



Centrum výzkumu Řež, s.r.o

# Odstraňování cesia a stroncia z roztoků kyseliny borité pomocí zeolitu (klinoptilolitu)

Pavel Kůs, Š. Bártová, A. Foubíková,

V. Šmejdová, A. Šustová

16.10.2015





- ❖ **Výskyt cesia a stroncia**
- ❖ **Zeolit - klinoptilolit**
- ❖ **Vstupní roztoky pro experimenty**
- ❖ **Výsledky testů**
- ❖ **Závěry**



- Snížení radioaktivních kapalných odpadů
- Separace jednotlivých radioizotopů
- Vyčištění roztoků kyseliny borité od radioizotopů Cs a Sr pro její znovu využití na JE

# Výskyt cesia a stroncia



- Cesium - 40 radioisotopů
- 133 ( $\approx 100\%$ ), **134** (umělý), 135 a **137**

- Stroncium - 35 radioisotopů
- 84 (0,56 %), 86 (9,86 %), 87 (7,0 %), 88 (82,58 %), **90** (umělý)

1950 – 1990 bylo do Irského moře vypuštěno 30 - 40 PBq Cs<sup>137</sup>



**Uvolněná aktivita 12 až 41 PBq Cs<sup>137</sup>**

948 PBq radionuklidu Cs<sup>137</sup>

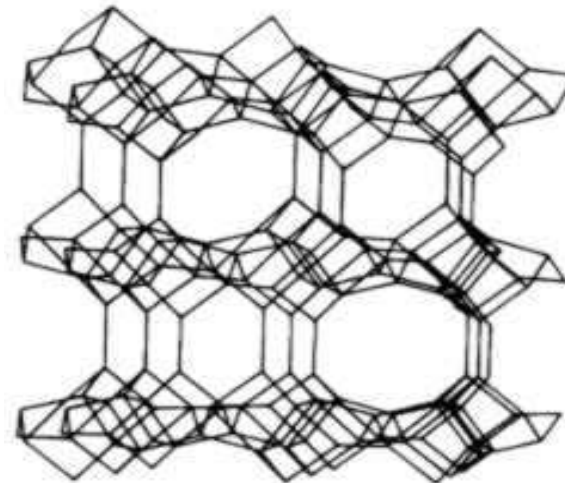
# Klinoptilolit



- $(\text{Na,K,Ca})_{2-3}\text{Al}_3(\text{Al,Si})_2\text{Si}_{13}\text{O}_{36}\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
- šedo-zelené barvy obsahuje cca 84 % klinoptilolitu (Zeocem) - Nižný Hrabovec Slovenská republika
- Afinita k jednomocným kationtům

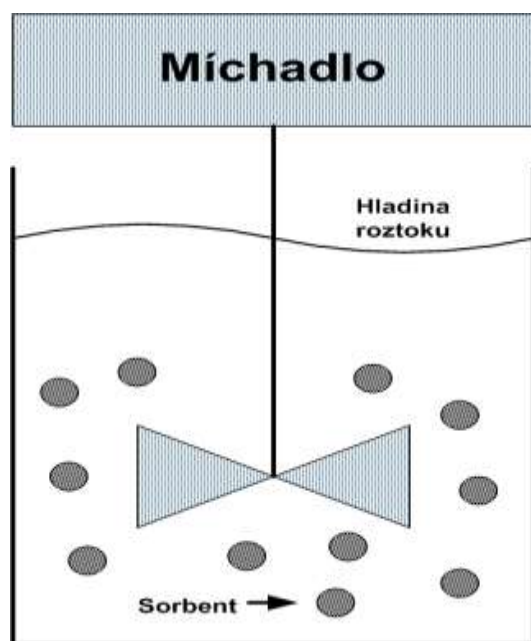


Složení	%	Složení	%
SiO <sub>2</sub>	65,0 – 71,3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,7 – 1,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,5 – 13,1	MgO	0,6 – 1,2
CaO	2,7 – 5,2	Na <sub>2</sub> O	0,2 – 1,3
K <sub>2</sub> O	2,2 – 3,4	TiO <sub>2</sub>	0,1 – 0,3

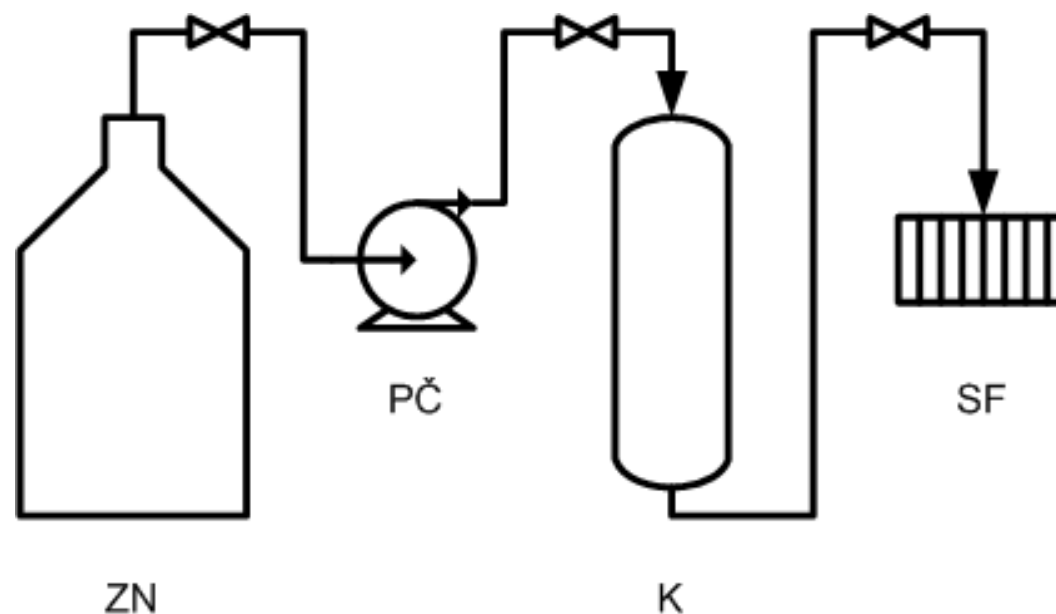




## Rovnovážné vsádkové pokusy



## Dynamické kolonové pokusy





## Rovnovážné vsádkové pokusy

Koncentrace kovu : 20 mg/l Cs nebo 20 mg/l Sr

Doprovodné kationty -  $K^+$ ,  $Li^+$ ,  $NH_4^+$

Matrice: 0,5 - 1 g/l Kys. boritá

Navážka zeolitu: 0,1 - 1 g

Objem roztoku: 100 - 500 ml

Čas měření: 48 - 120 hodin

$$a = a_m \left( \frac{b \cdot C_r}{1 + b \cdot C_r} \right)$$

$$A = \frac{c_0 - c_n}{c_0} \cdot 100$$

## Dynamické kolonové pokusy

Koncentrace kovu : 0,06 - 0,2 mg/l Cs  
nebo Sr

Doprovodné kationty:  $K^+$ ,  $Li^+$ ,  $NH_4^+$

Matrice: 0,5 g/l Kys. Borité

Objem zeolitu: 15 ml

$s = 15 V/V_0/\text{hod}$

$$c_n = c_{\text{vstup}} \left( \frac{V}{V_0} \right)$$



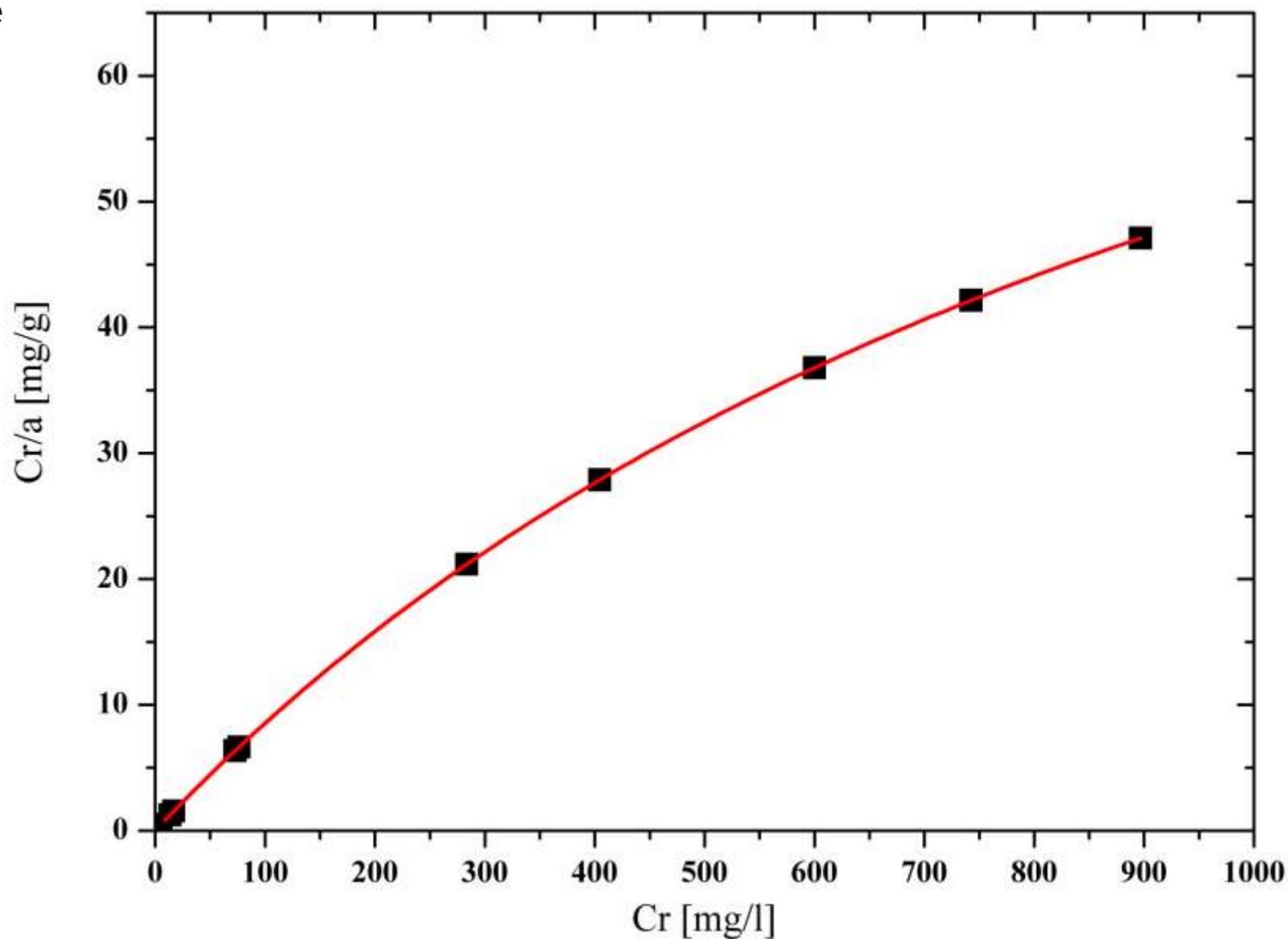
- **Vysoké koncentrace kovů – Plamenová AAS**
- **Nízké koncentrace kovů – Elektroatomizace ETA AAS**
- **Kyselina boritá – potenciometrická titrace**
- **Amoniak – UV Vis spektrometrie**
- **pH – skleněná elda**
- **Vodivost – WTW (konstanta cely 0,1  $\mu\text{S}$ )**



# Langmuirova izoterma - Cs



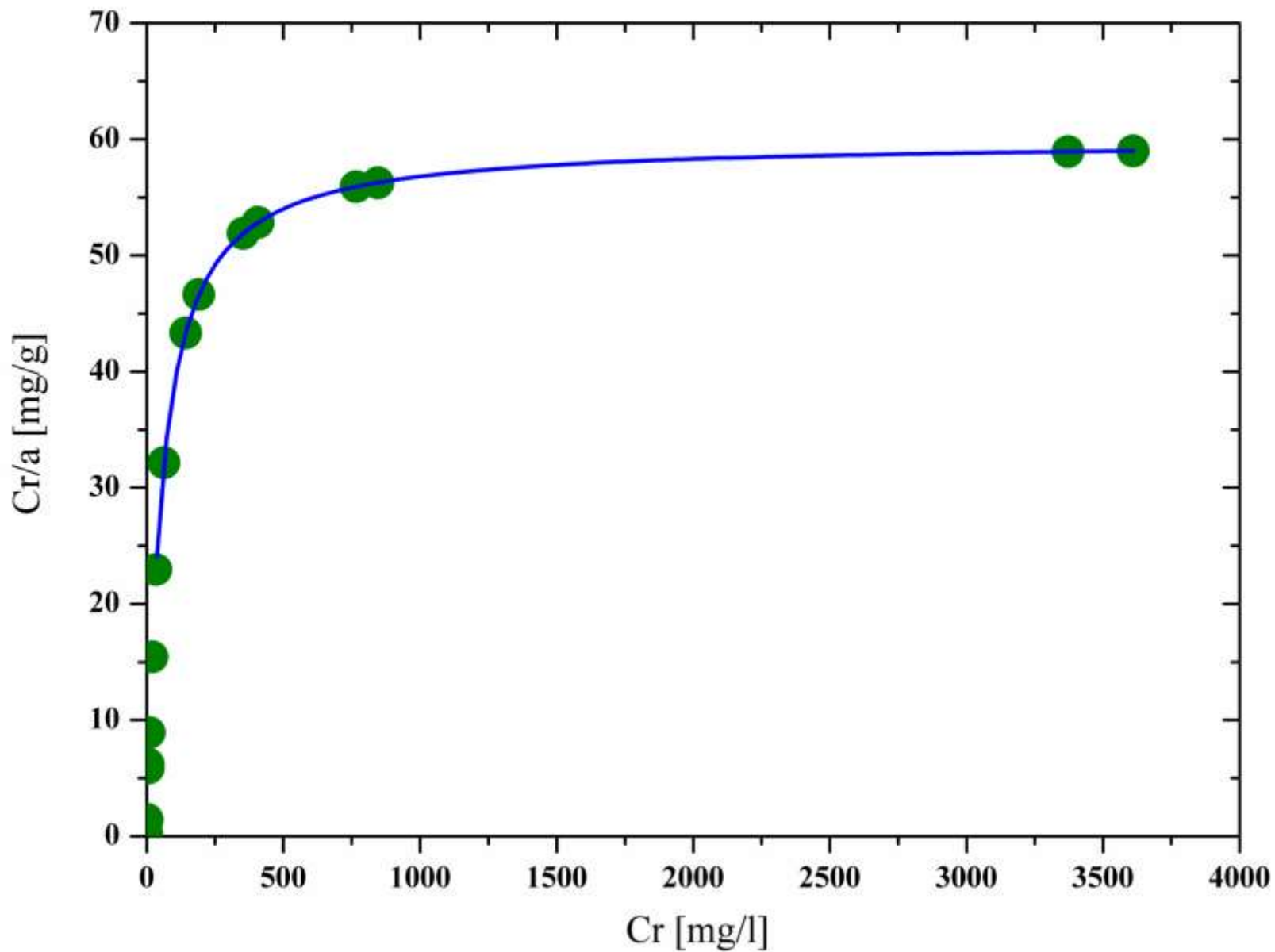
1,0 g/l Kys. Borité



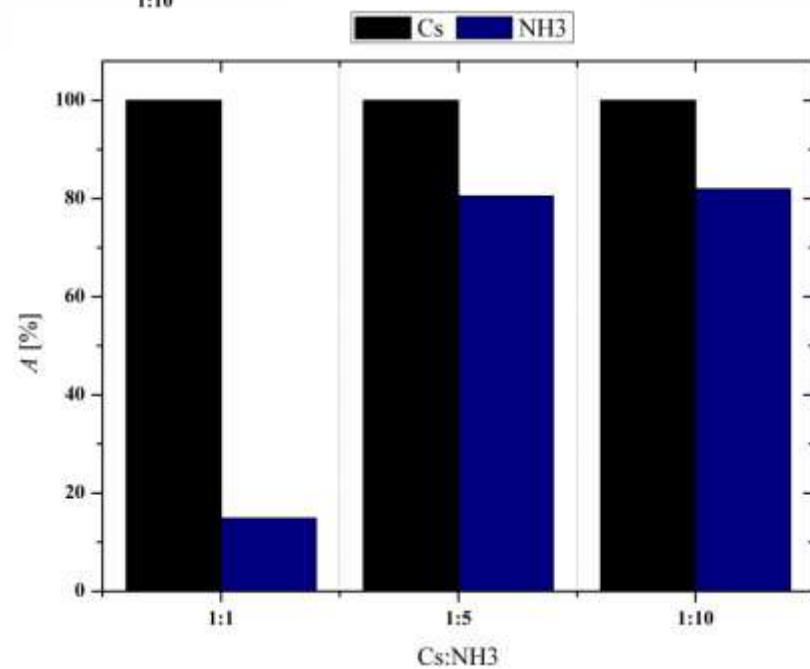
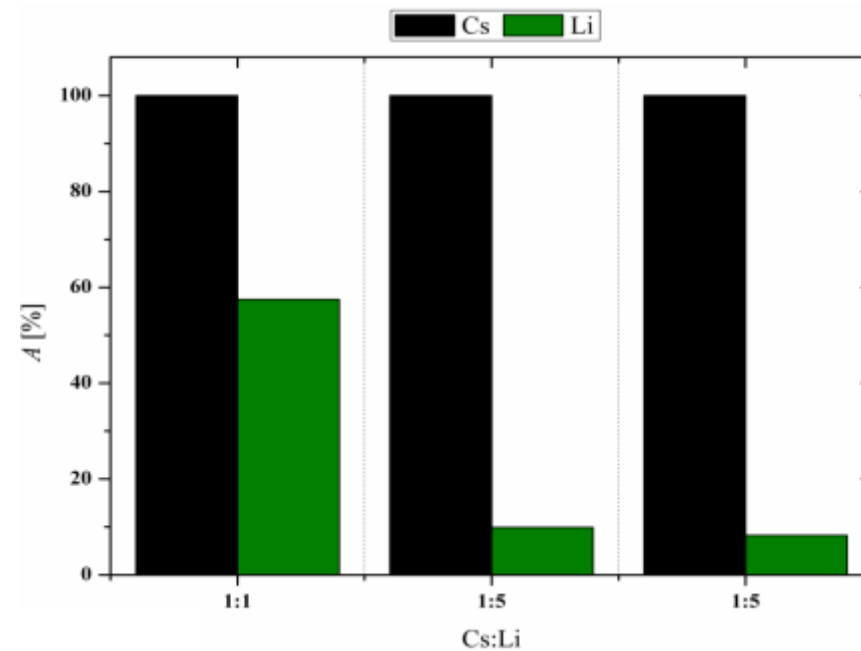
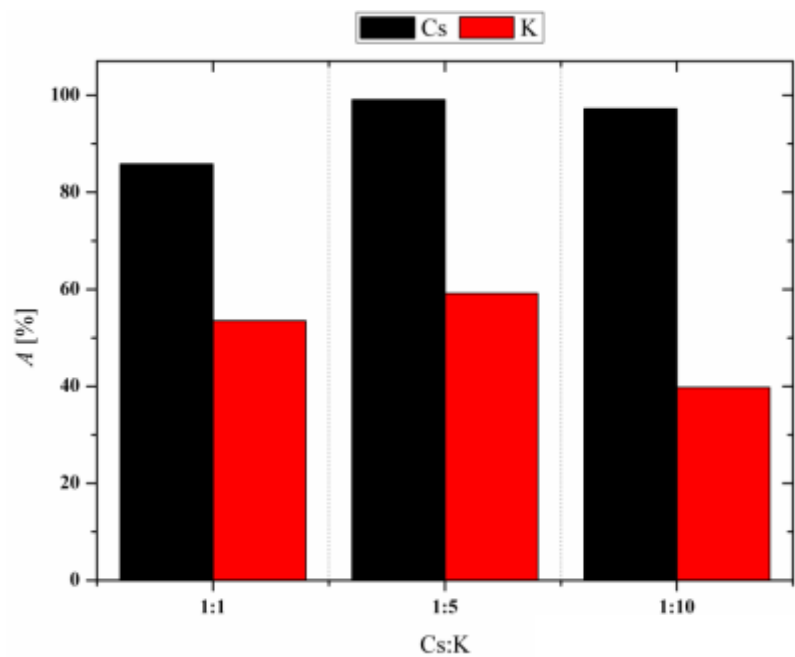
# Langmuirova izotherma - Sr



1,0 g/l Kys. Borité



# Vsádky - poměr cesia: kation



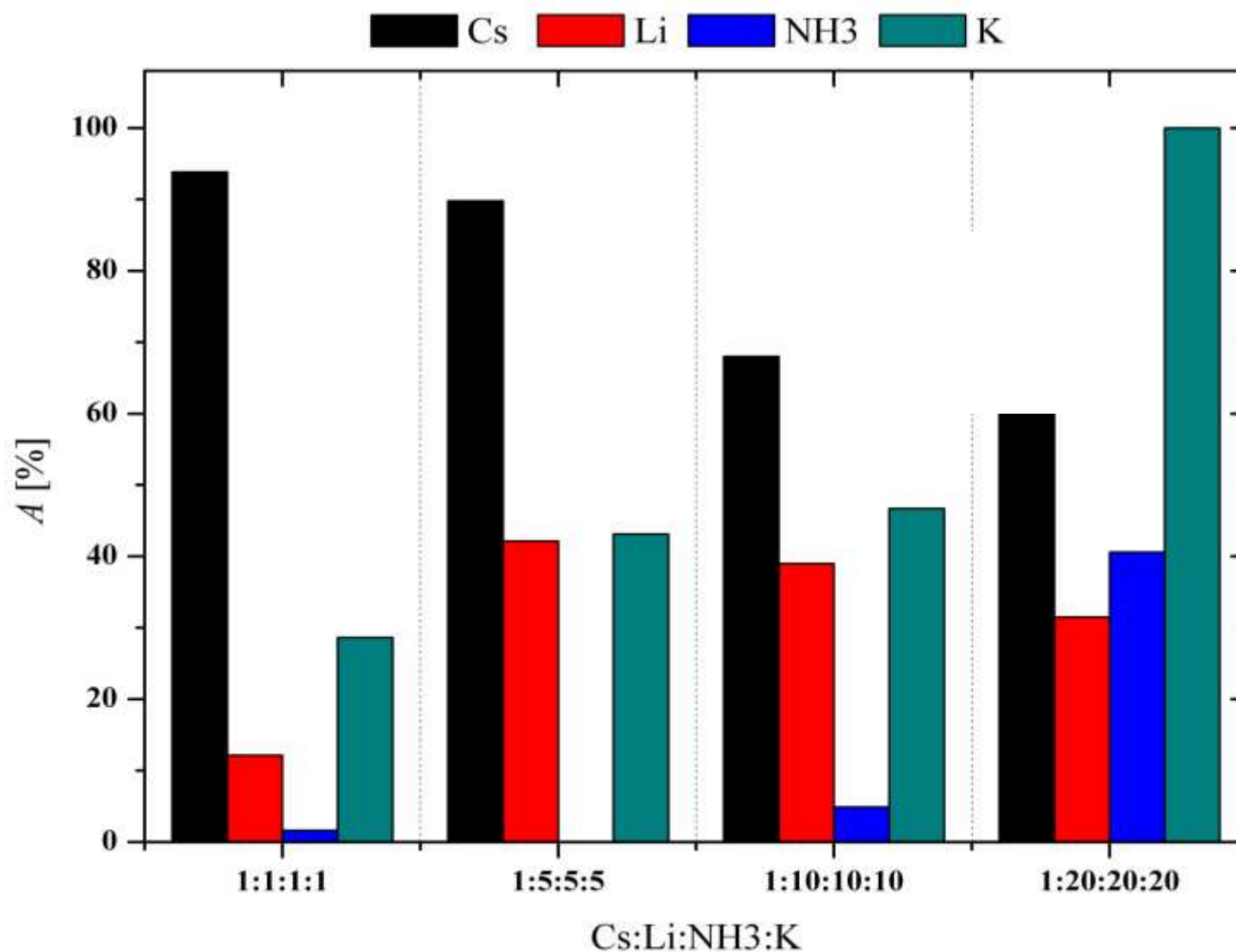
+ 1 g/l Kys. Borité

pH  $\approx$  6,5

# Vsádky - poměr cesia: kationty



+ 1 g/l Kys. Borité  
pH  $\approx$  6,5 - 7,5

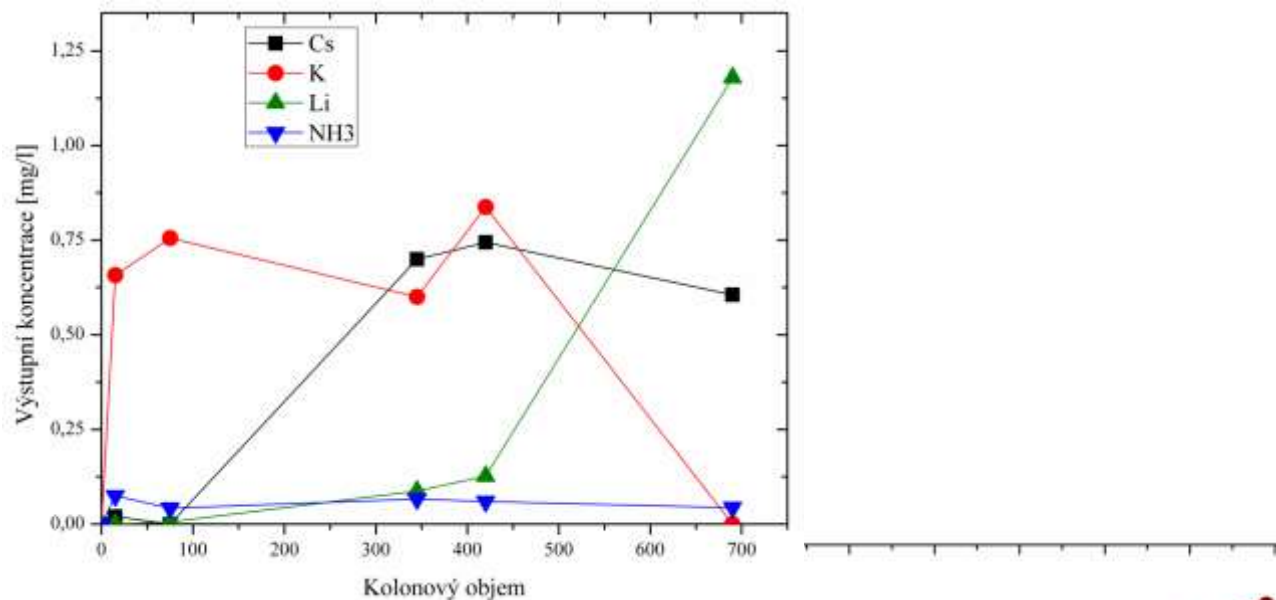


# Kolonové experimenty - cesium

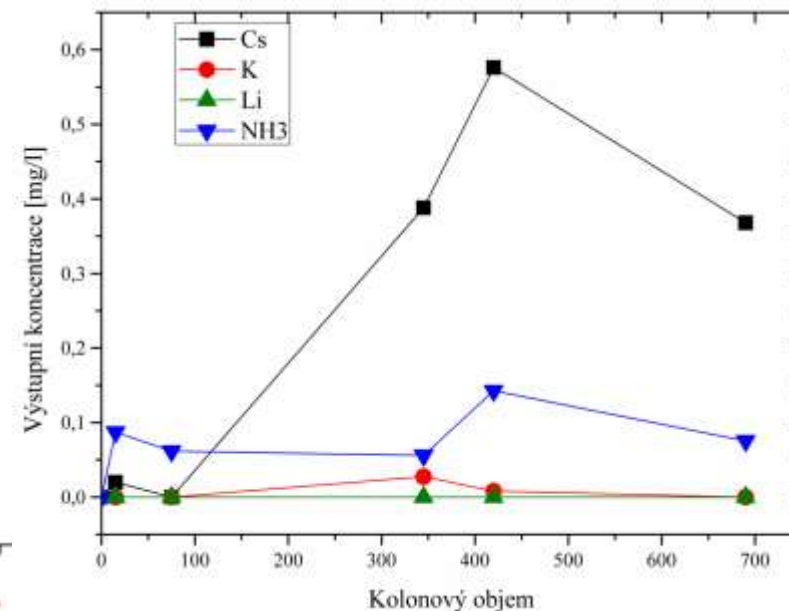


+ 0,5 g/l Kys. Borité    pH  $\approx$  5,8    s = 15 BV/hod

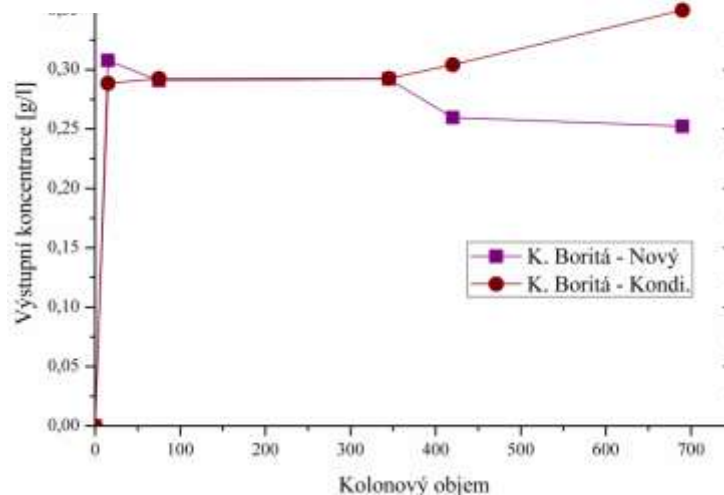
Cs = 0,2 mg/l    K = 3,5 mg/l    Li = 0,1 mg/l    NH<sub>3</sub> = 0,1 mg/l



Nový zeolit



Kondicionovaný zeolit



# Kolonové experimenty - stroncium



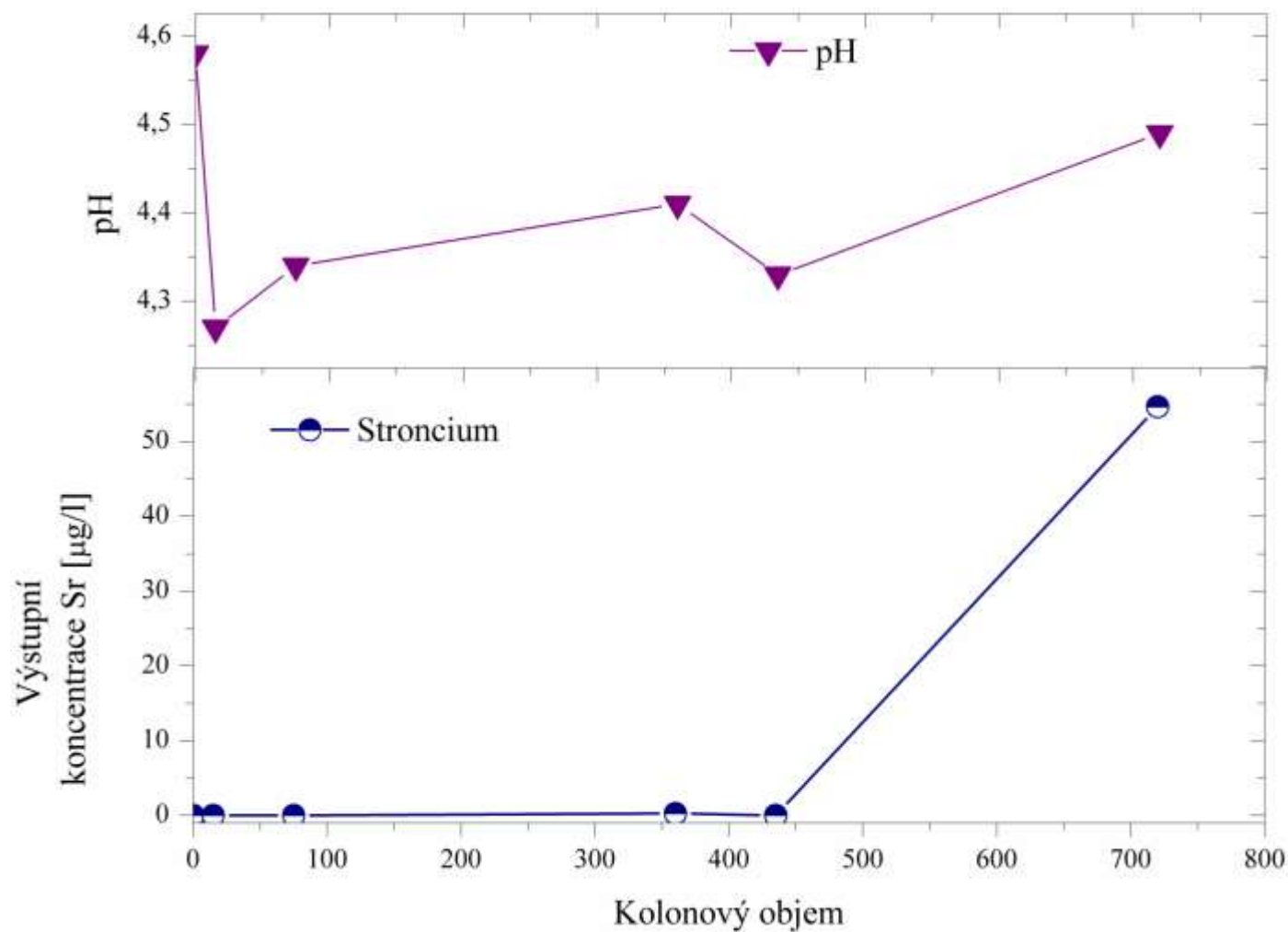
pH  $\approx$  5,8

s = 15 BV/hod

Sr = 0,06 mg/l

0,5 g/l Kys. Borité

Nový zeolit





- Potvrzena selektivita klinoptilolitu vůči kationtu cesia a stroncia
- I při 20 molárním přebytku doprovodných kationtů stále dochází k záchytu cesia
- Dosažena maximální absorpční kapacita
  - $a_{\max}$  – cesium = 108 mg/g
  - $a_{\max}$  – stroncium = 59 mg/g
- Při kolonových experimentech došlo ke zpracování 200  $V/V_0$  roztoku s cesium a 700  $V/V_0$  roztoku se stronciem
- Při sorpci cesia nebyl patrný rozdíl při použití upraveného (kondicionovaného) vs. nového zeolitu





**Děkuji za pozornost**

**[www.cvrez.cz](http://www.cvrez.cz)**

**Pavel.kus@cvrez.cz**

