



# Suomalainen erotus- ja transmutaatiotekniikan tutkimus

Markku Anttila (VTT)

Airi Paajanen, Risto Harjula (HYRL)

KYT2010-puoliväliseminaari 26.9.2008, Helsinki



## Ydinpolttoainekierron strategiset päävaihtoehdot

- ▼ Avoin ydinpolttoainekierto (lopuksi käytetyn ydinpolttoaineen geologinen loppusijoitus)
- ▼ Osittain tai kokonaan suljettu ydinpolttoainekierto (lopuksi korkea-aktiivisen ydinjätteen geologinen loppusijoitus)

Polttoainekierron sulkemisen tärkein tavoite on aina ollut uraanin (tai toriumin) entistä tehokkaampi käyttö

Polttoainekierrolla voidaan vaikuttaa geologisen loppusijoitustilan tilavuuteen ja mahdollisesti myös turvallisuusvaatimuksiin

# Erotus- ja transmutaatiotekniikan määrittely

## ▼ Erotustekniikka:

- Menetelmät, joilla pääaktinidit (U ja Pu), sivuaktinidit (Np, Am ja Cm) ja tietyt fissiotuotteet (Sr/Cs, I, Tc jne) erotetaan omiksi tuotevirroiksi käytetystä ydinpolttoaineesta

## ▼ Transmutaatiotekniikka

- Aktinidien ja mahdollisesti joidenkin fissiotuotteiden muuttaminen toisiksi nuklideiksi neutronisäteilytyksen avulla kriittisissä tai alikriittisissä fissioreaktoreissa

Lähde: James J. Laidler, D.Sc., Argonne National Laboratory, GNEP National Technical Director, Separations. Advanced Spent Fuel Processing Technologies for the Global Nuclear Energy Partnership. 9th IEM on Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation, Nimes, France, 27 September 2006.

## Suite of UREX+ Processes

Process	Prod #1	Prod #2	Prod #3	Prod #4	Prod #5	Prod #6	Prod #7
UREX+1	U	Tc	Cs/Sr	TRU+Ln	FP		
UREX+1a	U	Tc	Cs/Sr	TRU	All FP		
UREX+2	U	Tc	Cs/Sr	Pu+Np	Am+Cm+Ln	FP	
UREX+3	U	Tc	Cs/Sr	Pu+Np	Am+Cm	All FP	
UREX+4	U	Tc	Cs/Sr	Pu+Np	Am	Cm	All FP

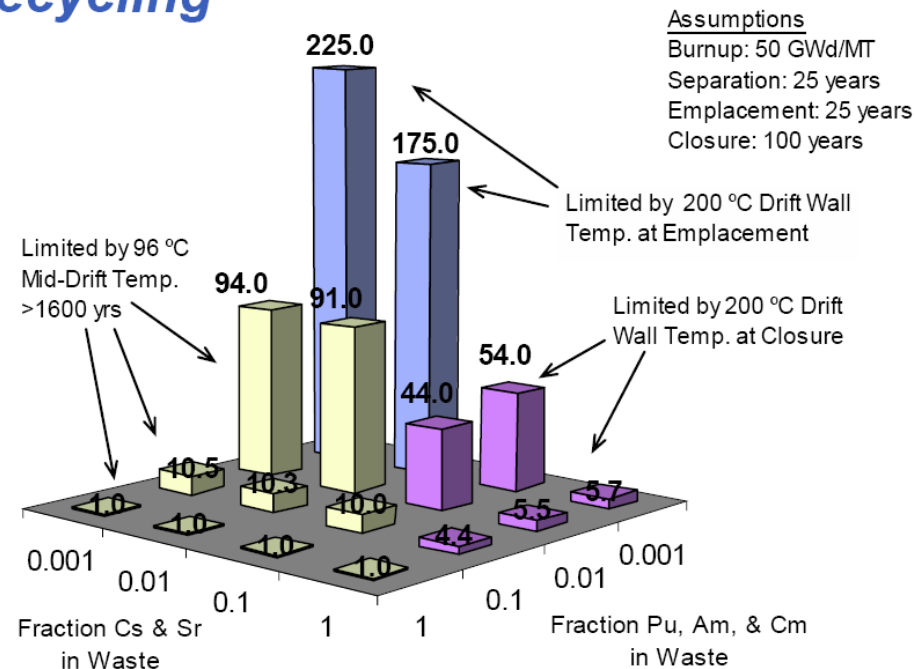
Notes: (1) in all cases, iodine is removed as an off-gas from the dissolution process.  
 (2) processes are designed for the generation of no liquid high-level wastes

U: uranium (removed in order to reduce the mass and volume of high-level waste)  
 Tc: technetium (long-lived fission product, prime contributor to long-term dose at Yucca Mountain)  
 Cs/Sr: cesium and strontium (primary short-term heat generators; repository impact)  
 TRU: transuranic elements (Pu: plutonium, Np: neptunium, Am: americium, Cm: curium)  
 Ln: lanthanide (rare earth) fission products  
 FP: fission products other than cesium, strontium, technetium, iodine, and the lanthanides



Lähde: James J. Laidler, D.Sc., Argonne National Laboratory, GNEP National Technical Director, Separations. Advanced Spent Fuel Processing Technologies for the Global Nuclear Energy Partnership. 9th IEM on Actinide and Fission Product Partitioning and Transmutation, Nimes, France, 27 September 2006

## Relative Increase in Repository Capacity by Recycling



Reference: R. A. Wigeland et al., Nuclear Technology, 154 (April 2006), pp 95-106.

# Nykyisen P&T-tutkimuksen historia lyhyesti

## Alku:

1988: Japanissa käynnistettiin OMEGA-tutkimusohjelma  
OMEGA = Options Making Extra Gains from Actinides and fission products

1991: Ranska; Laki ydinjätehuollon vaihtoehtojen tutkimuksesta

1991/1993 Kiihdytinavusteiset transmutaatiolaitokset (ADS: LANL, Carlo Rubbia/CERN)

2001 European roadmap for development of ADS

## Nykyhetki:

P&T on kiinteä osa kehittyneiden reaktorien ja polttoainekiertojen t&k-työtä (GenIV, INPRO, GNEP jne)

# Suomalaisen P&T-tutkimuksen tavoitteet ja kohteet I

## TAVOITTEET

1. Kansallisen osaamisen kehittäminen muutamalla P&T-tutkimuksen osa-alueella
2. Tiedon välitys alan kansainvälisestä kehityksestä
3. Osallistuminen alan kansainväliseen t&k-yhteistyöhön

## KOhteet

1. Transmutaatiolaitosten (LWR, kriittiset nopeat reaktorit) reaktorifysikaalisen laskentakyvyn kehittäminen
2. Ydinpolttoainekiertojen arviointimenetelmien kehittäminen
3. Erotustekniikoiden yleisen kehityksen seuranta
4. Sekundäärijätteiden käsittelymenetelmät
5. Tiedonvälitys

# Suomalainen erotus- ja transmutaatiotekniikan tutkimus 2007-2008

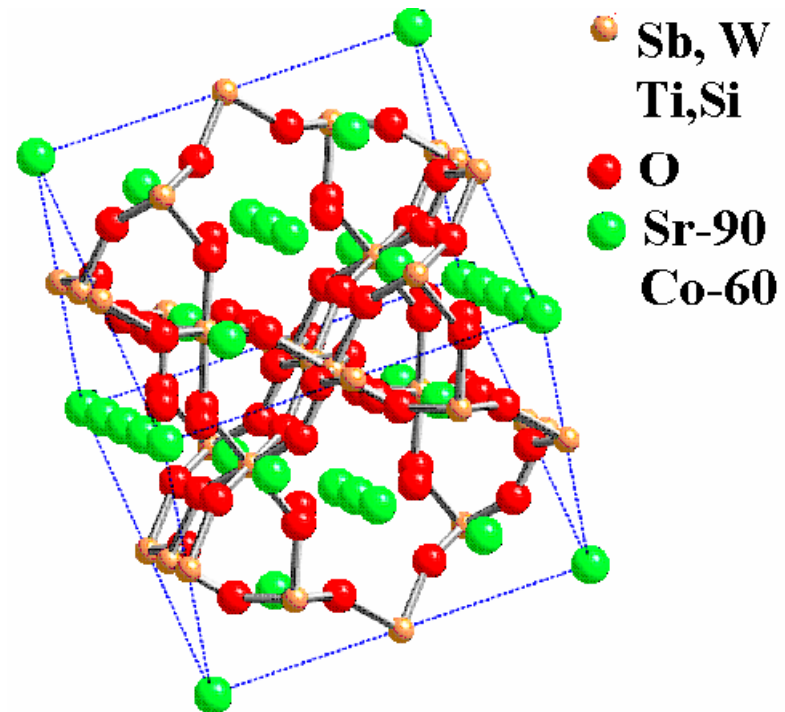
- ▼ Nopeiden reaktorien laskentaohjelmiston kehittäminen (lähinnä SAFIR/TOPAS- ja NETNUC-hankkeissa)
- ▼ Sivuaktinidien polttaminen kevytvesireaktoreissa
- ▼ Polttoainekiertojen proliferaatoriskin arviointimenetelmät
- ▼ Alikriittisyyden mittaaminen ADS:issä
- ▼ Polttoainekiertojen arviointikyvyn kehittäminen
  
- ▼ Aktinidien ryhmäerotusmenetelmät ja niiden sekundäärijätteiden käsittelymenetelmät
- ▼ Radionuklidien erottaminen nanohuokoisten metallioksidien avulla
  - Aktinidien ja lantanidien erottaminen toisistaan epäorgaanisella ioninvaihdolla
  
- ▼ Tiedonvälitys: seminaariesityksiä (ATS-syysseminaari 2007 (myös artikkeli ATS Ydintekniikka –lehdessä), HYRL:n sisäinen seminaari 2008)



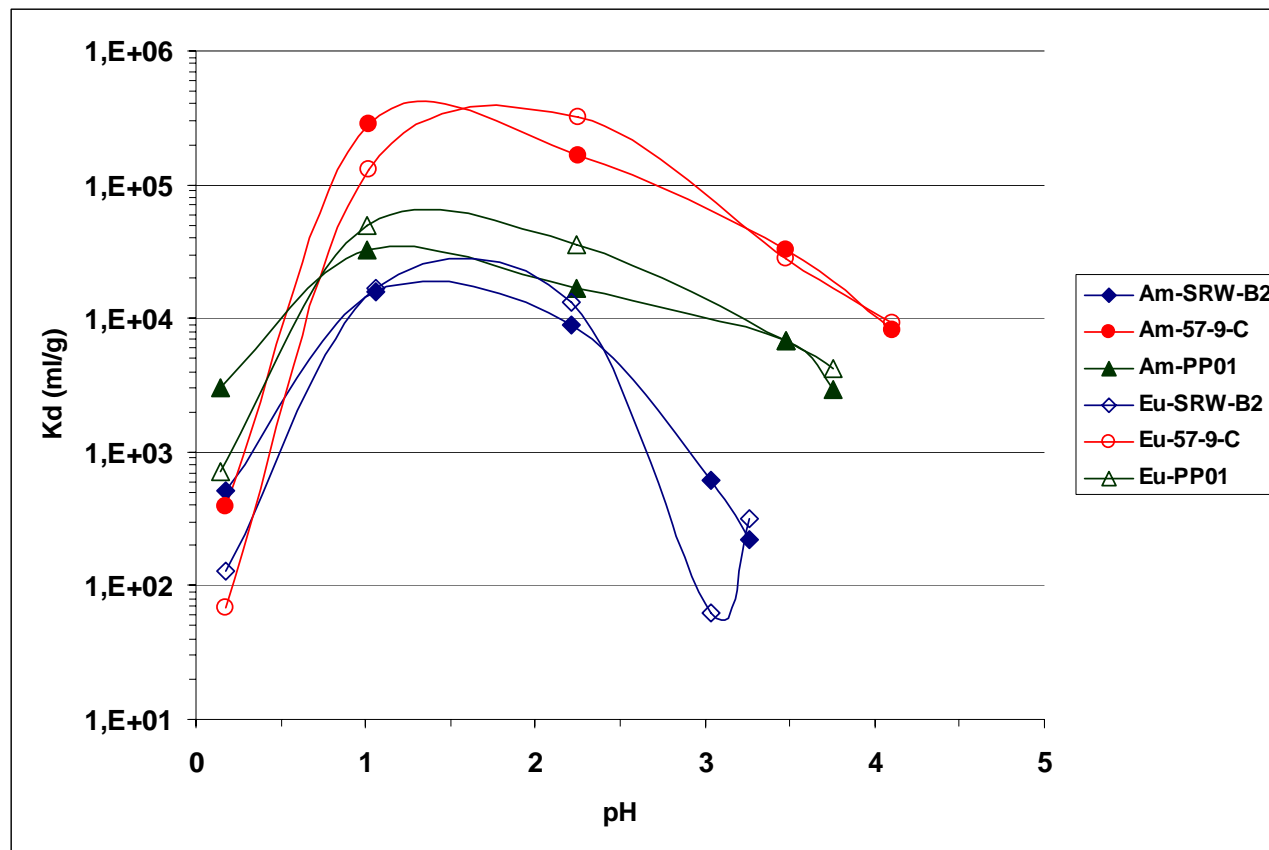
# Radionuklidien erottaminen transmutaatiota varten nanohuokoisten metallioksidien avulla

## ▼ Aktinidien erotus lantanideista

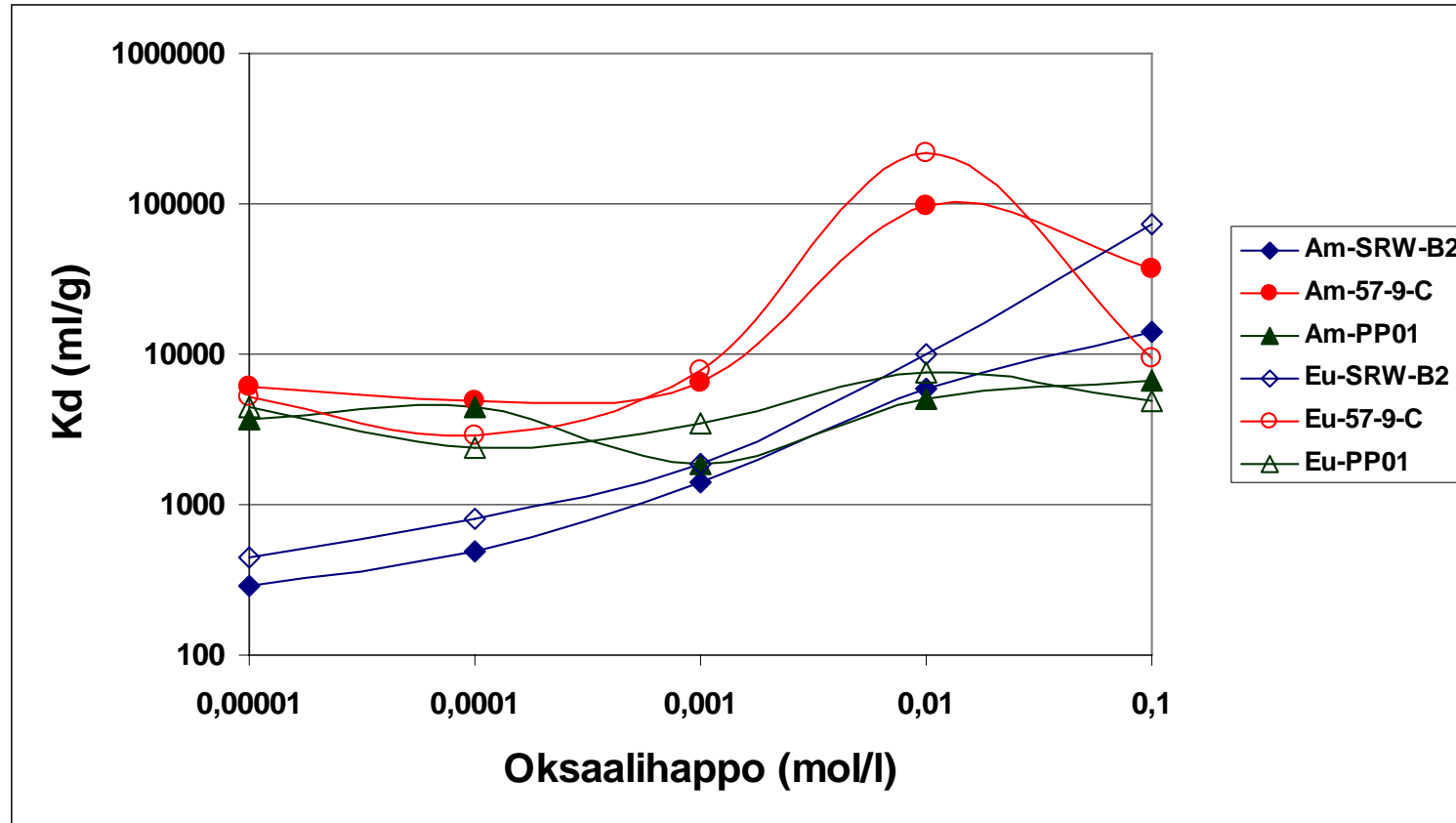
- Aktinidien erotus lantanideista yleisesti erittäin vaikeaa
- HYRL:llä pitkäaikainen kokemus kaupallisten selektiivisten radionuklidierotusmenetelmien kehityksessä
- Nanohuokoisten metallioksidien selektiivisyyden räätälöinti



## Eu-152/Am-241 sorptio typpihaposta



## Desorptio (eluutio) oksaalihapolla



## EU:n kuudennessa puiteohjelmassa rahoitetut P&T-projektit

- ▼ **EUROPART Partitioning techniques and processes**
- ▼ **EUROTRANS All Aspects of Transmutation by sub-critical ADS**
- ▼ **PATEROS P&T European Road-map**
- ▼ **RED-IMPACT Impact study of P&T on Waste management**
- ▼ **ELSY Waste transmutation in Lead Cooled critical system**
- ▼ **PUMA Pu and MA Management by thermal Gas-cooled system**
- ▼ **VELLA Networking of lead loop infrastructures in Europe**
- ▼ **LWR- DEPUTY LWR fuels for deep burning of Pu in thermal systems**
- ▼ **EFNUDAT Networking of EU facilities for nuclear data measurements**
- ▼ **CANDIDE Networking of Nuclear data for EU Industrial Development**
- ▼ **NUDAME Trans-national access for nuclear data measurements**
  
- ▼ **Projektien kokonaisbudjetti 81.0 Meuroa, EU:n osuus 43.5 Meuroa**

# P&T EU:n seitsemännessä puiteohjelmassa I

## ▼ Erotustekniikka

- ACSEPT = Actinide reCYcling by SEParation and Transmutation
  - 1.3.2008 – 29.2.2012
  - Kokonaisbudjetti 24 Meuroa, EU:n osuus 9 Meuroa
  - 34 osallistujaa (12 maasta Euroopassa + Australiasta ja Japanista)
- Lähes suora jatko aiempien puiteohjelmien projekteille:
  - Hydrometallurgisten (perusvaihtoehto) ja pyrokemiallisten menetelmien jatkokehitys
  - ”Prosessi ja integrointi”
    - Pilot-laitoksiin soveltuvien prosessien valinta
    - Kytkenä polttoaineen ja säteilytyskohtioiden valmistustekniikkaan
  - Koulutus

## P&T EU:n seitsemännessä puiteohjelmassa II

### ▼ Transmutaatiotekniikka

- Kuudennen puiteohjelman EUROTRANS-projekti jatkuu kevääseen 2009
- Seitsemännessä puiteohjelmassa oli tarkoitus tukea koelaitosten rakentamista
- Todennäköisesti myös useita pieniä kriittisten transmutaatioreaktorien t&k-projekteja