RADIOANALITIKA AZ ATOMREAKTOROK LESZERELÉSÉNEK ELLENŐRZÉSÉBEN

Vajda Nóra

RADANAL Kft., Budapest

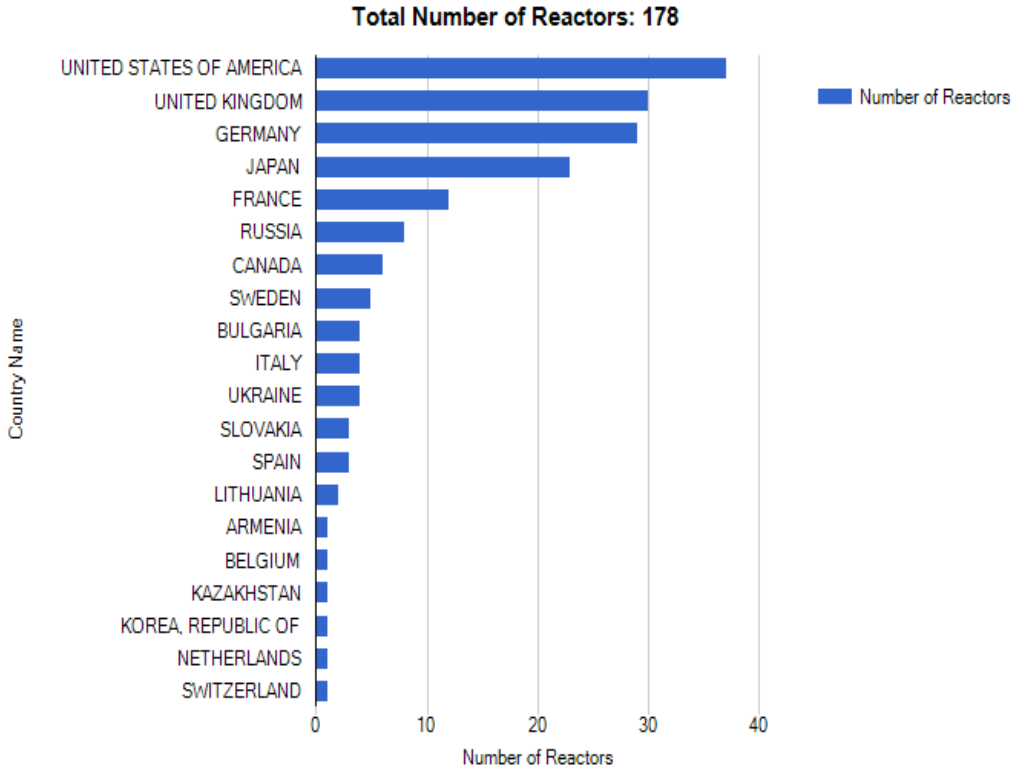
XLVI. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam

Zalakaros, 2021. szept. 14-16.

Tartalom

- Leszerelés (D)
- Radiológiai jellemzés (RCh)
- Radioaktív izotópok
- Hazai radioanalitikai módszerkészlet

Leszerelés a világban



Véglegesen leállított reaktorok: 178
28 %
Üzemelő reaktorok: 449
72 %

Leszerelt reaktorok:
kutató: USA-2, UK-2, Dánia-2
Svéd-1
erőműi: USA-2, Német-(7)

Forrás: IAEA/Power Reactor Information System(2019))

Leszerelési helyzet Magyarországon

	Tervezett reaktor leállítás	Leszerelési terv
Paksi atomreaktorok:	**2032-től**	**2003., 2014.**
Budapesti kutatóreaktor:	**2023.**	**2005.**
Budapesti oktatóreaktor:	**2027.**	**2014.**

Forrás: RHK honlap 2019., KNPA honlap 2019.

Leszerelési terv

Létesítési engedély	**LÉTESÍTÉS**	Előzetes leszerelési terv		
Üzemeltetés engedély	**ÜZEMELTETÉS**		Felülvizsgált leszerelési terv	leszerelés megalapozása események, eseménytörténet üzemelés alatti RCh
	végleges leállás			
	ÁTMENET	Végső leszerelési terv elfogadása	Végleges leszerelési terv	környezeti hatások biztonsági elemzés egyéb megalapozó dokumentumok
Leszerelési engedély	**LESZERELÉS**		Felülvizsgált leszerelési terv	környezeti hatások biztonsági elemzés egyéb megalapozó dokumentumok
			Végső leszerélési jelentés	
	terület felszabadítás			

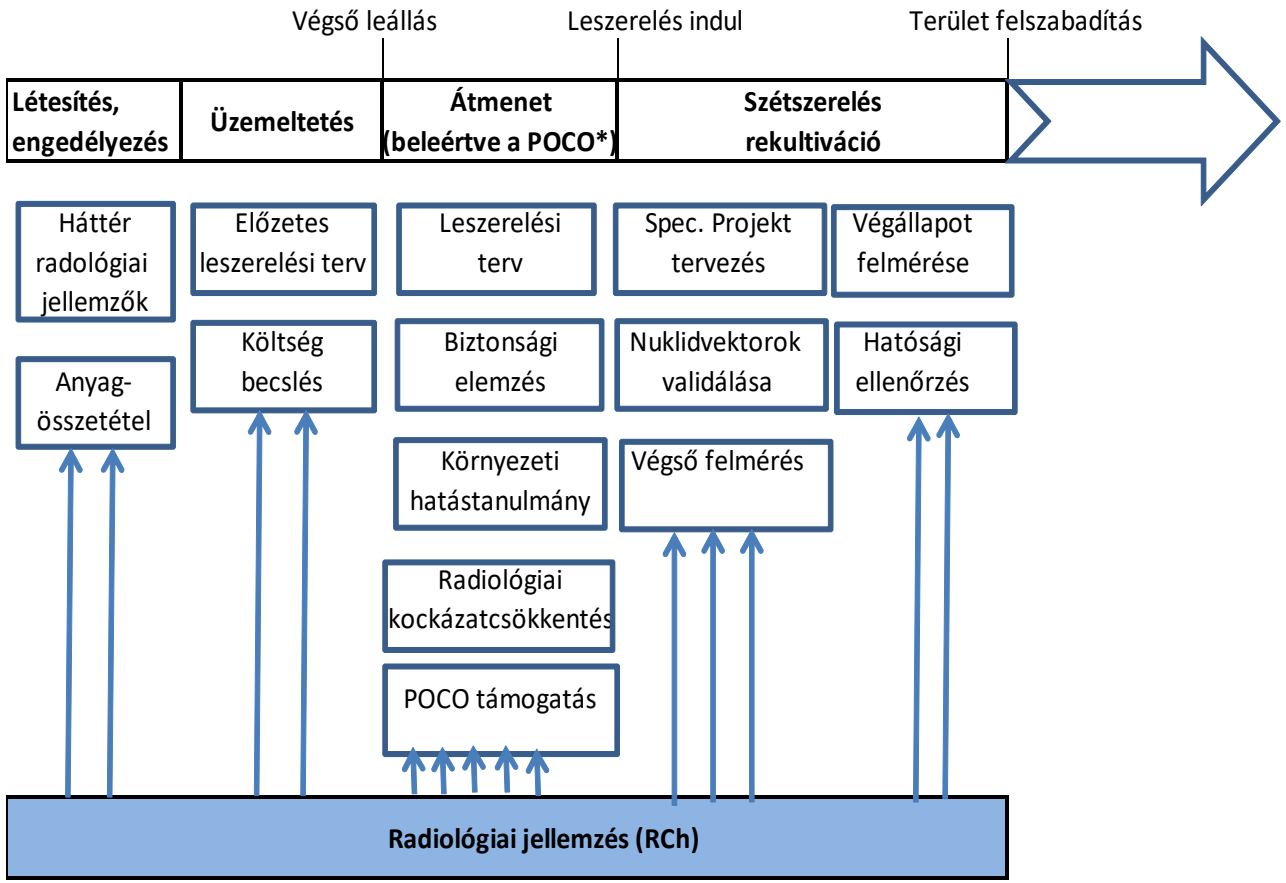
A leszerelési stratégiát fogalmazza meg.

A létesítmény tervezésekor kell elkezdeni tervezni. 5 évente célszerű felülvizsgálni.

Fő kérdés:
azonnali vagy késleltetett*

* Hazai helyzet: Paksi reaktorok – nincs döntés
Budapesti kutatóreaktor – nincs döntés

Radiológiai jellemzés (RCh)



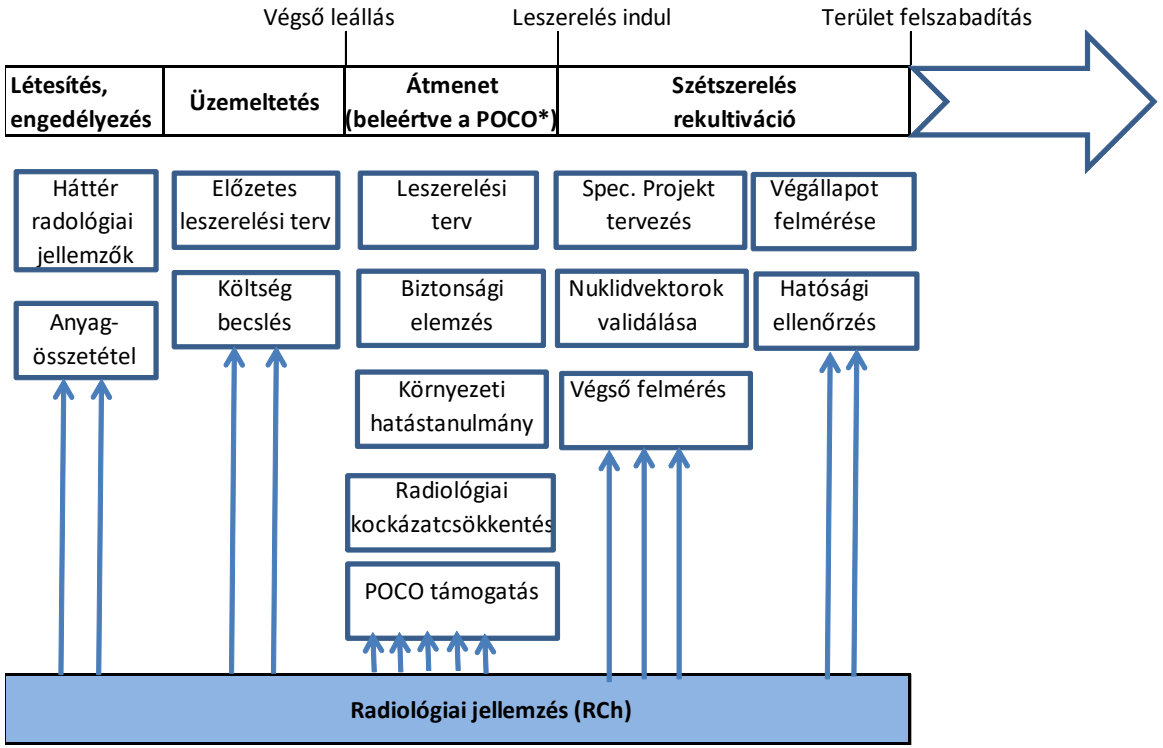
*POCO=post operational clean-out= üzemelés utáni tisztítás beleértve az üzemelési hulladék eltávolítását

A leszerelési terv része.

RCh a reaktor életének minden fázisában szükség van.

Célja változó

Radiológiai jellemzés (RCh)



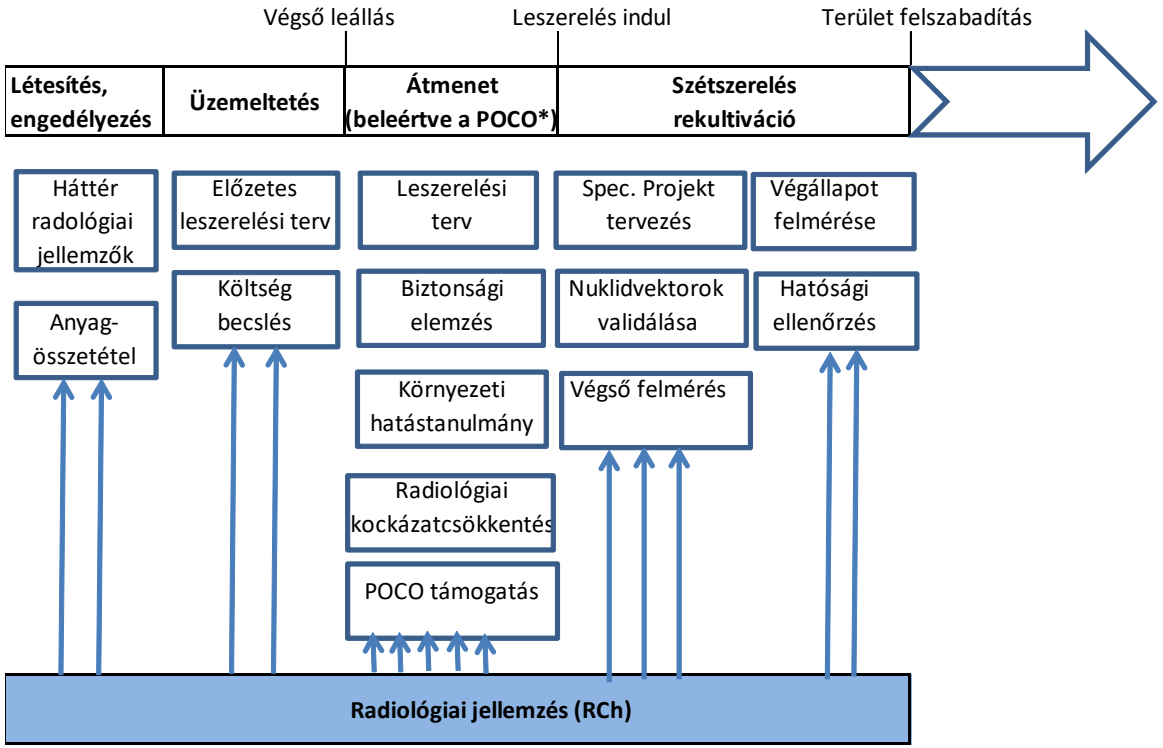
*POCO=post operational clean-out= üzemelés utáni tisztítás beleértve az üzemelési hulladék eltávolítását

A leszerelési terv része.
Minden fázisban kell.

Célja:
-anyagösszetétel meghatározása

Co acélban, Ln betonban

Radiológiai jellemzés (RCh)

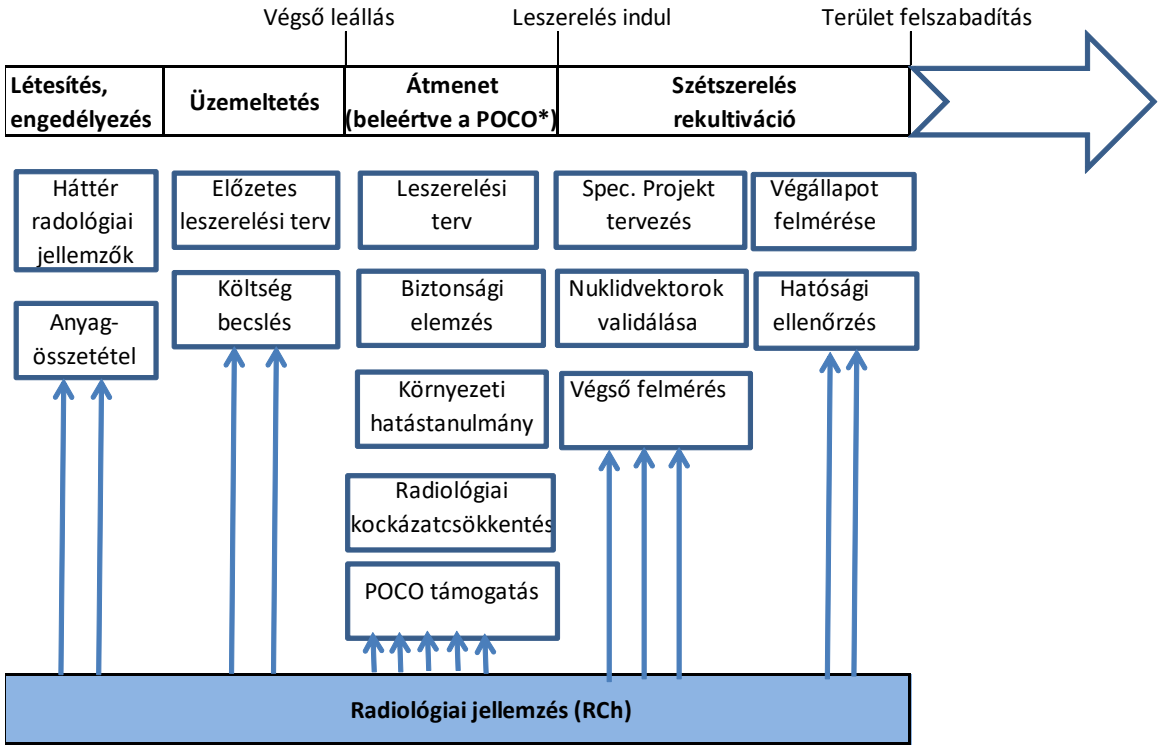


*POCO=post operational clean-out= üzemelés utáni tisztítás beleértve az üzemelési hulladék eltávolítását

A leszerelési terv része.
Minden fázisban kell.
Célja:
-kontamináció meghatározása
-dekontamináció ellenőrzése
-adat a dózisszámításhoz
biztonsági elemzéshez
hulladékok osztály
leszerelési költségbecs

Történeti info

Radiológiai jellemzés (RCh)

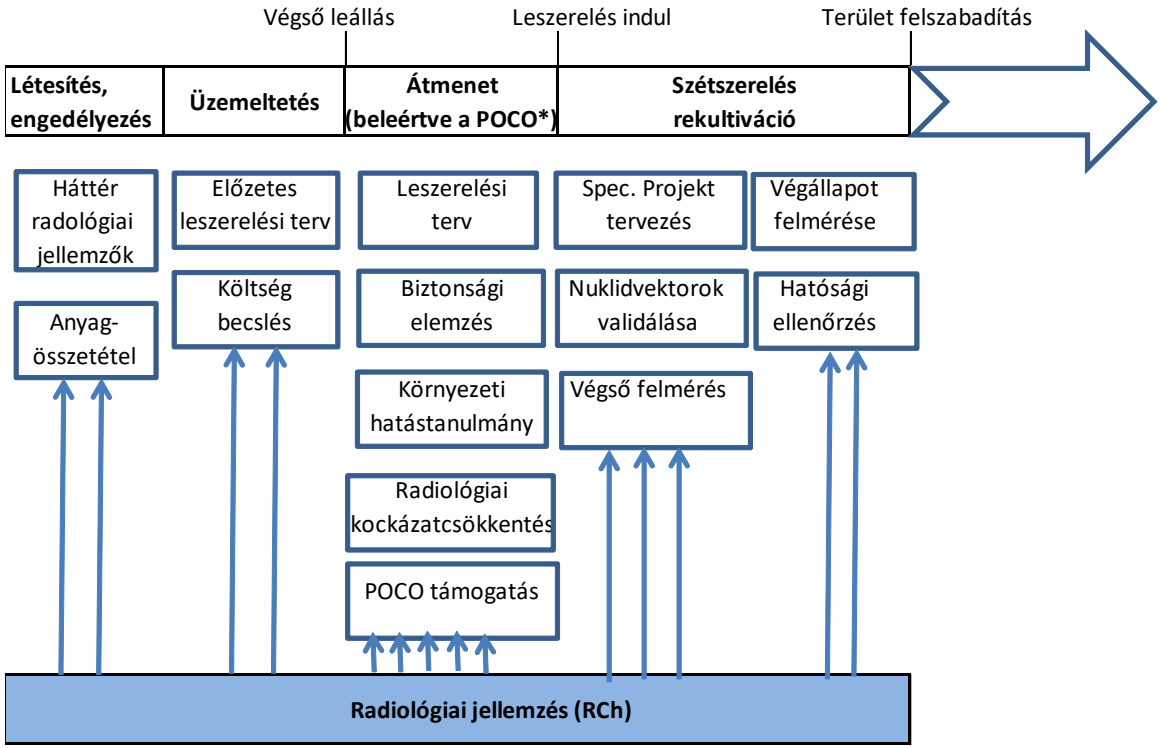


*POCO=post operational clean-out= üzemelés utáni tisztítás beleértve az üzemelési hulladék eltávolítását

A leszerelési terv része.
Minden fázisban kell.
Célja:
-kontaminációmeghatározása
-dekontaminációellenőrzése
-adat a dózisszámításhoz
biztonsági elemzéshez
hulladékok osztály
leszerelési költségbecs

Teljes RCh

Radiológiai jellemzés (RCh)



*POCO=post operational clean-out= üzemelés utáni tisztítás beleértve az üzemelési hulladék eltávolítását

A leszerelési terv része.
Minden üzemállapotban kell.

Célja:
-állapotfelmérés

Végállapot RCh

Radiológiai jellemzés (RCh) főbb módszerei

Történeti információk felhasználása

Közvetett RCh módszerek:

- aktiválási termékek számolása, verifikálás kísérlettel
- scaling factor (SF) alkalmazása, kísérleti adatok felhasználásával

Mérési módszerek (közvetlen RCh):

- roncsolásmentes – roncsolásos
- in situ – ex situ

Radiológiai jellemzés (RCh) roncsolásmentes módszerei

γ-mérési módszerek:

- **dózisteljesítmény**
- **γ-számlálás**
- **γ-spektrometria**
- **γ-tomográfia**
- **γ-kamera**

n-mérési módszerek

- **passzív n-számlálás**
- **passzív neutron koincidencia számláló (PNCC) –**
  - **spontán hasadó izotópokra (Cf, Cm)**
- **aktív neutron koincidencia számláló (ANCC) –**
  - **hasadó izotópokra (^{235}U, ^{239}Pu) (véletlen n mellett)**

α,β-mérési módszerek

- **gross α,β-számlálás**
- **α-kamera (α → nitrogén gerjesztése → uv detektálás)**

Radiológiai jellemzés (RCh) roncsolásos módszerei

Sugárzás típusa	Radioizotóp	Radiokémiai elválasztás	Méréstechnika
α-sugárzás	Po-210, Ra-224, Ra-226, Th-230, Th-232, U-234, U-236, U-238, Np-237, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-242, Cm-244, Cf-252	Savas feltárás/ oxidálás/szelektív kioldás majd: lecsapás, kromatográfia	Gross α-mérés α-spektrometria
β -sugárzás	Ca-41, Ca-45, Fe-55, Ni-63, Sr-89, Sr-90, Tc-99, I-129, Pm-147, Pu-241	Savas feltárás/ oxidálás majd: lecsapás, kromatográfia	Gross β-mérés Folyadékszcintillációs számlálás
	H-3, C-14	Desztillálás, szelektív kioldás, roncsolás és gáz csapdázás	Gross β-mérés Folyadékszcintillációs számlálás
γ-sugárzás	Co-60, Ru-106, Cs-134, Cs-137, Eu-152, Eu-154, Eu-155, Am-241	Szárítás, őrlés, bepárlás	Kis és nagy-felbontású γ-spektrometria
Nem radiometriás	C-14, Tc-99, I-129, Np-237, urán, tórium, plutónium izotópok	Savas feltárás/oxidálás/ szelektív kioldás, majd kromatográfia	Fluorimetria Tömegspektrometria (ICP-MS, TIMS, SIMS, AMS)

Radiológiai jellemzés (RCh)

**A radiológiai jellemzésre alkalmas
eszközöknek a beszerzésére, kifejlesztésére,
a módszerek kidolgozására, megtanulására, alkalmazására,
megfelelő kapacitás kialakítására
időben fel kell készülni!**

Radioaktív izotópok

Leszerelés szempontjából releváns hosszú felezési idejű radioizotópok:

- **Aktivált anyagok (aktiválási termékek): neutronok által aktivált anyagok**
  acélok, cirkónium ötvözetek, biológiai védelem anyagai

- **Kontaminált anyagok**
  besugárzott fűtőelemből kikerülő hasadási termékek, aktinidák
  primerköri szerkezeti anyagok aktivált korróziós termékei

Radioaktív izotópok: Főbb aktiválási termékek

γ-sugárzó izotópok:
^{54}Mn, ^{60}Co, ^{65}Zn, , ^{110m}Ag
^{133}Ba, ^{134}Cs, ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{155}Eu, ^{166m}Ho

Nehezen mérhető izotópok:
^{3}H, ^{14}C, ^{22}Na, ^{36}Cl, ^{39}Ar, ^{41}Ca, ^{55}Fe, ^{59}Ni, ^{63}Ni, ^{93}Zr, ^{93}Mo, ^{93m}Nb, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{125}Sb

A legfontosabbak
- **a reaktoranyagokban (acélban):**
  ^{55}Fe, ^{60}Co, ^{59}Ni, ^{63}Ni, ^{39}Ar, ^{94}Nb
- **a vasbetonokban:**
  ^{3}H, ^{14}C, ^{41}Ca, ^{55}Fe, ^{60}Co, ^{152}Eu, ^{154}Eu
- **a grafitokban:**
  ^{3}H, ^{14}C, ^{152}Eu, ^{154}Eu

Target	Reakció	Izotóp	Bomlás	$T_{1/2}$, év	gyak. %
Li-6	n,α	H-3	β⁻	12.3	7.5
C-13	n,γ	C-14	β⁻	5 730	1.1
N-14	n,p	C-14	β⁻	5 730	99.6
Na-23	n,2n	Na-22	β⁺, EC	2.6	100
Na-23	γ,n	Na-22	β⁺, EC	2.6	100
Cl-35	n,γ	Cl-36	β⁻ (β⁺, EC)	301 000	75.8
K-39	n,p	Ar-39	β⁻	269	93.3
Ca-40	n,γ	Ca-41	EC	103 000	96.9
Fe-54	n,p	Mn-54	EC, γ	0.86	5.9
Mn-55	n,2n	Mn-54	EC, γ	0.86	100
Fe-54	n,γ	Fe-55	EC, X	2.7	5.9
Ni-58	n,γ	Ni-59	EC, X	76 000	68.3
Ni-62	n,γ	Ni-63	β⁻	100	3.6
Co-59	n,γ	Co-60	β⁻, γ	5.3	100
Zn-64	n,γ	Zn-65	EC, β⁺	0.67	48.6
Zr-92	n,γ	Zr-93	β⁻	1 500 000	17.1
Mo-92	n,γ	Mo-93	EC, X	3 500	14.8
Nb-93	n,γ	Nb-93m	IT, X	15.8	100
Nb-93	n,γ	Nb-94	β⁻, γ	20 000	100
Mo-94	n,p	Nb-94	β⁻, γ	20 000	9.3
Mo-98	n,γ	Tc-99	β⁻	213 000	24.1
Ag-107	n,γ	Ag-108m	EC, γ	130	51.8
Ag-109	n,γ	Ag-110m	β⁻, γ	0.68	48.2
Sn-124	n,γ	Sb-125	β⁻, γ	2.76	5.8
Ba-132	n,γ	Ba-133	EC, X, γ	10.5	0.1
Eu-151	n,γ	Eu-152	EC, X, β⁻, γ	13.5	47.8
Eu-153	n,γ	Eu-154	β⁻, γ, X	8.6	52.2
Eu-154	n,γ	Eu-155	β⁻, γ, X	4.76	0
Ho-165	n,γ	Ho-166m	β⁻, γ, X	1 200	100

Radioaktív izotópok:
Főbb aktiválási termékek

A 870 MW(th) teljesítményű TRINO reaktor (Olaszország) aktivitás-leltára 23 éves üzemidő és 7 éves hűtési idő után

Radioizotóp	Aktivitás, Bq
Fe-55	3,01E+15
Co-60	1,89E+15
Ni-63	7,26E+14
Mn-54	2,81E+13
Ni-59	5,97E+12
H-3	3,73E+12
Cs-134	4,63E+12
Ar-39	8,55E+12
Ag-108m	4,20E+11
Összesen	5,7E+15

- **Az összaktivitás fő komponensei** az acélok viszonylag hosszabb felezési idejű aktivált korróziós termékei: **^{55}Fe, ^{60}Co, ^{63}Ni**
- Kezdetben a ^{55}Fe aktivitása, pár év után a ^{60}Co, 25 év után a ^{63}Ni aktivitása dominál.
- **Az összaktivitás** az erőművi reaktorokban (300-2000 MWth teljesítmény, 20-30 éves üzemidő, 5-6 éves hűtési idő után) hasonló nagyságrendű, **10^{15}-10^{16} Bq**.
- Nincs szignifikáns különbség az egyes reaktortípusok között.
- Az aktivitás a **fűtőelemek tartószerkezetén** koncentrálódik.

Radioaktív izotópok:
Főbb kontaminációs izotópok I – Hasadási és aktiválási termékek

Izotóp	Keletkezés	Bomlási mód/emittált sugárás	Felezési idő
^{90}Sr	Hasadás	β^-	28,7 év
^{90}Y	hasadás ^{90}Sr bomlása	β^-	64 h
^{99}Tc	hasadás, ^{98}Mo aktiválása	β^-	211000 év
^{106}Ru	Hasadás	β^-	374 nap
^{106}Rh	^{106}Ru bomlása	β^-, γ (512 keV)	30 s
^{137}Cs	Hasadás	β^-, γ (662 keV - ^{137m}Ba leányelem)	30 év
^{144}Ce	Hasadás	β^-, γ (133 keV)	285. p
^{129}I	Hasadás	β^-, γ (40keV)	15700000 év

Főbb hasadási termékek γ-sugárzó izotópok:
^{137}Cs, ^{144}Ce, ^{106}Ru

Nehezen mérhető izotópok:
^{90}Sr, ^{99}Tc, ^{129}I

+ Főbb aktiválási termékek (primer köri korrózióból) : ^{55}Fe, ^{60}Co, ^{63}Ni

Radioaktív izotópok:
Főbb kontaminációs izotópok II – Aktinidák

Az aktinidák mind nehezen mérhető izotópok!

Izotóp	Keletkezési mód	Bomlási mód	Felezési idő
^{238}Pu	^{242}Cm α bomlás, ^{238}Np β bomlás	α	88 év
^{239}Pu	^{238}U(n,γ), majd ^{239}Np β bomlás	α, hasadó	24110 év
^{240}Pu	^{239}Pu(n,γ)	α	6570 év
^{241}Pu	^{240}Pu(n,γ)	β^-	14 év
^{241}Am	^{241}Pu β bomlás	α, γ (59 keV)	432 év
^{244}Cm	többszörös n befogás	α	18,1 év
^{242}Cm	^{242}Am β bomlás	α	163 nap
^{237}Np	^{238}U(n,2n) vagy ^{235}U(n,γ), majd β	α	$2{,}14\times10^{6}$ év
^{233}U	^{232}Th(n, γ), majd β bomlás	α, hasadó	$1{,}6\times10^{5}$ év
^{234}U	természetes, 0,005%	α	$2{,}5\times10^{5}$ év
^{235}U	természetes, 0,7%	α, hasadó	7×10^{8} év
^{236}U	^{235}U(n,γ)	α	$2{,}3\times10^{7}$ év
^{238}U	természetes, 99,27%	α	$4{,}5\times10^{9}$ év

Radioaktív izotópok:
Főbb kontaminációs izotópok

Egy nyomottvizes reaktor primer köri komponensein lerakódott radioaktív anyag aktivitásának becslése

Komponens	Aktivitás, Bq
Reaktortartály tartozékaival	4,8E+12
Gőzfejlesztők	1,6E+14
Térfogatkompenzátor (pressurizer)	1,5E+11
Csővezetékek (kivéve a reaktor hűtőköreit)	2,2E+12
Reaktor hűtőköreinek csővezetékei	6,0E+12
Összesen	1,8E+14

Az összaktivitás fő komponensei
10-20 évvel a leállás után:
^{3}H, ^{60}Co, ^{55}Fe, ^{137}Cs,
20-30 év múltán:
^{63}Ni, ^{137}Cs, ^{60}Co és ^{90}Sr
100-200 év után: aktinidák

- **Az összaktivitás** az erőművi reaktorokban tipikusan 2-3 nagyságrenddel kisebb, mint az aktiválási termékeké:
  10^{12}-10^{13} Bq.
- Nincs szignifikáns különbség az egyes reaktortípusok között.
- Az aktivitás a **gőzfejlesztőn** koncentrálódik.

Radioaktív izotópok

Leszereléskor nem csak azokkal a radioizotópokkal kell számolni, melyek a normál üzemeltetésnél előfordulnak.

Hazai radioanalitikai módszerkészlet

Kérdőíves felmérés:

célja a RCh-ban potenciálisan résztvevő laboratóriumok feltérképezése

fókuszban: a DTM izotópok

γ-számlálás, γ-spektrometria

grossz alfa/béta mérés

DTM izotópok a kérdőívben:

Aktiválási termékek:

^{3}H, ^{14}C, ^{22}Na, ^{36}Cl, ^{39}Ar, ^{41}Ca, ^{54}Mn, ^{55}Fe, ^{59}Ni, ^{63}Ni, ^{60}Co, ^{65}Zn, ^{93}Zr, ^{93}Mo, ^{93m}Nb, ^{94}Nb, ^{99}Tc, ^{108m}Ag, ^{110m}Ag, ^{125}Sb, ^{133}Ba, (^{134}Cs,) ^{152}Eu, ^{154}Eu, ^{155}Eu, ^{166m}Ho

Kontaminációs eredetű izotópok:

Hasadási termékek: ^{90}Sr, ^{99}Tc, ^{106}Ru, ^{129}I, ^{137}Cs,^{144}Ce

Aktinidák: ^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Pu, ^{241}Am, ^{237}Np, ^{244}Cm, ^{242}Cm, ^{233}U, ^{234}U, ^{235}U, ^{236}U, ^{238}U

Akkreditált státusz?

39 nukleáris analitikával foglalkozó laboratóriumról van tudomásunk, 21 kérdőívet kaptunk vissza:

nukleáris létesítményekben

hatósági intézményekben

egyetemeken,kutatóintézetekben

vállalkozói szférában

A felmérésbe bevont 39 laboratórium

Labor sorszáma	Intézmény neve	Laboratórium (L) neve
Nukleáris létesítmények (nem egyetemi vagy kutatóintézeti)		
1	MVM Paksi Atomerőmű	Környezetellenőrző L
2	MVM Paksi Atomerőmű	Kibocsátásellenőrző L
3	MVM Paksi Atomerőmű	Vegyészeti Osztály
4	Radioaktív Hulladékkezelő Kft.	KKÁT
5	Radioaktív Hulladékkezelő Kft.	NRHT (Bátaapáti)
6	Radioaktív Hulladékkezelő Kft.	RHFT (Püspökszilágy
	A kutatóreaktort és az oktatóreaktort lásd a kutatóintézeteknél ill. az egyetemeknél!	
Hatóságok, központi intézmények		
	Országos Atomenergia Hivatal	
7	Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) Sugárbiológiai és Sug	Sugáregészségügyi Vizsgáló L
	ERMAH hálózat (egészségügyi ágazat)	
	Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály decentrum régiói	
8	Hajdu-Bihar megyei	Debreceni L
9	Tolna megyei	Szekszárdi L
10	Győr-Moson-Sopron megyei	Győri L
(11)	Budapest fővárosi	Budapesti L
(12)	Borsod-Abaúj-Zemplén megyei	Miskolci L
(13)	Csongrád megyei	Szegedi L
	NÉBIH hálózat (földművelésügyi ágazat)	
	Nemzeti Élelmiszer-lánc Biztonsági Hatóság	
14	Radioanalitikai Referencia L	Budapesti L
15	Radioanalitikai Referencia L	Szombathelyi L
16	Radioanalitikai Referencia L	Szekszárdi L
17	Regionális Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum	Kaposvári L
18	Regionális Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum	Miskolci L
19	Regionális Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum	Kecskeméti L
20	Regionális Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum	Veszprémi L
21	Regionális Élelmiszerlánc-biztonsági Centrum	Debreceni L
22	Baranya Megyei Kormányhivatal Népjóléti Főosztály	Radiológiai L
23	Budapest Főváros Kormányhivatal	
	Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály	Sugárfizikai és Kémiai Mérések

Labor sorszáma	Intézmény neve	Laboratórium (L) neve
Egyetemek		
24	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem	Nukleáris Technikai Intézet
	Oktatóreaktor	Radiokémiai L
25	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem	KKFT Izotóp L
26	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem	Nukleáris Spektroszkópiai L
27	Debreceni Egyetem, TTK, Fizikai Kémia Tanszék	Izotóplaboratórium
28	Eötvös Loránd Tudományegyetem	Kémia Intézet
29	Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizika Tanszék	Radiometriai L
30	Pannon Egyetem, Radiokémiaiés Radioökológiai Intézet	
Kutatóintézetek		
31	Energiatudományi Kutatóközpont, Budapesti Kutatóreaktor	Nukl. Analitikai és Radiográfiai L
32	Energiatudományi Kutatóközpont	Környezetvédelmi Szolgálat
33	Energiatudományi Kutatóközpont	Sugárbiztonsági L
34	Aommag Kutatóintézet	Környezetanalitikai L
	(együttműködve az ISOTOPTECH Rt-vel)	
	Nemzeti Népegészségügyi központ (NNK) Sugárbiológiai és Sug	Sugáregészségügyi Vizsgáló L
	(lásd a Hatóságoknál)	
Vállalkozások		
35	ISOTOPTECH Rt.	Környezetanalitikai L
36	Mecsekérc ZRt	
37	RADANAL Kft.	Radiokémiai L
38	Radiöko Kft.	
39	Wessling Kft.	

Hazai radio-analitikai módszerkészlet

β-bomló izotópok (DTM)

Labor	Rövidítés	Mely DTM izotópokat elemzik?															
sorszáma		^{3}H	^{14}C	^{36}Cl	^{39}Ar	^{41}Ca	^{129}I	^{99}Tc	^{55}Fe	^{59}Ni	^{63}Ni	^{93}Mo	^{93m}Nb	^{94}Nb	^{93}Zr	^{108m}Ag	^{125}Sb
Nukleáris létesítmények																	
1	PAZRt KEL	LSC															
2	PAZRt KIL	LSC	LSC														
3	PAZRt VEO	LSC															
4	RHK KKÁT																
5	RHK NRHT																
6	RHK RHFT																
Hatóságok, központi intézmények																	
7	OSSKI	LSC	(LSC)*									(LSC)**		GS		GS	
	ERMAH hálózat (egészségügyi ágazat)																
8	ERMAH 1																
9	ERMAH 2																
10	ERMAH 3																
(11)	(ERMAH 4)																
(12)	(ERMAH 5)																
(13)	(ERMAH 6)																
	NÉBIH hálózat (földművelésügyi ágazat)																
14	NÉBIH 1	LSC	LSC														
15	NÉBIH 2	LSC	LSC														
16	NÉBIH 3	LSC															
17	RÉL1	LSC															
18	RÉL2	LSC															
19	RÉL3	LSC															
20	RÉL4	LSC															
21	RÉL5	LSC															
22	BAMKH																
23	OMH																
Egyetemek																	
24	BME NTI																
25	BME KKFT																
26	BME NS																
27	DE																
28	ELTE1																
29	ELTE2																
30	PE	LSC	LSC														
Kutatóintézetek																	
31	EK BKR																
32	EK KVSZ	LSC	LSC														
33	EK SBL															GS	
34	ATOMKI KF																
Vállalkozások																	
35	IT	LSC,MS	LSC,AMS	LSC			GS	LSC								GS	
36	MÉ	LSC															
37	RA						GS(NAA)	LSC	LSC	E	LSC		E	GS	MS	GS	GS
38	RÖ	LSC	LSC	LSC		LSC	LSC	LC	LSC	E	LSC		E	GS		GS	GS
39	W	LSC	LSC														

Hazai radio-analitikai módszerkészlet

^{90}Sr és α-bomló izotópok (DTM)

Labor	Rövidítés	Mely DTM izotópokat elemzik?														
sorszáma		^{90}Sr	^{238}Pu	^{239}Pu	^{240}Pu	^{239,240}Pu	^{241}Pu	^{241}Am	^{244}Cm	^{242}Cm	^{237}Np	^{233}U	^{234}U	^{235}U	^{236}U	^{238}U
Nukleáris létesítmények																
1	PAZRt KEL	BS						GS						GS		GS
2	PAZRt KIL	LSC	AS			AS		AS, GS	AS	AS	AS		AS	AS		AS
3	PAZRt VEO	LSC	AS			AS		AS	AS	AS			AS,MS	AS,MS	MS	AS,MS
4	RHK KKÁT															
5	RHK NRHT															
6	RHK RHFT															
Hatóságok, központi intézmények																
7	OSSKI	E	AS			AS		AS, GS	AS	AS			AS	AS		AS
	ERMAH hálózat (egészségügyi ágazat)															
8	ERMAH 1															
9	ERMAH 2															
10	ERMAH 3															
(11)	(ERMAH 4)															
(12)	(ERMAH 5)															
(13)	(ERMAH 6)															
	NÉBIH hálózat (földművelésügyi ágazat)															
14	NÉBIH 1	BS	AS			AS		AS, GS					AS	AS, GS		AS, GS
15	NÉBIH 2	BS	AS			AS		AS, GS					AS	AS, GS		AS, GS
16	NÉBIH 3	BS														
17	RÉL1	BS														
18	RÉL2	BS														
19	RÉL3	BS														
20	RÉL4	BS														
21	RÉL5	BS														
22	BAMKH															
23	OMH															
Egyetemek																
24	BME NTI							GS						GS		
25	BME KKFT	BS														
26	BME NS															
27	DE															
28	ELTE1															
29	ELTE2											MS	MS	MS	MS	MS
30	PE	LSC	AS	AS	AS	AS		AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS	AS
Kutatóintézetek																
31	EK BKR															GS
32	EK KVSZ															
33	EK SBL			MS	MS		MS	MS	GS	GS			MS	MS	MS	MS
34	ATOMKI KF															
Vállalkozások																
35	IT	LSC	AS	MS	MS	AS	LSC	AS, GS	AS	AS			AS, MS	AS, GS, MS	MS	AS, GS, MS
36	MÉ												AS	AS		AS
37	RA	LSC	AS			AS	LSC	AS	AS	AS	MS		AS	AS		AS
38	RÖ	LSC	AS			AS		AS	AS	AS			AS	AS		AS
39	W															

Hazai radioanalitikai módszerkészlet

Eredmények, következtetések:

- **36 hazai laborban** végeznek a leszerelés szempontjából releváns radioanalitikai tevékenységet
- A laborok negyede a jelenlegi nukleáris létesítményekben van (többség C, B, vagy A típusú izotóplaboratórium)
- A laborok fele a hatósági környezetellenőrző rendszerben van (nem izotóplabor vagy C típus)
- Csak a laborok felének van **izotópengedélye, A vagy B típusú pedig csak 4-nek.**
- **Akkreditált státusza csak 11 labornak van.**
- DTM izotópok esetében **szabványos módszer** csak a :^{3}H, ^{14}C, ^{90}Sr, plutónium-, neptúnium-, amerícium- és urán-izotópokra létezik. **Egyedi validálás szükséges!**

- **γ-spektrometriás** elemzéseket két kivételtől eltekintve minden laboratóriumban végeznek.
- Össz α /β-méréseket 24 laborban végeznek.
- **^{90}Sr** meghatározásával viszonylag sok laboratóriumban (17) foglalkoznak
- Aktinidák elemzését 5 laboratóriumban végzik.
- ^{3}H és ^{14}C elemzésével 18 ill. 8 labor foglalkozik.

- 2-3 labornak van módszere az alábbi izotópok mérésére: ^{36}Cl, ^{41}Ca, ^{129}I, ^{99}Tc, ^{55}Fe, ^{59m}Ni és ^{63}Ni.
- **1-1 laboratórium** foglalkozik ^{93}Zr, ^{237}Np, ^{36}Cl, ^{135}Cs, ^{93m}Nb, ^{94}Nb, ^{41}Ca, ^{99}Mo mérésével.
- **Nincs hazánkban módszer az alábbi izotópok mérésére**: ^{39}Ar

Hazai radioanalitikai módszerkészlet

Hazánkban vannak radioanalitikai laboratóriumok,
de ezeknek csak kis hányada alkalmas leszereléssel kapcsolatos elemzésekre.

Feladatok

- **Radioanalitikai módszerek fejlesztése (újak, gyorsak, automatizáltak)**
- **Módszerek validálása (számítások és mérések), összemérése, laborok akkreditálása**
- **Kapacitás bővítés: akkreditált izotóplaborok képzett személyzettel, műszerparkkal**
- **In-situ módszerek fejlesztése**

DR2 reactor

removal of cleared concrete

Riso
Dánia