

# Přepřacování ozářeného jaderného paliva – separace lanthanooidů a minoritních aktinoidů

Benešová Magdalena

Černá Kateřina

Loskot Hynek

Scholzeová Veronika

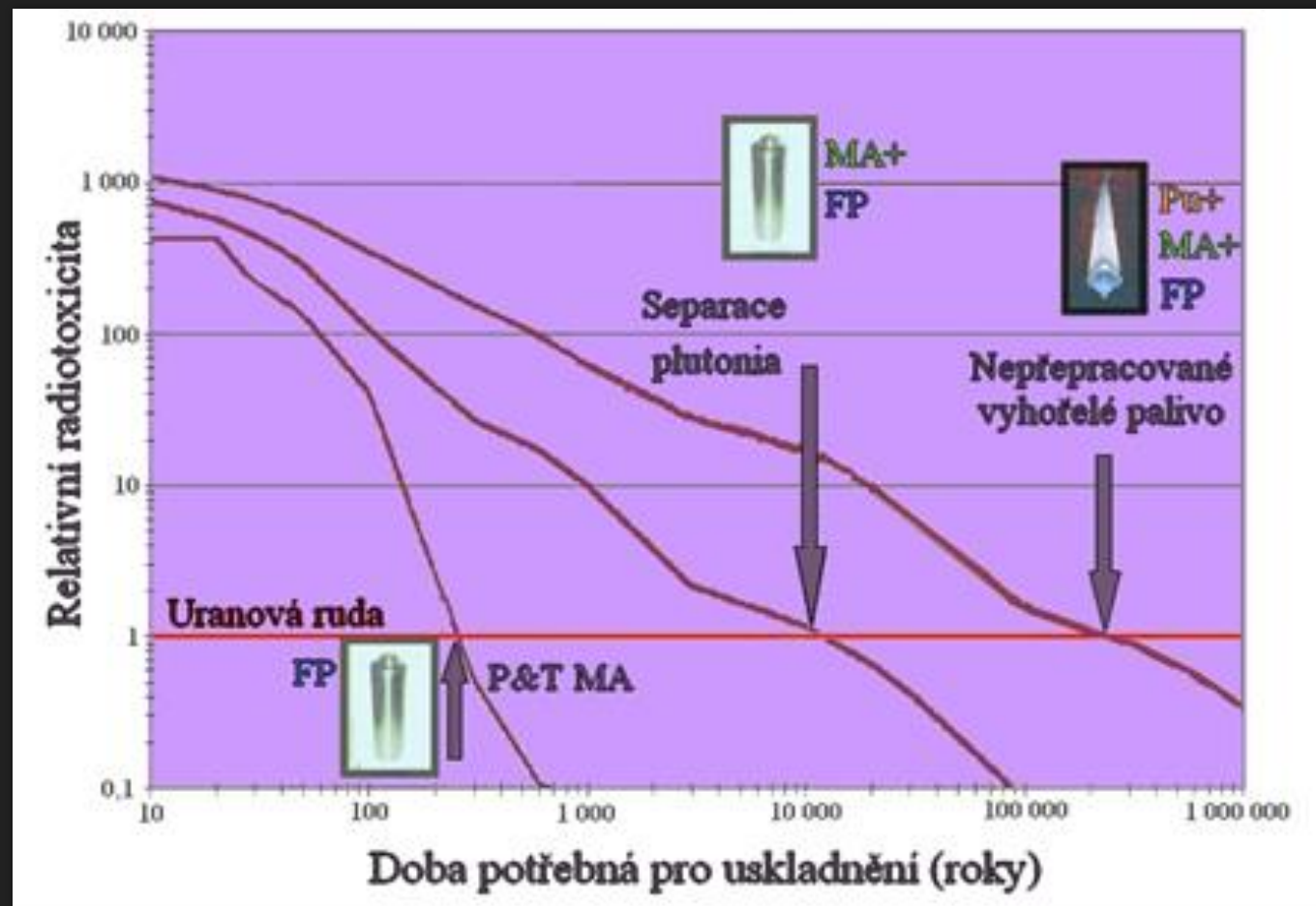
# Obsah

- Vyhořelé jaderné palivo
- Přepřacování paliva
- Lanthanoidy a aktinoidy
- Metodologie
- Kinetika Br-CyMe<sub>4</sub>-BTBP v oktanolu (kapalina-kapalina)
- Vliv koncentrace kyseliny na výsledky v systému kapalina-pevná fáze
- Vliv koncentrace extrakčního činidla (kapalina-kapalina)
- Závěr
- Literatura



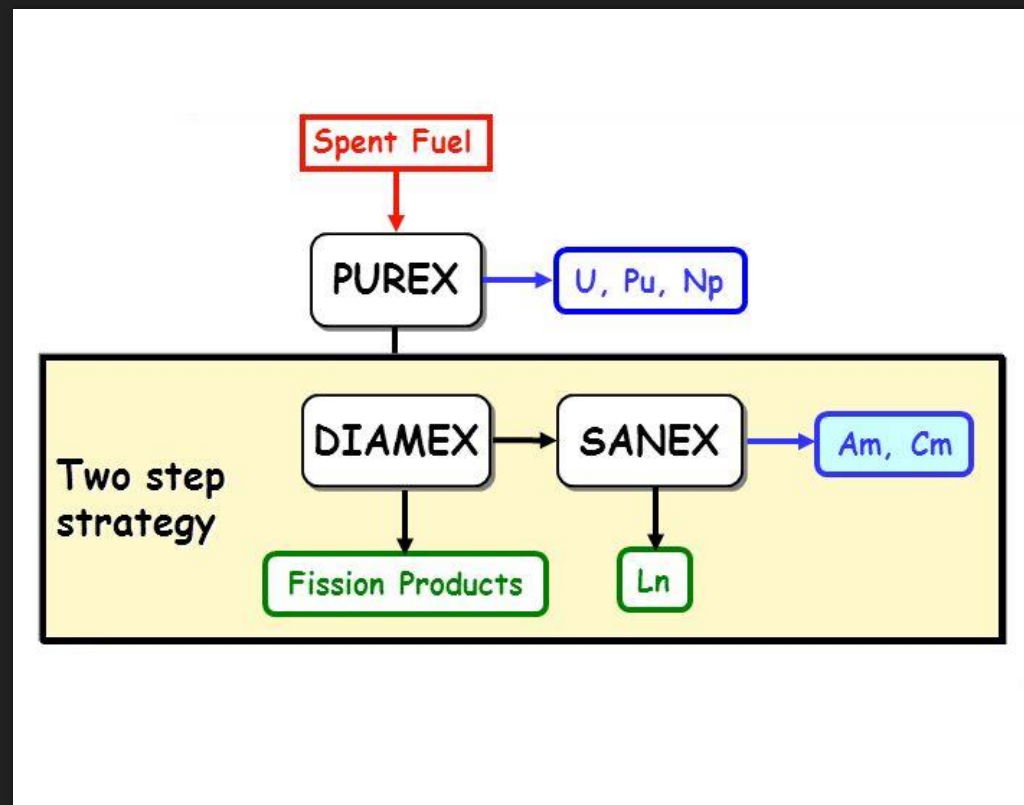
# Vyhořelé jaderné palivo

- Složení: 1) Uran 95 %  
2) Štěpné produkty 4-5 %  
3) Plutonium 1 %  
4) Minoritní aktinoidy 0,1 %
- V hlubinných uložistích
- Další variantou je přepracování



# Přepřacování použitého paliva

- Metoda PUREX
- Metoda DIAMEX
- Metoda SANEX



# Lanthanoidy a aktinoidy

- Minoritní aktinoidy:  
Americium, Curium a Neptunium
- Lanthanoidy: Europium

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	VIII	VIII	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
Vodík 1 H 1,00794(7)																	Helium 2 He 4,002602(2)
Lithium 3 Li 6,941(2)	Beryllium 4 Be 9,012182(3)											Bor 5 B 10,811(7)	Uhlík 6 C 12,0107(8)	Dusík 7 N 14,00643(7)	Kyslík 8 O 15,9994(3)	Fluor 9 F 18,9984032(5)	Neon 10 Ne 20,1797(8)
Sodík 11 Na 22,989770(2)	Hořčík 12 Mg 24,3050(6)											Hliník 13 Al 26,981538(2)	Křemík 14 Si 28,0855(3)	Fosfor 15 P 30,973761(2)	Síra 16 S 32,066(6)	Chlór 17 Cl 35,4527(8)	Argon 18 Ar 39,948(1)
Draslík 19 K 39,0983(1)	Vápník 20 Ca 40,078(4)	Skandium 21 Sc 44,955910(8)	Titan 22 Ti 47,867(1)	Vanad 23 V 50,9415(1)	Chrom 24 Cr 51,9961(8)	Mangan 25 Mn 54,938049(9)	Železo 26 Fe 55,845(2)	Kobalt 27 Co 58,933200(9)	Nikl 28 Ni 58,6934(2)	Měď 29 Cu 63,546(3)	Zinek 30 Zn 65,39(2)	Gallium 31 Ga 69,723(1)	Germanium 32 Ge 72,61(2)	Arzen 33 As 74,92160(2)	Selen 34 Se 78,96(3)	Brom 35 Br 79,904(1)	Krypton 36 Kr 83,80(1)
Rubidium 37 Rb 85,4678(3)	Stroncium 38 Sr 87,62(1)	Yttrium 39 Y 88,90586(2)	Zirkonium 40 Zr 91,224(2)	Niob 41 Nb 92,90638(2)	Molybden 42 Mo 95,94(1)	Technecium 43 Tc (98,9063)	Ruthenium 44 Ru 101,07(2)	Rhodium 45 Rh 102,90550(2)	Palladium 46 Pd 106,42(1)	Sířbro 47 Ag 107,8682(2)	Kadmium 48 Cd 112,411(8)	Indium 49 In 114,818(3)	Cin 50 Sn 118,710(7)	Antimon 51 Sb 121,760(1)	Tellur 52 Te 127,60(3)	Jod 53 I 126,90447(3)	Xenon 54 Xe 131,29(2)
Cesium 55 Cs 132,90545(2)	Baryum 56 Ba 137,327(7)	57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 Hf 178,49(2)	Tantal 73 Ta 180,9479(1)	Wolfram 74 W 183,84(1)	Rhenium 75 Re 186,207(1)	Osmium 76 Os 190,23(3)	Iridium 77 Ir 192,217(3)	Ptatina 78 Pt 195,078(2)	Zlato 79 Au 196,96656(2)	Rtut 80 Hg 200,59(2)	Thalium 81 Tl 204,3833(2)	Olovo 82 Pb 207,2(1)	Bismut 83 Bi 208,98038(2)	Polonium 84 Po (208,9824)	Astát 85 At (208,9871)	Radon 86 Rn (222,0176)
Franclium 87 Fr (223,0187)	Radium 88 Ra (226,0254)	89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 Rf (261,110)	Dubnium 105 Db (262,1144)	Seaborgium 106 Sg (263,1166)	Bohrrium 107 Bh (264,12)	Hassium 108 Hs (265,1306)	Melitrium 109 Mt (266)	Ununnilium 110 Uun (269)	Ununnilium 111 Uuu (272)	Ununbium 112 Uub (277)						
Lanthanoidy:		Lanthan 57 La 138,9054(2)	Cer 58 Ce 140,116(1)	Praseodym 59 Pr 140,90766(2)	Neodym 60 Nd 144,24(3)	Promethium 61 Pm (144,9127)	Samarium 62 Sm 150,36(3)	Europium 63 Eu 151,964(1)	Gadolium 64 Gd 157,25(3)	Terbium 65 Tb 158,92534(2)	Dysprosium 66 Dy 162,50(3)	Holmium 67 Ho 164,93032(2)	Erbium 68 Er 167,26(3)	Thulium 69 Tm 168,93421(2)	Ytterbium 70 Yb 173,04(3)	Lutecium 71 Lu 174,967(1)	
Aktinoidy:		Aktinium 89 Ac (227,0277)	Thorium 90 Th 232,038(1)	Protaktinium 91 Pa 231,03588(2)	Uran 92 U 238,0289(1)	Neptunium 93 Np (237,0482)	Plutonium 94 Pu (244,0642)	Americium 95 Am (243,0614)	Curium 96 Cm (247,0703)	Berkelium 97 Bk (247,0703)	Kalifornium 98 Cf (251,0796)	Einsteinium 99 Es (252,0830)	Fermium 100 Fm (257,0851)	Mendelevium 101 Md (258,0884)	Nobelium 102 No (259,1011)	Lawrencium 103 Lr (262,110)	



- nekovy
- alkalické kovy
- alkalické zemní kovy
- vzácné plyny
- halogeny
- metalloidy
- přechodné kovy
- živé kovy
- vzácné zemní prvky

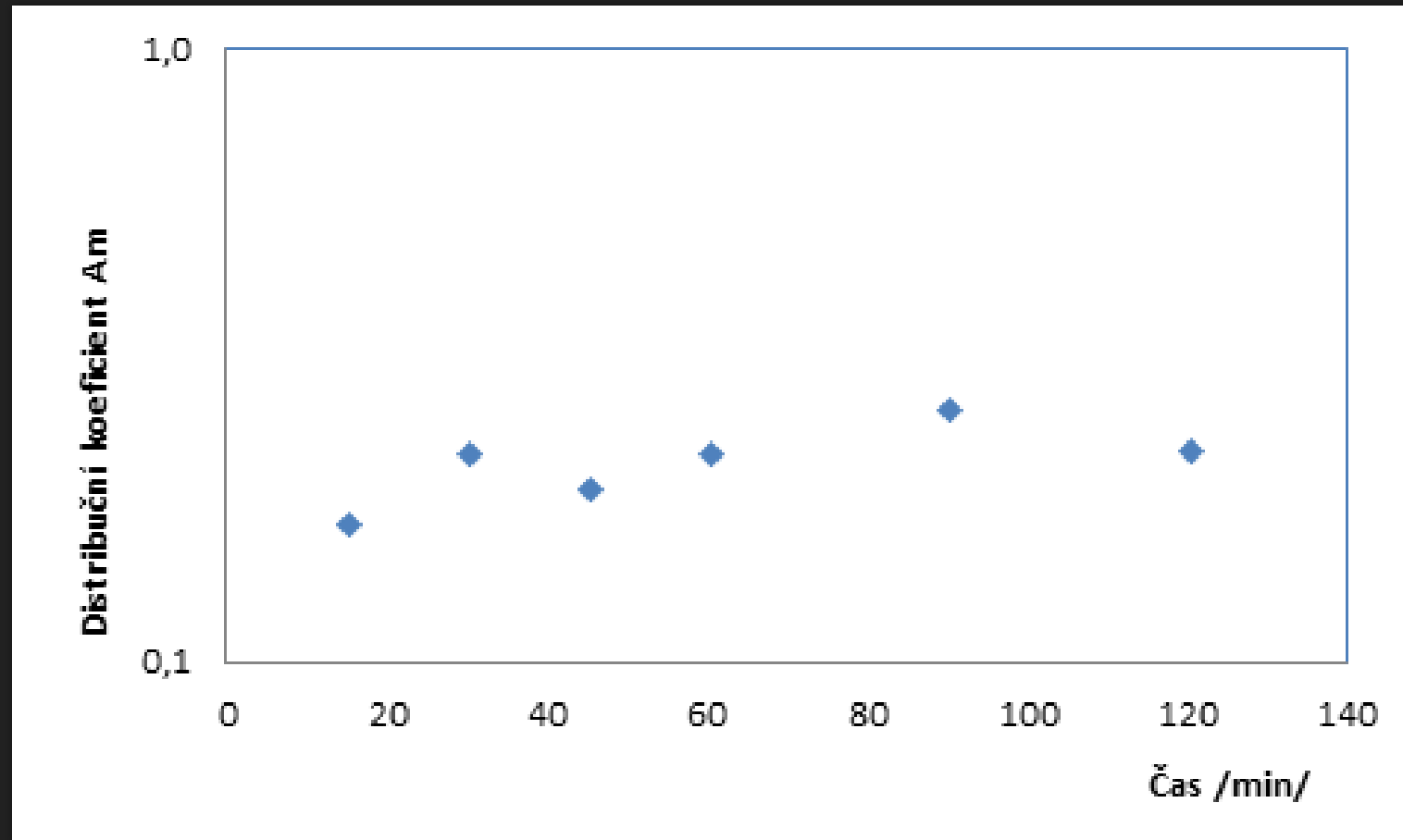


# Metodologie

- 1) Kinetická studie
- 2) Extrakce Am a Eu na pevné fázi
- 3) Separace Am, Eu a Cm s fluorovaným činidlem



# Kinetika Br-CyMe<sub>4</sub>-BTBP v oktanolu (kapalina-kapalina)



# Vliv koncentrace kyseliny na výsledky v systému kapalina-pevná fáze

c(HNO <sub>3</sub> )	DwAm	DwEu	SFAm/Eu
0,01	74,91	30,62	2,45
0,05	189,63	213,51	0,89



# Vliv koncentrace (kapalina-kapalina)

## extrakčního

## činidla

c(činidla)	D(Am)	D(Eu)	SFAm/Eu
1 mM	0,89	0,01	64,1
4 mM	50,53	0,26	193,4

c(činidla)	D(Am)	D(Cm)	SFAm/Cm
1 mM	0,9	1,0	0,9
4 mM	22,3	12,8	1,7

**Závěr**

# Literatura

AFSAR, A.; DISTLER, P.; HARWOOD, L.M.; JOHN, J.; WESTWOOD, J: Synthesis and Screening of Modified 6,6'-Bis(5,5,8,8-tetramethyl-5,6,7,8-tetrahydrobenzo[e][1,2,4]triazin-3-yl)-2,2'-bipyridine Ligands for Actinide and Lanthanide Separation in Nuclear Waste Treatment. *The Journal of Organic Chemistry*, 2016, 81 (21), 10517–10520.

LEWIS, F. W.; HARWOOD, L. M.; HUDSON, M. J.; DISTLER, P.; JOHN, J.; ŠTAMBERG, K.; NÚÑEZ, A.; GALÁN, H.; ESPARTERO, A. G. Synthesis and Evaluation of Lipophilic BTBP Ligands for An/Ln Separations in Nuclear Waste Treatment: Effect of Alkyl Substitution on Extraction Properties and Implications for Ligand Design. *European Journal of Organic Chemistry*. 2012, 8, 1509–1519.

PANAK, P.; GEIST, A. Complexation and Extraction of Trivalent Actinides and Lanthanides. *Chemical Reviews - American Chemical Society*, 2013, 113 (2), 1199–1236.

RYDBERG, J., et al. *Solvent Extraction Principles and Practice*. Second Edition, Revised and Expanded. New York: Marcel Dekker, Inc., 2004.