

# **Prompt-gamma aktiváció analitika**

Révay Zsolt

# Prompt-gamma aktivációs analízis

- gerjesztés: neutronnyaláb
- detektált karakterisztikus sugárzás:  
gamma sugárzás
- Panorámaanalízis
  - Elemi összetétel -- elvileg minden elemről
  - Izotópösszetétel -- elvileg minden izotópról
- Mintaelőkészítés nincs
- Roncsolásmentes
  - átlagos összetétel
  - mélységi információ

# A PGAA „budapesti” módszere

## 1. Berendezésépítés, mérésvezérlés

- Alacsonyhátterű mérőhely (MG, BT, RZS, SZL, KZ)
- Spektrumgyűjtő, mintaváltó- és nyalábzárvezérlő (SZL)

## 2. Spektrum-kiértékelés

- Hypermet (FB), GammaView-GammaFit (SZL), ...

## 3. Detektor-kalibrálás (BT, FB, MG)

- Hatásfok
- Nonlinearitás

## 4. Spektroszkópiai adatkönyvtár (RZS)

## 5. Analitikai módszer (RZS)

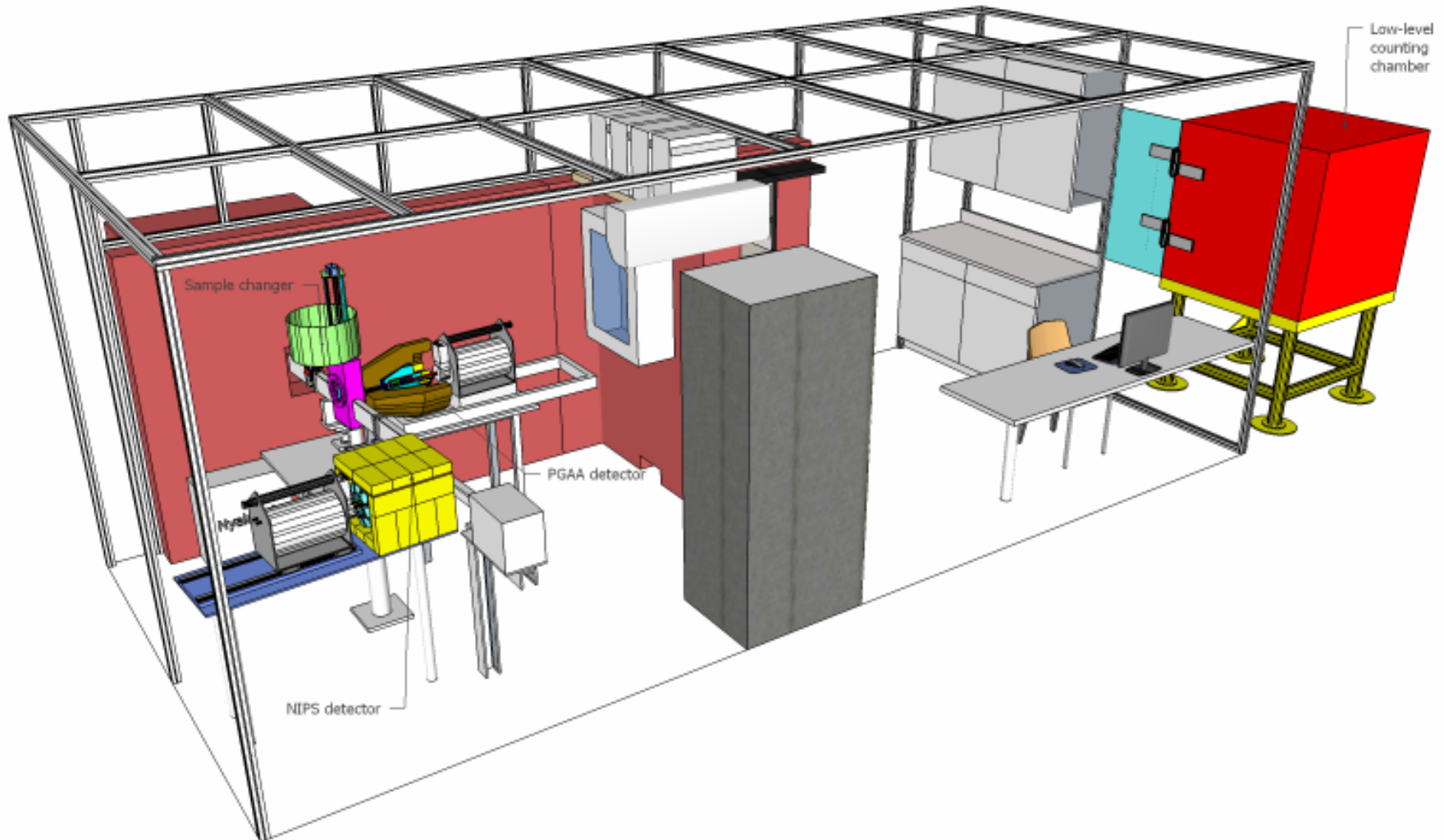
*Molnár Gábor†, Fazekas Béla†, Belgya Tamás, Révay Zsolt,  
Szentmiklósi László, Kis Zoltán*

Bevezetve: München, Texas (Lisszabon, ...)

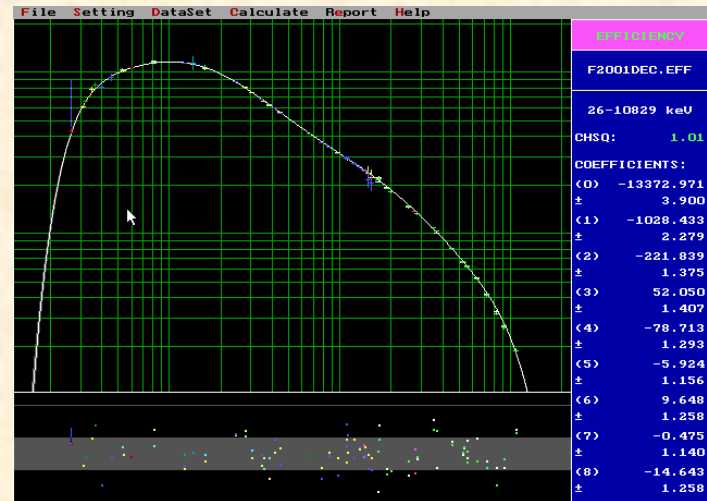
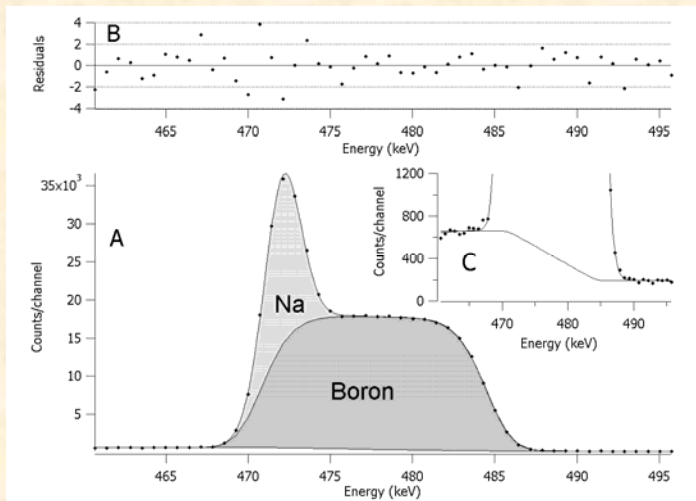
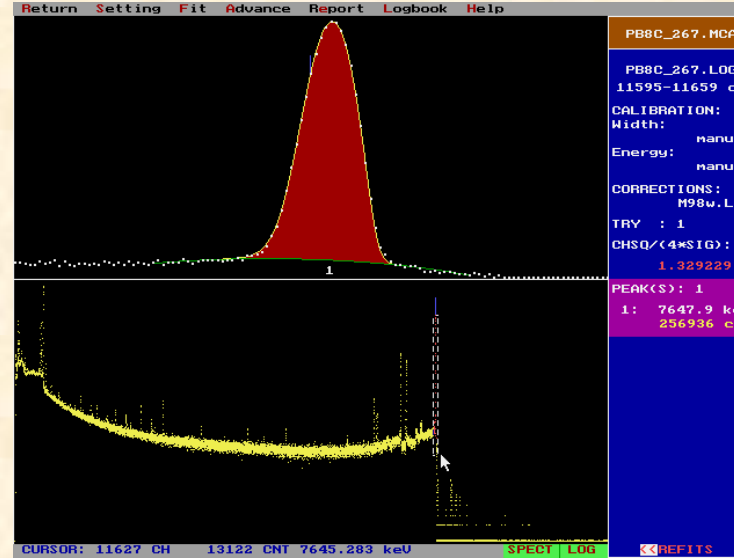
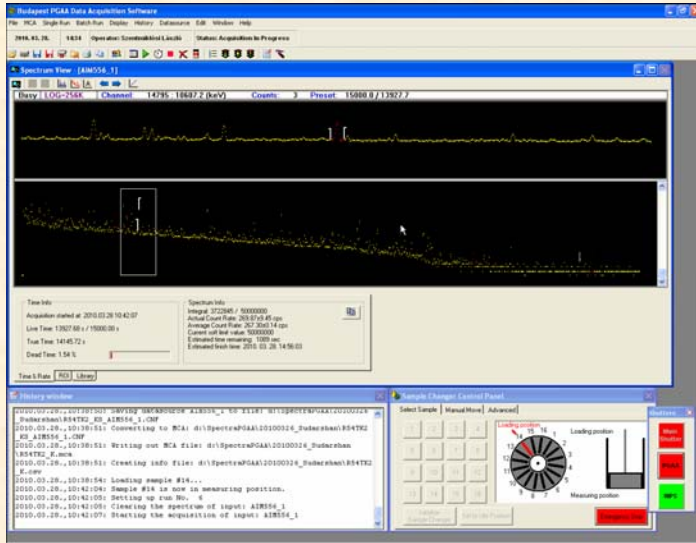
Hypermet: 20—30 eladott példány

Berendezések: München, Argentína, Texas, Lisszabon, Peking?, India?,  
Marokkó?, Egyiptom?, Sydney?







# 1. Berendezés



# 2-3. Spektrum-kiértékelés és kalibrálás

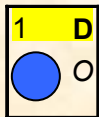



# 4. Spektroszkópiai könyvtár

1 H 																	2 He				
3 Li  CO <sub>3</sub> , C-F	4 Be *															5 B  C, H-O	6 C  H	7 N  C-D-O, NO <sub>3</sub>	8 O  H, Be <u>C</u>	9 F <u>C</u>	10 Ne
11 Na * CO <sub>3</sub> , C-H-O	12 Mg *															13 Al ** O	14 Si * N O	15 P * O	16 S **	17 Cl <u>C, C-H</u>	18 Ar *
19 K <u>HCO<sub>3</sub></u>	20 Ca * O CO <sub>3</sub>	21 Sc <u>O</u>	22 Ti ** O	23 V <u>O</u>	24 Cr * O-H	25 Mn * O	26 Fe **	27 Co *	28 Ni **	29 Cu * O	30 Zn * O	31 Ga **	32 Ge * O	33 As O	34 Se * O-H	35 Br <u>C-H</u>	36 Kr *				
37 Rb <u>CO<sub>3</sub></u>	38 Sr <u>CO<sub>3</sub></u>	39 Y <u>O</u>	40 Zr O	41 Nb O	42 Mo **	43 (Tc)	44 Ru ** O	45 Rh * C-H	46 Pd *	47 Ag **	48 Cd **	49 In *	50 Sn **	51 Sb <u>O</u>	52 Te **	53 I * <u>C-H</u>	54 Xe <u>F</u>				
55 Cs <u>O</u>	56 Ba OH, CO <sub>3</sub>	57 La <u>O</u>	72 Hf * O	73 Ta * O	74 W <u>O</u>	75 Re * O	76 Os * O C-H	77 Ir * O	78 Pt * O	79 Au * O	80 Hg ** O	81 Tl *	82 Pb **	83 Bi **	84 (Po)	85 (At)	86 (Rn)				
87 (Fr)	88 (Ra)	89 (Ac)																			



2H, 11B, 6Li, 7Li,  
13C, 15N, 18O, 235U



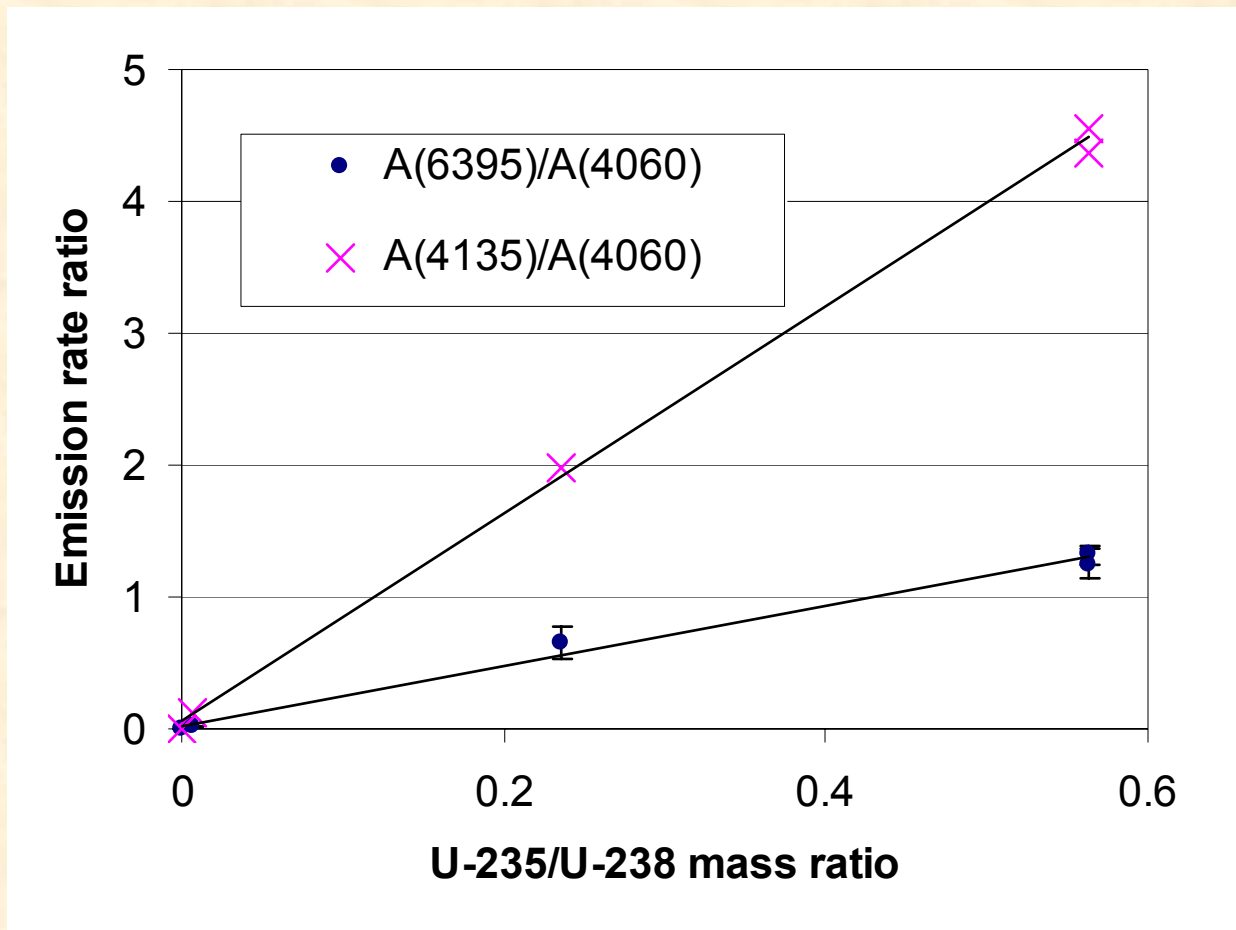
58 Ce <u>O</u> C-H-O	59 Pr <u>O</u>	60 Nd O	61 (Pm)	62 Sm O	63 Eu <u>O</u>	64 Gd O	65 Tb O	66 Dy * O	67 Ho O	68 Er <u>O</u>	69 Tm O	70 Yb O	71 Lu <u>O</u>
90 Th <u>NO<sub>3</sub></u>	91 (Pa)	92 U  <u>C-H-O</u>											

# 5. Módszer az elemi összetétel meghatározására (ProSpeRo)

- Minőségi elemzés – **karakterisztikus csúcsok energiája**
- Mennyiségi elemzés – **csúcsterület**
- statisztikai módszerekkel
  - Legkisebb négyzetes illesztés
  - Statisztikai próbák

# Példa: Urán

## 1. lépés: dúsítás meghatározása





## 2. lépés: U-vonalak parciális hatáskeresztmetszete

Orig. nuclid	Parent nuclide	Type of meas.	Energy (keV)	Half-life	Peak count rate (cps)	Meas. sigma (barn)	Calc. sigma (barn)
$^{238}\text{U}$	$^{239}\text{U}$	PGAA	4060	0	0.98	<b>0.192(2)</b>	–
	$^{239}\text{Np}$	Decay	278	2.36 d	0.074	<b>0.382(6)</b>	0.383(6)
	$^{234}\text{Th}$	Nat	92	$4.468 \cdot 10^9$ y	0.045(11)		
$^{235}\text{U}$	$^{236}\text{U}$	PGAA	6395	0	0.011	<b>0.0038(2)</b>	
	$^{134}\text{Te}$	Chopped PGAA	297	0	1.60	<b>0.22(2)</b>	0.22(2)
	$^{134}\text{Te}$	Chopped PGAA	1279	0	0.49	<b>0.20(1)</b>	0.22(2)
	$^{140}\text{Ba}$	Decay	537	12.75 d	0.0122	<b>0.066(3)</b>	0.064(1)
	$^{235}\text{U}$	Nat	186	$7.037 \cdot 10^8$ y	0.073		

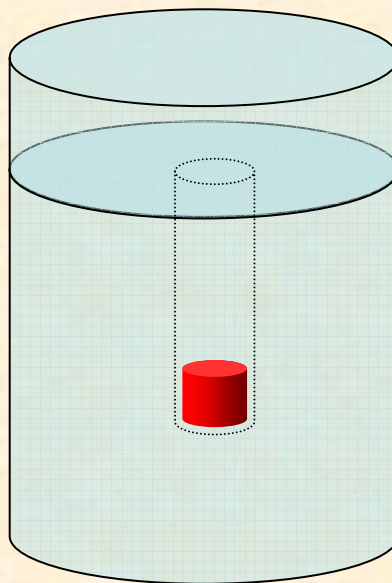
<1%

<5%

# Módszerfejlesztések

## Láthatatlan minta elemzése

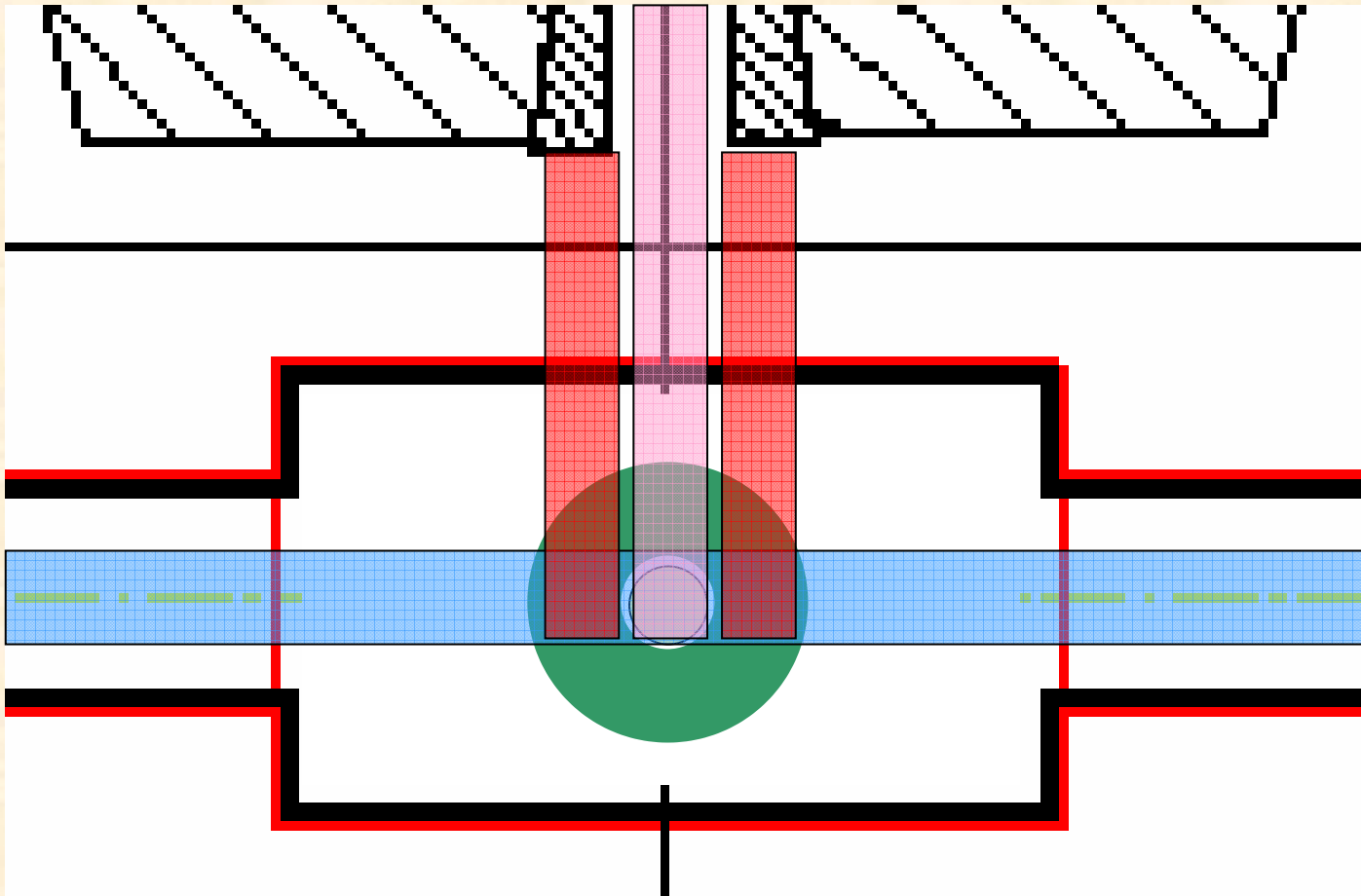
A) Vastag tokba  
helyezett  
hasadóanyag  
kimutatása és  
jellemzése



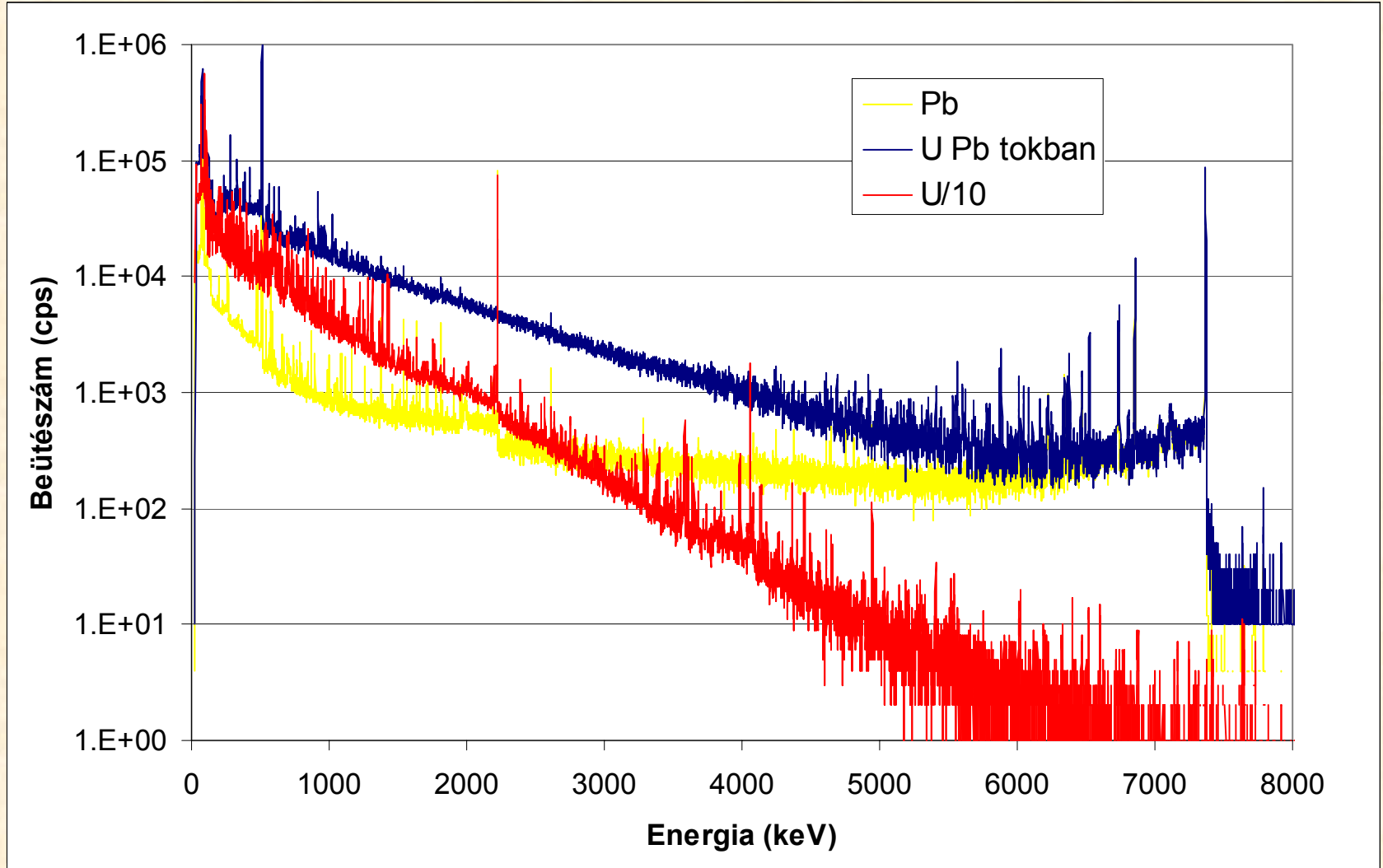
B) Kémiai reakció  
monitorozása vegyi  
reaktor belsejében



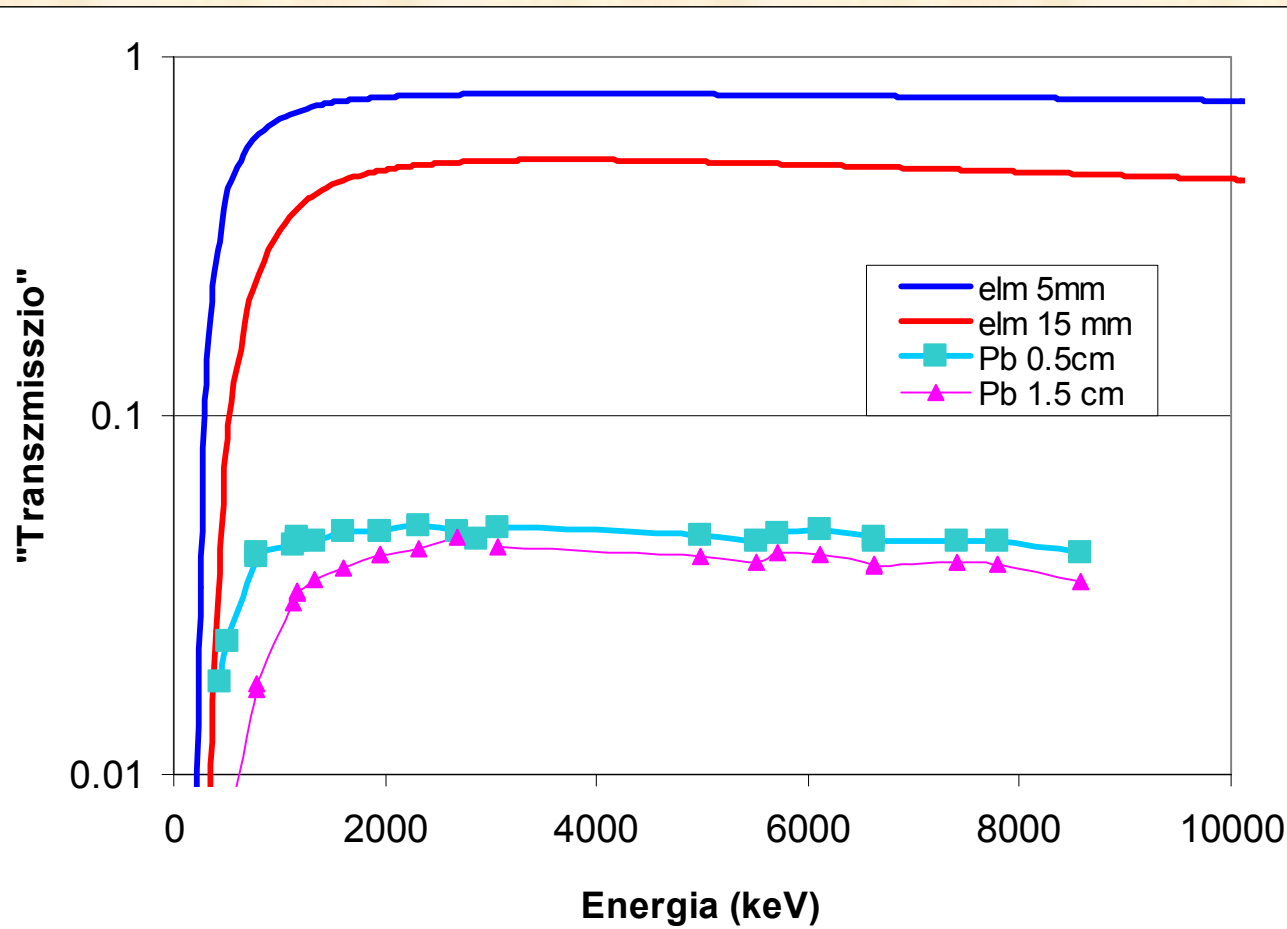
# A) Kis hatáskeresztmetszetű tok – nagy hatáskeresztmetszetű minta



# 3. lépés: U kimutatása Pb tokban

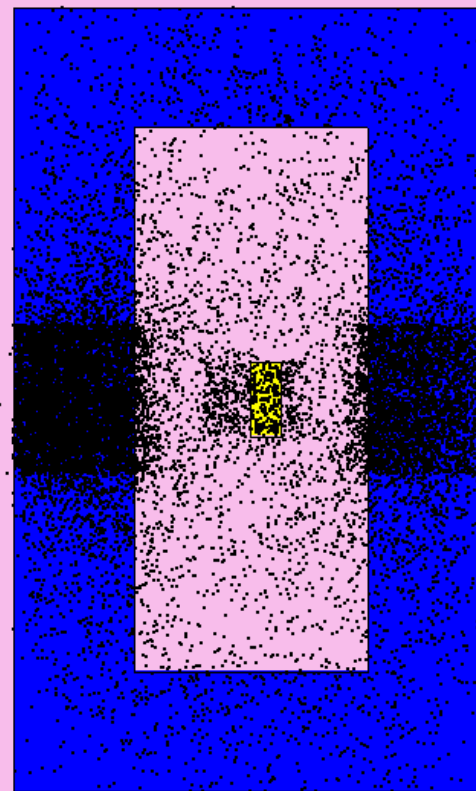
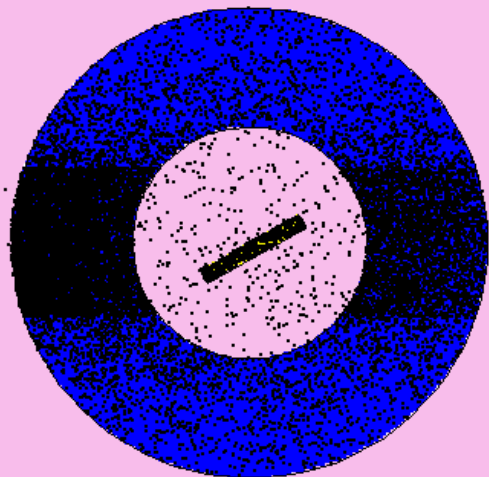


# Rel. csúcsintenzitások Pb tokban mérve



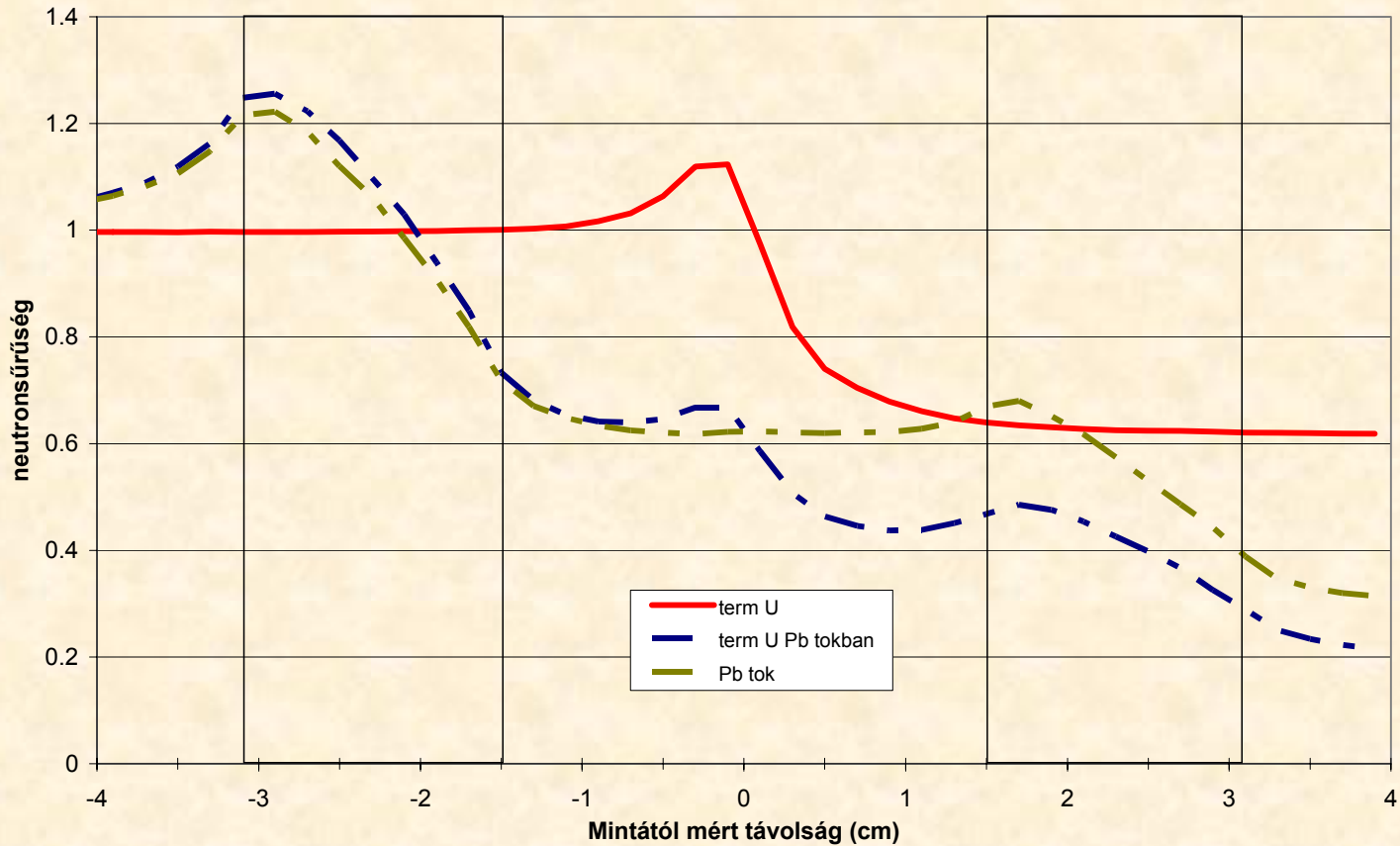
↑ Szórás  
pozicionálás  
↓ nehezíti a  
mennyiségi  
elemzést

# Mennyiségi elemzéshez ismerni kell az egyes kölcsönhatások mértékét – Monte Carlo szimuláció (KZ)



A neutronok kölcsönhatása természetes uranil-acetát mintával ólomtokban.  
(Eseményszám: 10 000)

# 4. lépés: Urán mennyiségi meghatározása



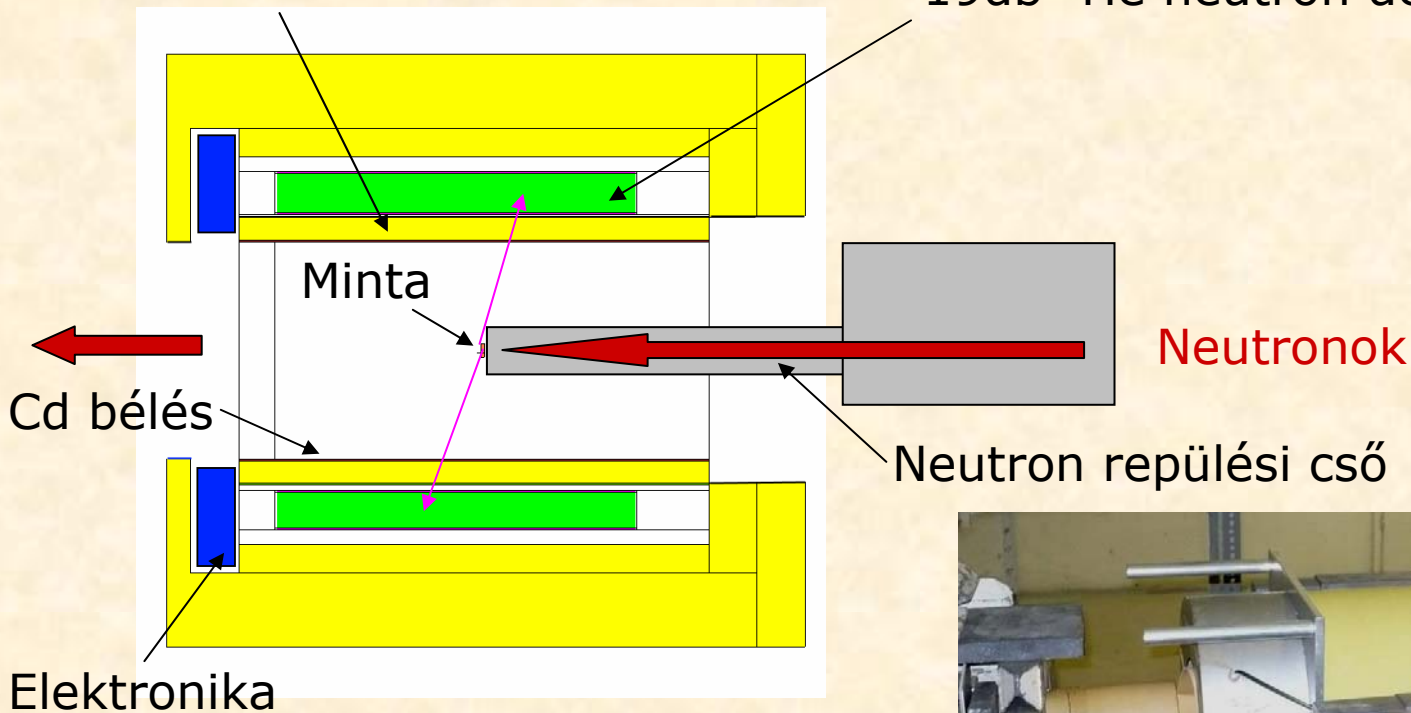
**Neutronsűrűség uranil-acetát ólom tokban, anélkül, illetve üres ólomtok esetén**

# 5. lépés: más módszerek bevonása

## Koincidencia-számlálás neutronnyalámban keltett hasadási neutronokon (SBO-val)

Polietilén moderátor

19db  $^3\text{He}$  neutron detektor cső

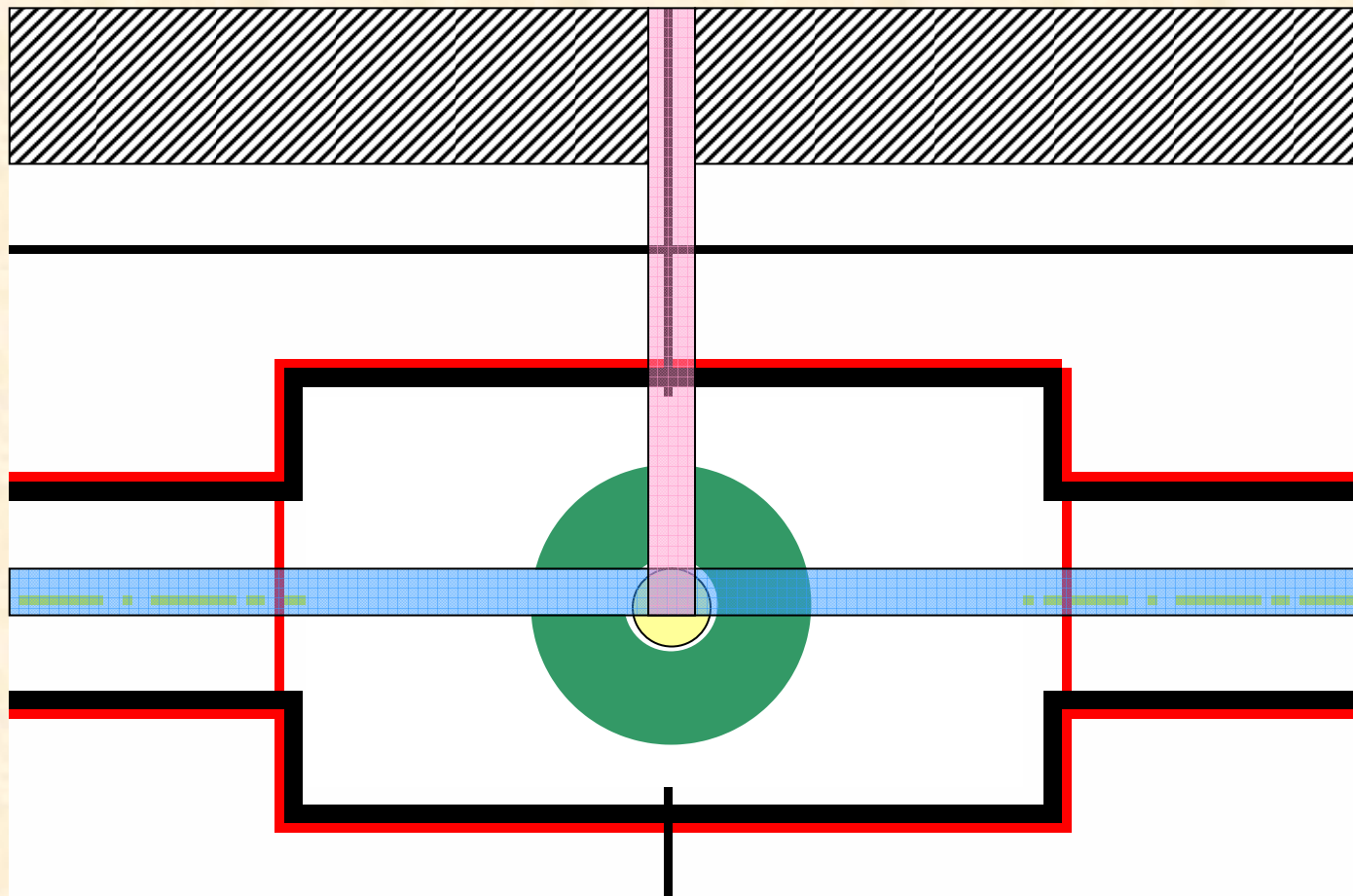


IKI Pulse train reader



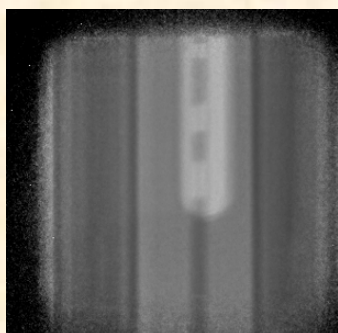
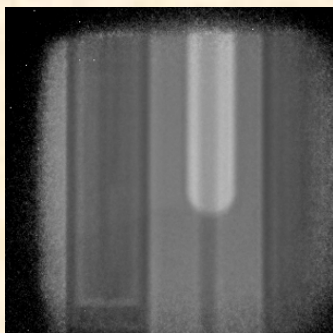


## B) Kémiai reakció monitorozása kollimált nyalábbb

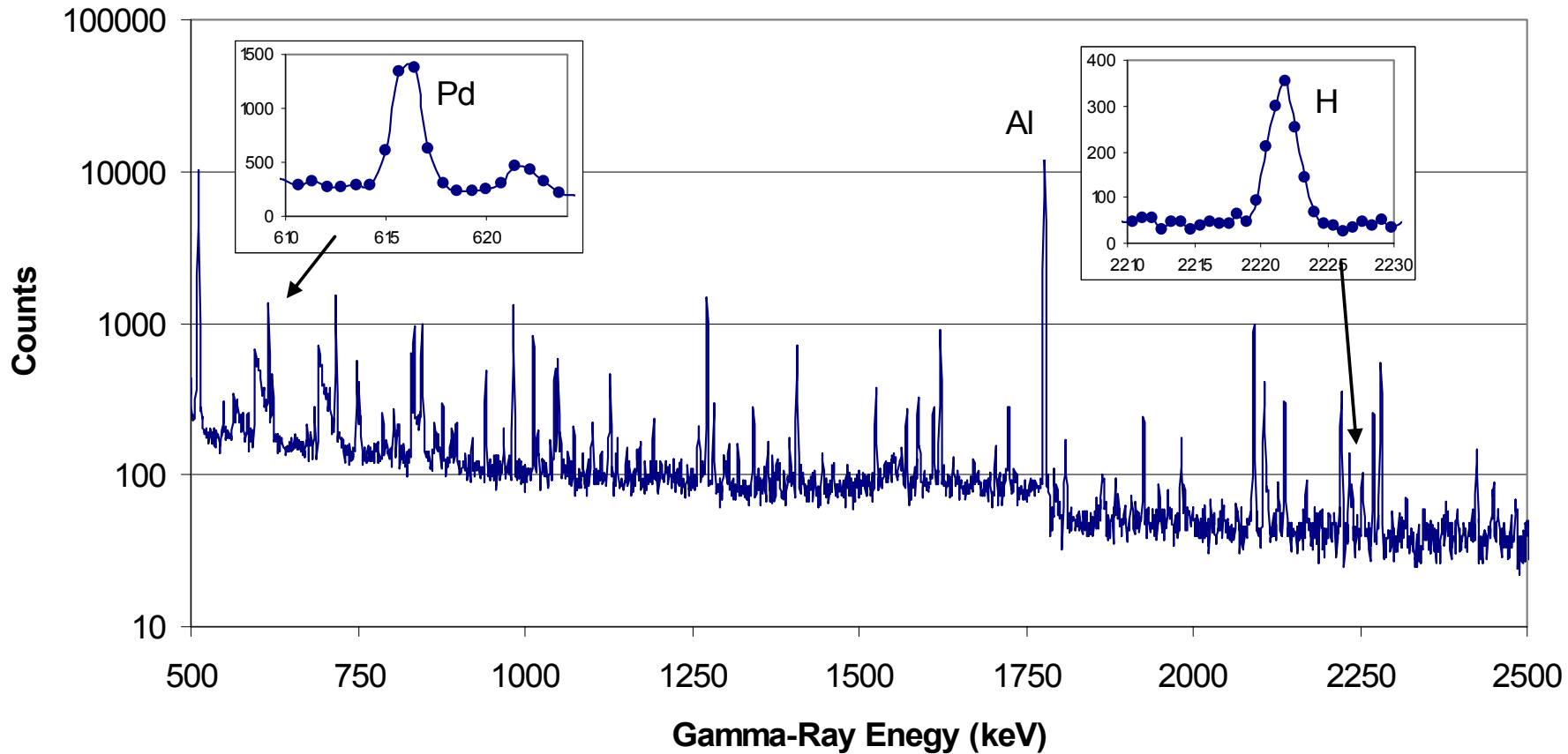


# Katalitikus reakció vizsgálata (FKO-val és a FHI-vel közösen)

- Kémiai reaktor
  - Katalitikus cella: Pd + H
- Neutrontomográfia
- PGAA



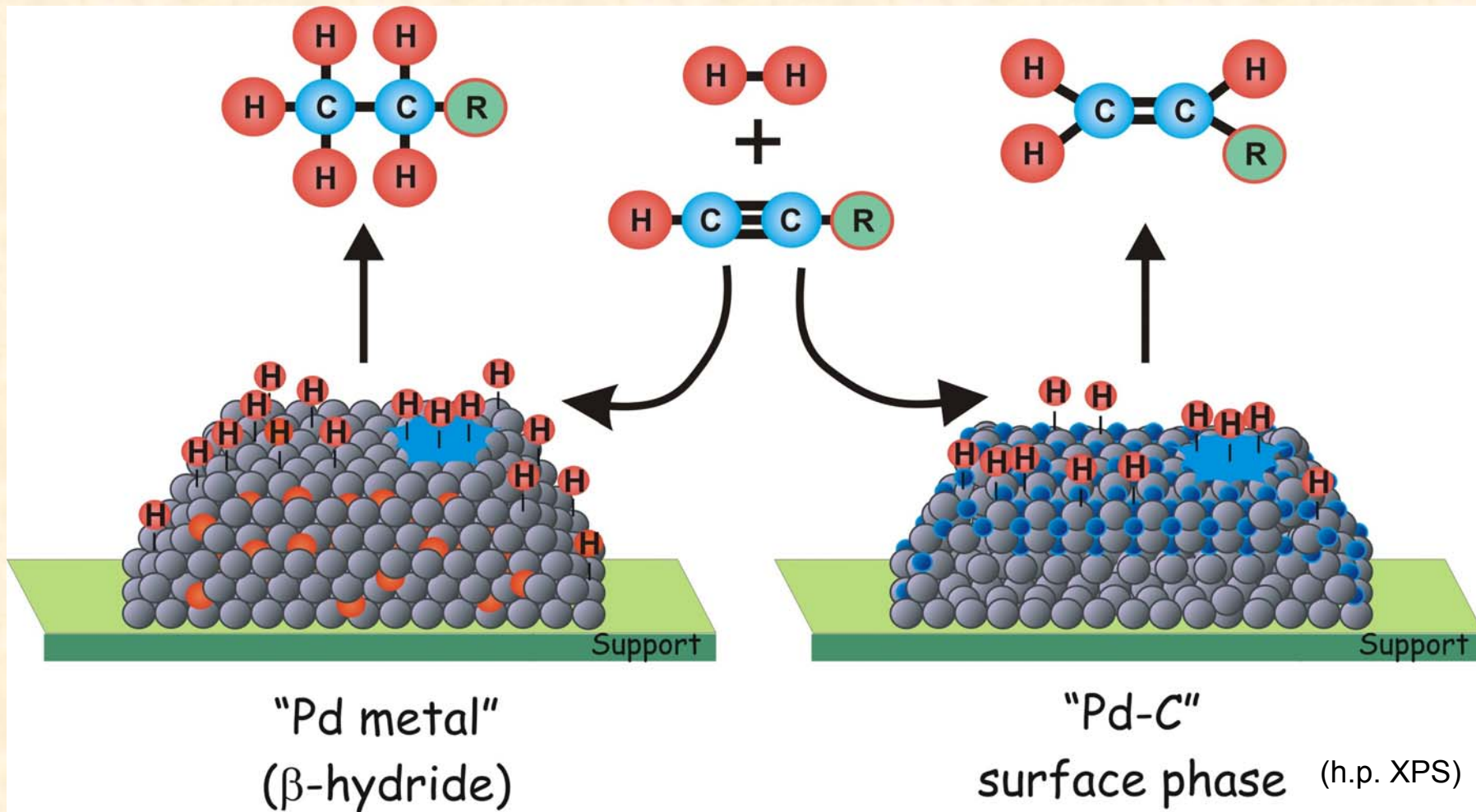
# Reaktor PGAA spektruma



# Eredmények

- H mennyiségének változása Pd katalizátoron
- A hidrogénezési reakció új modellje (+ in situ XPS, FHI)
- Mennyiségek
  - Pd 7 mg
  - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> cső 2 g
  - Al tok 0,8 kg
  - H kimutatási határ: 5 µg!!

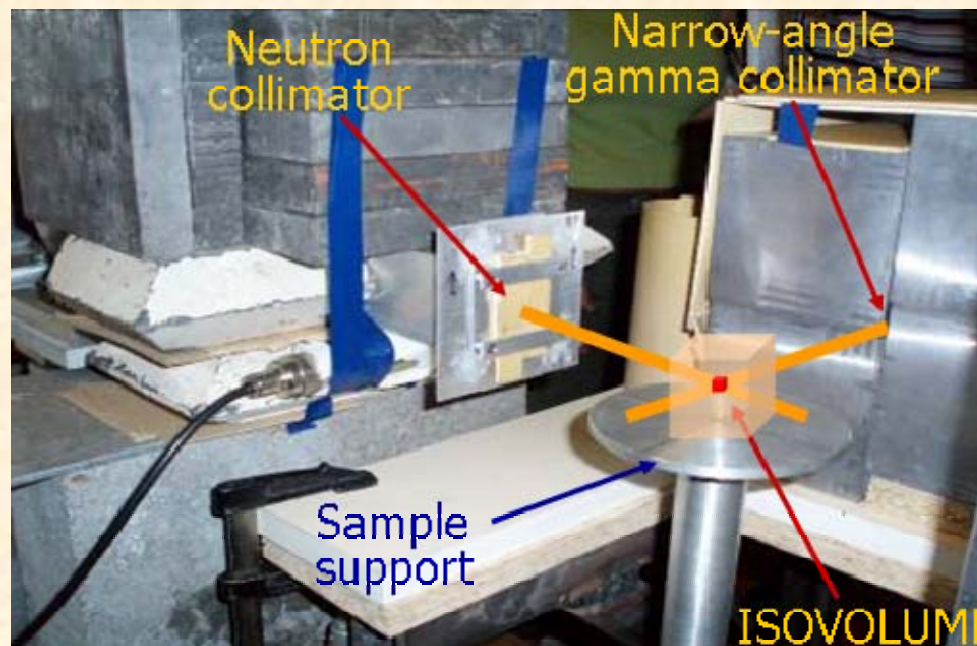
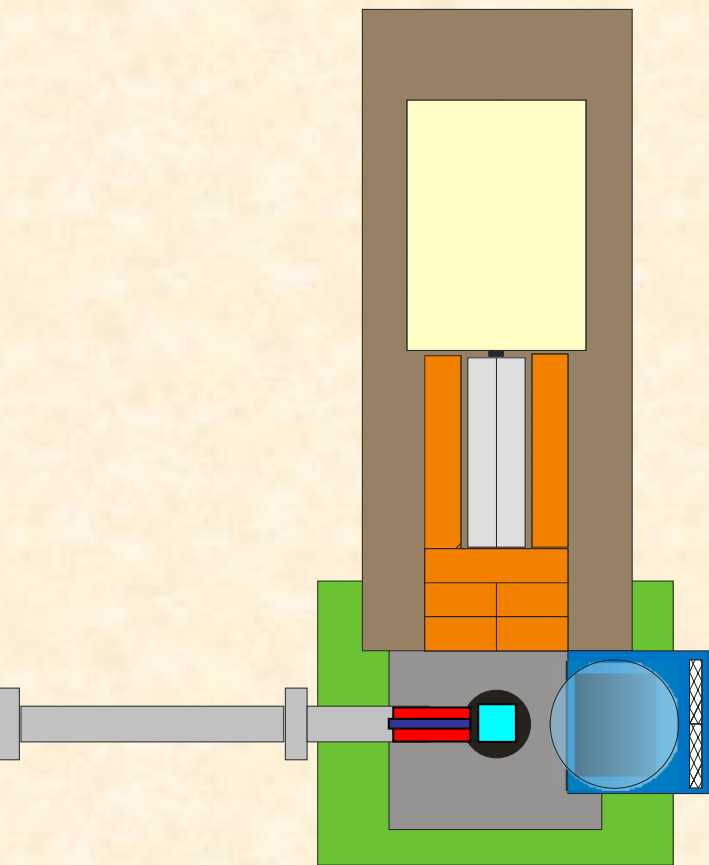
# 1-pentin hidrogénezése



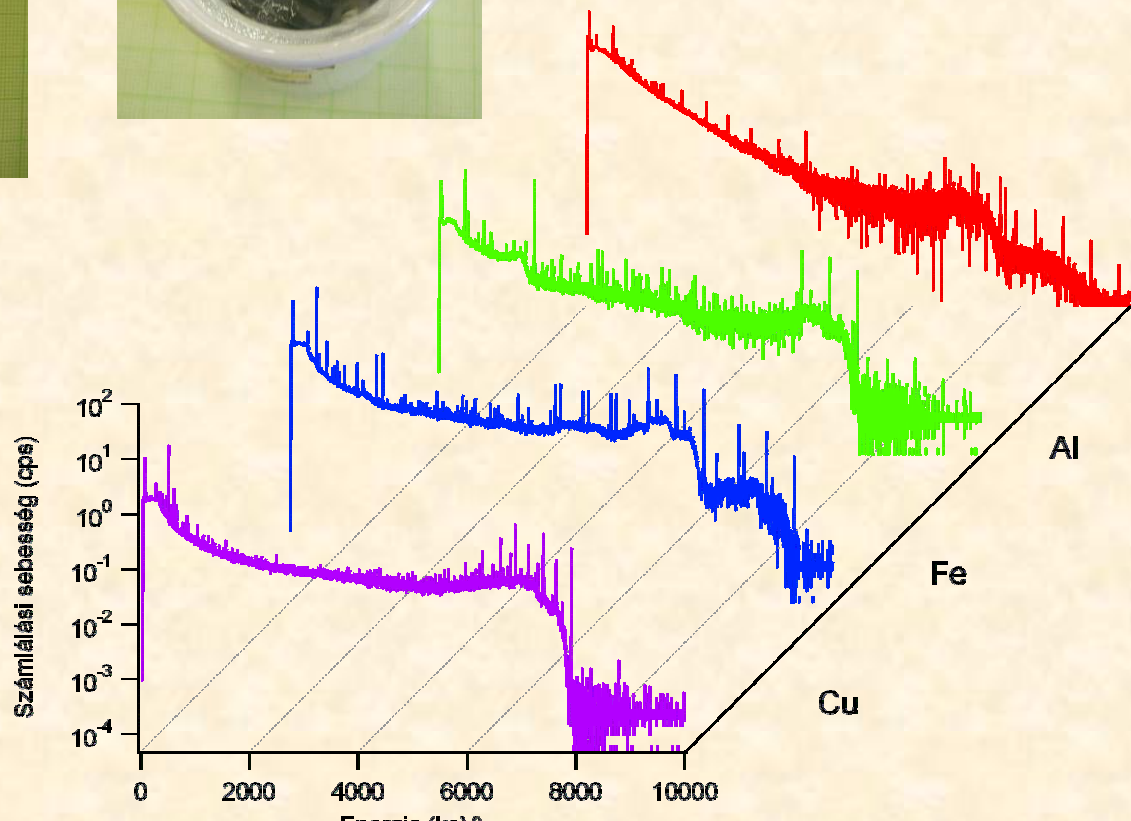
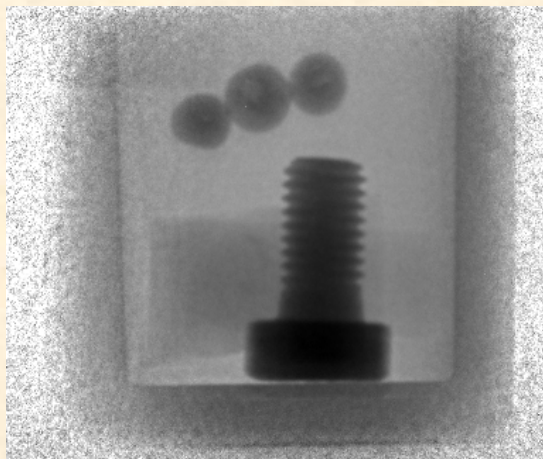
H a fém belsejébe hatol

H csak a felületen

# Múlt és jövő PGAA és neutronradiográfia kombinálása



# Belső részletek analízise



# NORMA – terv (NKTH...)

## *Neutron Optics and Radiation Measurement for Analysis*

1) Radiográfias kép  
felvétele teljes  
nyalámban

2) Kiválasztott  
részletek elemzése

- neutron és  
gamma-sugárzás  
kollimálása

