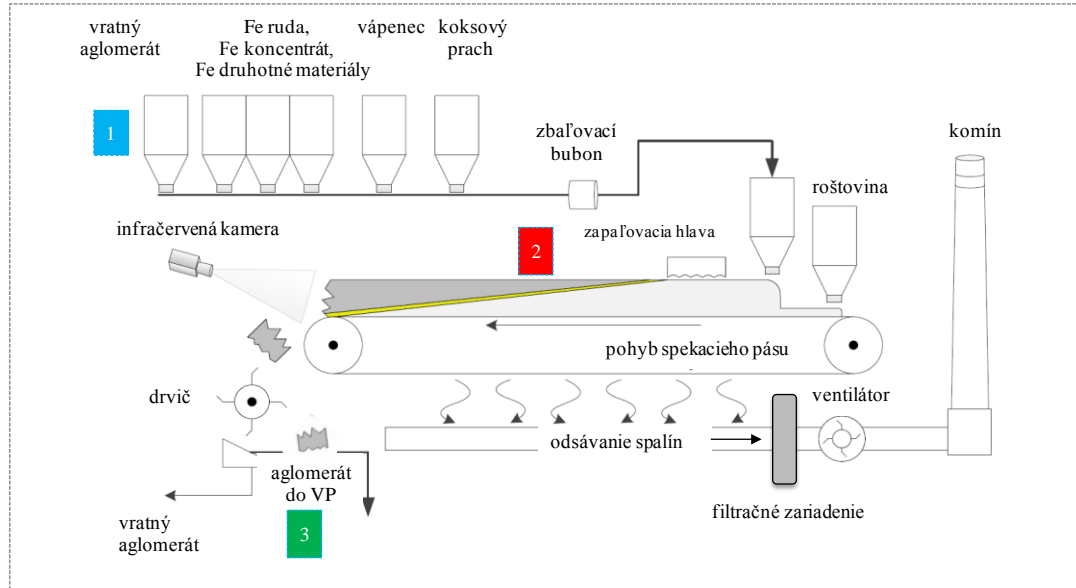


# Aplikácia výskumných aktivít do vzdelávacieho procesu

- tvorba výpočtových programov (výsledok synergie medzi vzdelávacími a výskumnými aktivitami)

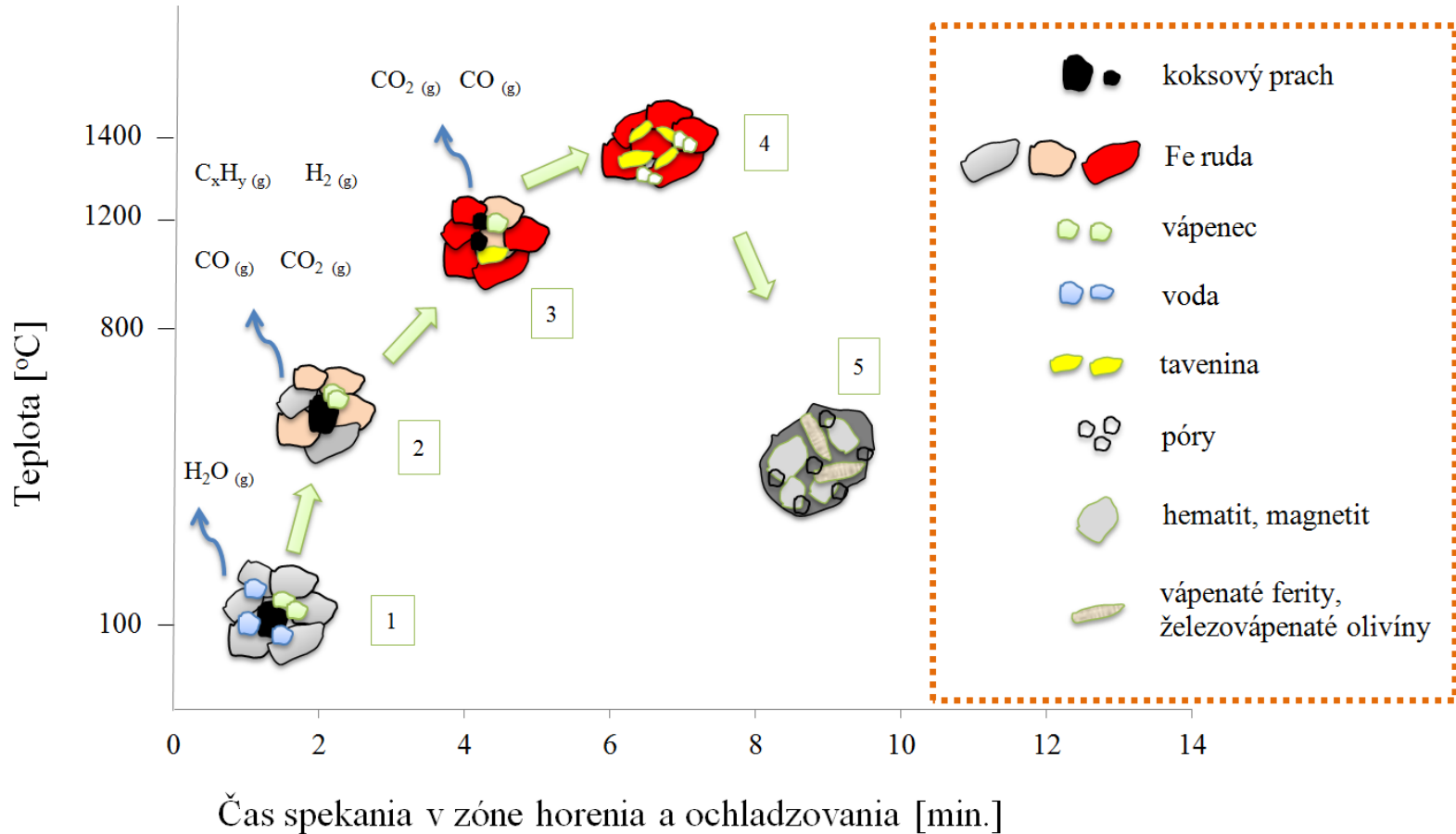


# Aglomeráčny proces



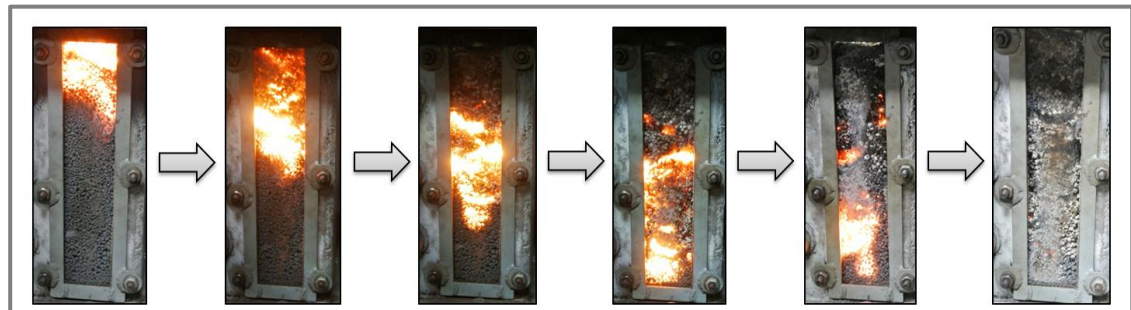
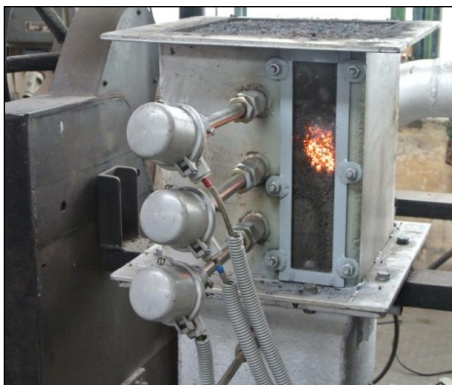
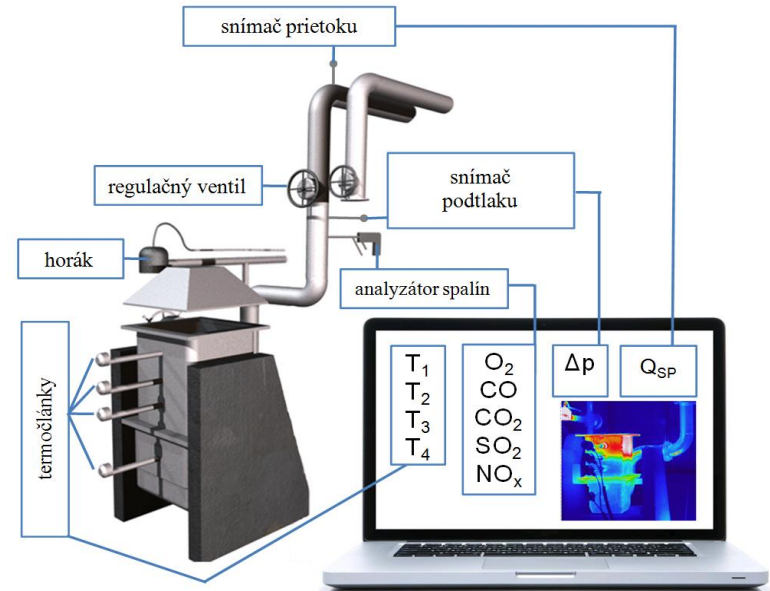
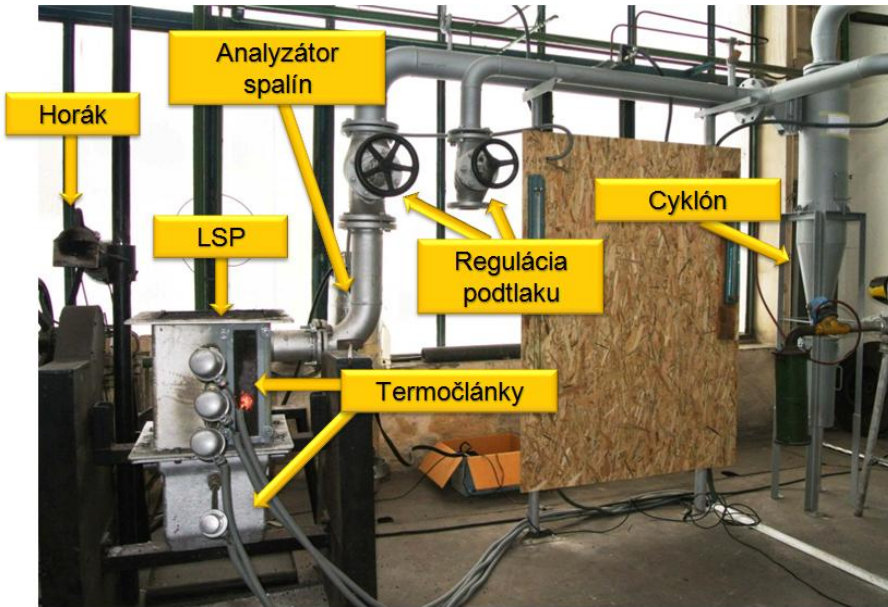


# Aglomeračný proces



# Laboratórna spekacia panvička

používa sa na výrobu Fe, Mn a Ca – Si aglomerátov



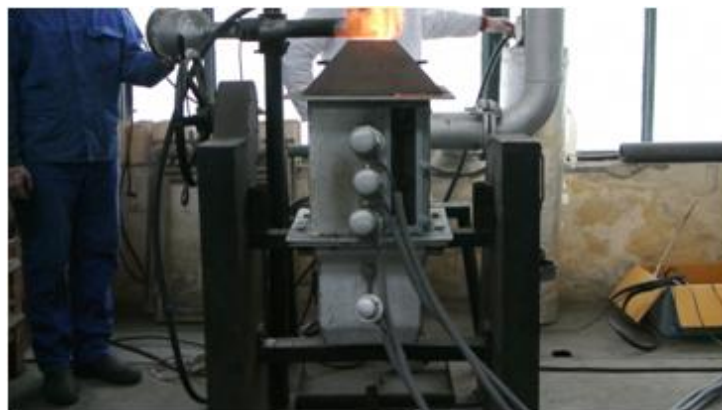
# Spekanie v laboratórnych podmienkach



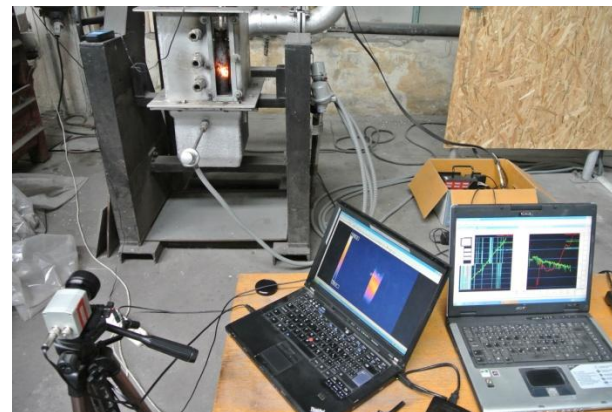
zapaľovanie aglovsádzky



regulácia podtlaku



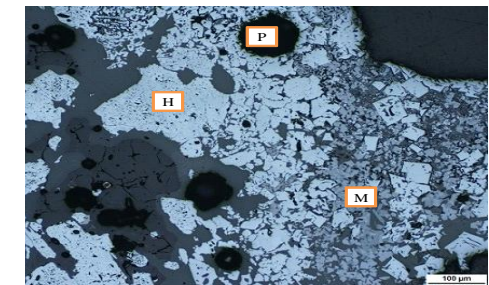
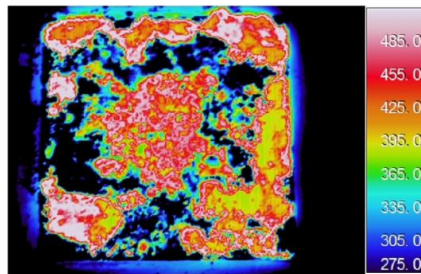
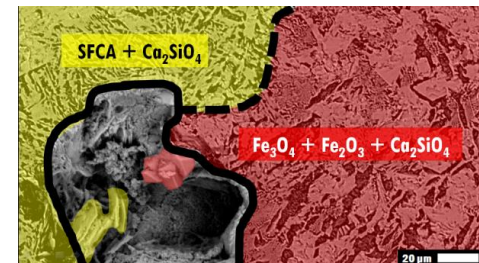
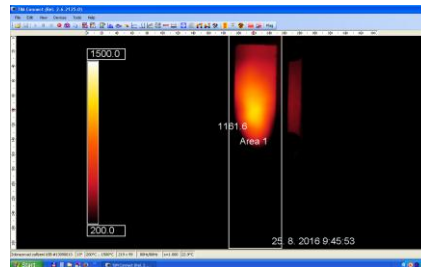
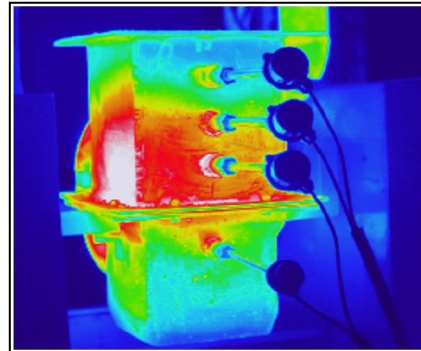
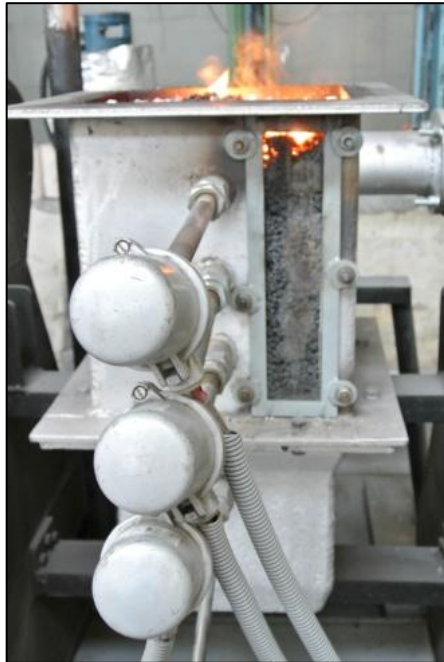
vysokoteplotné spekanie



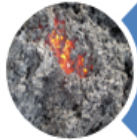
monitoring



# Spekanie v laboratórnych podmienkach



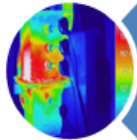
# Hlavné výskumné činnosti na LSP



modelovanie výroby rôznych aglomerátov na báze Fe, Mn, Ti, Ca



náhrada koksového prachu biomasou



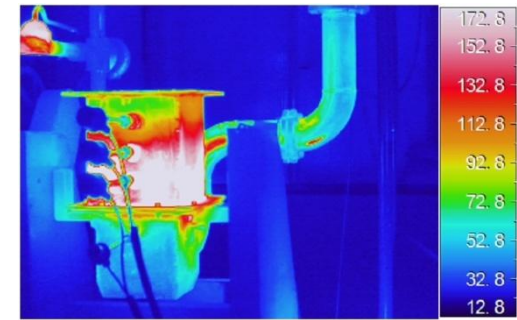
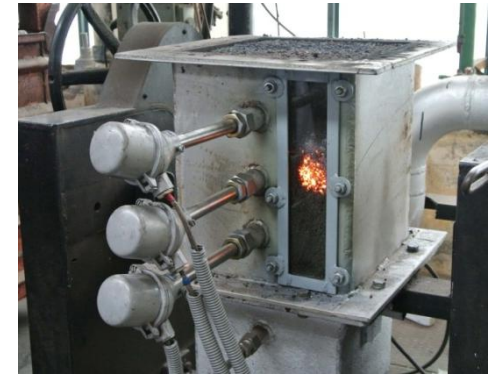
termovízne meranie, teplotný profil



analýza chemického a fázového zloženia aglomerátu, stanovenie mikroštruktúry



vyhodnocovanie technologických a ekonomických parametrov procesu





## Vplyv biomasy na aglomeračný proces a kvalitu životného prostredia

**2012 - 2015**      *základný materiálový výskum biomasy + laboratórne spekania*



**Zníženie energetickej a enviromentálnej záťaže výroby železorudného aglomerátu náhradou fosilného paliva odpadnou biomasou**

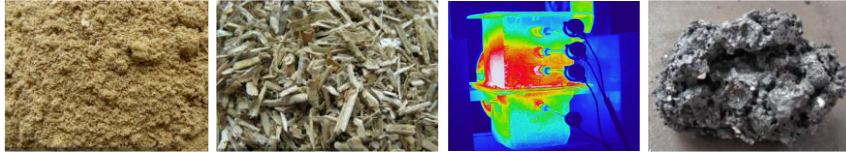
**2017 - 2020**      *použitie odpadnej biomasy + aplikácia do prevádzkových podmienok*



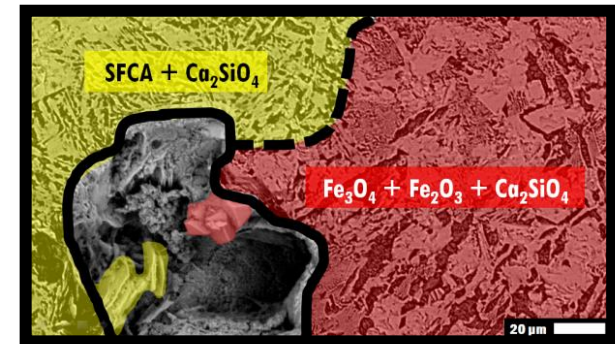
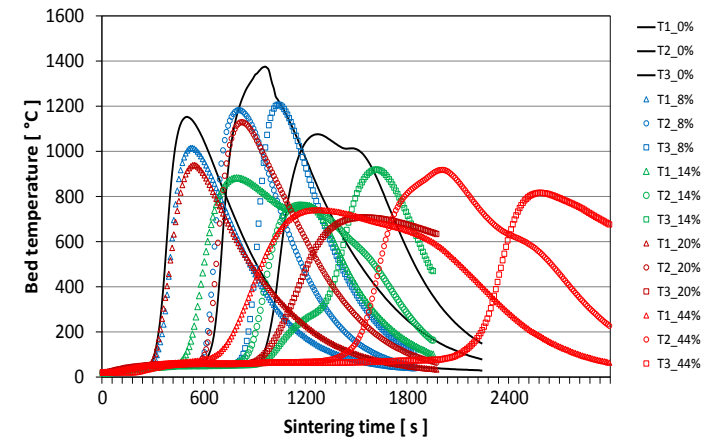
# Najdôležitejšie výsledky z výskumu biomasy v aglomeračnom procese



AGENTÚRA  
NA PODPORU  
VÝSKUMU A VÝVOJA



- náhrada množstva fosílnych palív v aglomeračnom procese odpadnou biomasou je obmedzená na úroveň cca **10 – 20 %**,
- pri takejto náhrade sa pri použití niektorých druhov biomasy znižujú emisie oxidov uhlíka, dusíka a síry o **5 – 40 %**,
- predikcia zníženia ekonomických nákladov aglomeračného procesu za použitia odpadnej biomasy je na úrovni cca **10 – 20 %**,
- vplyvom substitúcie časti prachového koksu biomasou **nedochádza** ku výraznej zmene kvality aglomerátu.

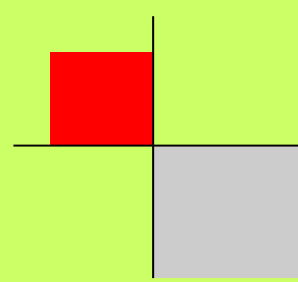
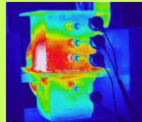


# Tvorba vedeckej monografie v súčinnosti s riešením výskumných úloh



AGENTÚRA  
NA PODPORU  
VÝSKUMU A VÝVOJA

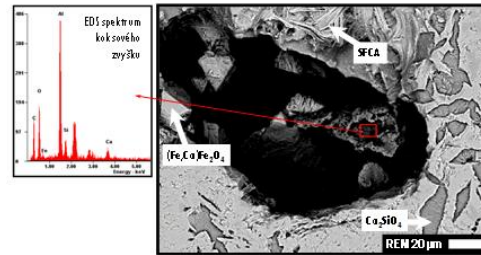
## Tradičné a alternatívne palivá v metalurgii



Jaroslav Legemza  
Mária Fröhlichová  
Róbert Fındorák

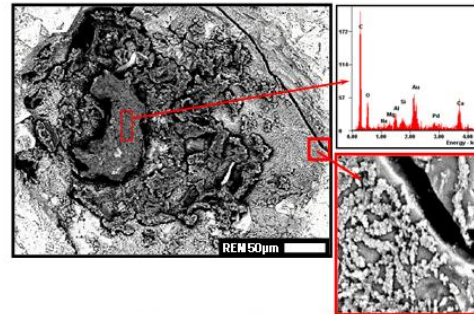
12. Využitie biomasy pri výrobe Fe aglomerátov.

| 233



Obr. 169 Pór po zhorení koksového zrna [114]

Spektrum EDS ukazuje v prípade drevouhlňných zvyškov výraznú intenzitu vápnika, ktorý má vo forme CaO v popolovinách prevahu, obr. 170. Z výsledkov analýzy popola jednotlivých druhov biomasy vyplýva, že popol drevného uhlia má výrazný bazický charakter, obsah CaO je cca 30 – 40 %, tab. 39. Zhorené zrnka drevného uhlia zanechávajú v matici hustú nepravidelnú kryštalickú sieť vápna.

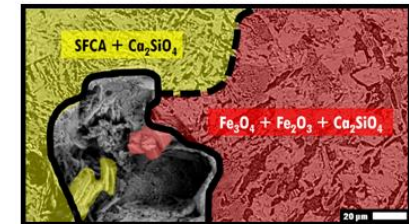


Obr. 170 Pór po neúplnom zhorení drevného uhlia [114]

12. Využitie biomasy pri výrobe Fe aglomerátov.

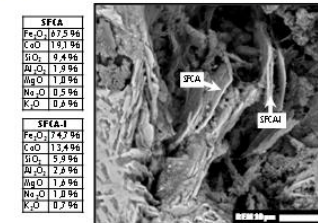
| 234

Na väčšom okolí póru po zhorení drevným uhlím sú dobre rozoznateľné dve oblasti s pravidelným fázovým zložením, ktoré vznikli po stuhnutí železito - vápenatej, resp. železitej taveniny, obr. 171. Hranica oboch zón sa stretáva v póre, okolo ktorého nie je žiadna obruba signalizujúca vplyv paliva na fázové zloženie.



Obr. 171 Okolie póru po zhorení drevného uhlia [114]

Časť popola po zhorení paliva je asimilovaná okolitou taveninou a prispieva k tvorbe mmerálnych fáz. Silikoferyty vápnika a hliníka, ktoré boli v blízkosti horiaceho drevouhlňného zrna obsahovali okrem základných zložiek aj oxidy sodíka a draslíka, obr. 172. Najmä K<sub>2</sub>O vystupuje v ostatných fázach zriedkavejšie.



Obr. 172 Distribúcia zložiek z popola v mineráloch [114]

Po zhorení orechových škrupín zostáva v aglomeráte popol v typickej organickej sieťovej štruktúre. Toto usporiadanie pravdepodobne kopíruje rozdelenie popolovín v surovom palive. V okolí sa opäť objavuje hlavne lamit, kalciumagnetit a vápenaté ferity, obr. 173.

# Nový APVV projekt 2017 – 2020 (APVV-16-0513)

- úplná náhrada prachového koksu v aglomerácii biomasou nie je možná



**existuje potenciál pre zníženie emisií a zvýšenie produktivity**

- potreba ďalšieho skúmania



**vplyvu vlastností vstupných druhov biomasy na aglomeračný proces, štúdium termodynamiky a kinetiky spaľovania biomasy**

- pre aglomeračný proces sa javí ako najvhodnejšia odpadná biomasa



**piliny z dendromasy, zvyšky z fytoomasy, lignínové zložky**



# Nové smery vo využívaní biomasy v metalurgii

- tepelná úprava rastlinnej a drevnej biomasy



**projekt ULCOS**

- výroba kompozitných biopalív z odpadnej biomasy



**projekt RENEPRO**

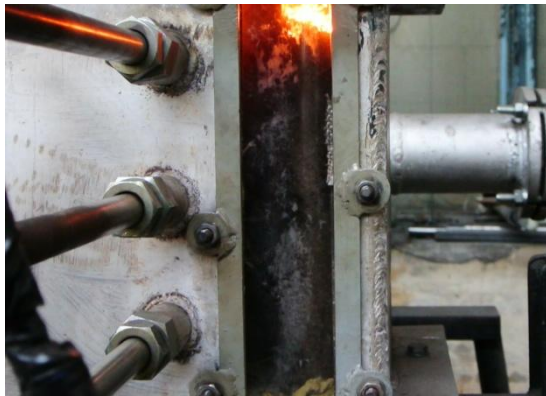
- úprava fyzikálnych vlastností biomasy

- simulácia podmienok horenia biomasy pre konkrétny metalurgický proces



**projekt IEA COMBUSTION**

# Simulácia horenia biomasy

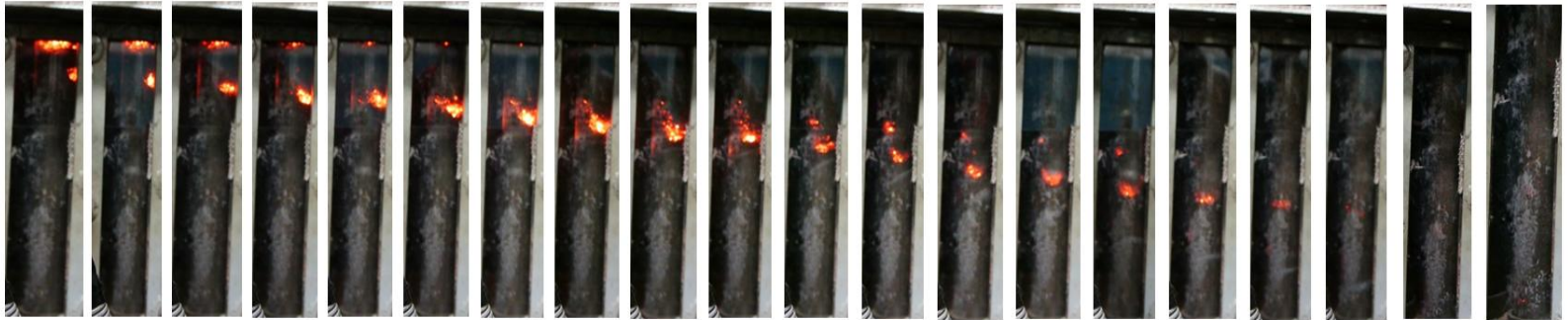


# Proces horenia paliva pre aglomeračný proces

Čas horenia [min]

0:00 0:01 0:02 0:03 0:04 0:05 0:06 0:07 0:08 0:09 0:10 0:12 0:14 0:16 0:18 0:20 0:22 0:24 0:26 0:28

koks  
(5 kPa)



lignin  
(5 kPa)



0:00 0:01 0:02 0:03 0:04 0:05 0:06 0:07 0:08 0:09 0:10 0:12 0:14 0:16 0:18 0:20 0:22 0:24 0:26 0:28



# Závery z riešenia projektu APVV (r. 2018)

- v rámci 2. roka riešenia APVV projektu bol realizovaný komplexný materiálový výskum ligninu,
- lignin sa na základe analyzovaných vlastností javí ako vhodná čiastočná náhrada koksu v aglomeračnom procese,
- pomocou termodynamického programu HSC Chemistry boli vytvorené nové termodynamické modely horenia biomasy a nová materiálovo – tepelná bilancia výroby aglomerátu za použitia biomasy,
- boli vytvorené a odskúšané dva nové modely na simuláciu procesu horenia biomasy (monitoring horenia za pomoci termovízie a horenie v podmienkach spekanej vrstvy),
- testovaná biomasa (lignin) horí intenzívnejšie v celom rozsahu použiteľnej zrnitosti v porovnaní s aglomeračným koksom.



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH**  
**Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie**



**ĎAKUJEME ZA POZORNOSŤ**

---