

# **CANDU 6 típusú atomerőmű kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékaiknak kezelési sajátosságai**

**L. Toro<sup>1</sup>. G. Teodorov<sup>2</sup>, A. Sandru<sup>2</sup>, D. Dumitrescu<sup>3</sup>,  
V. Simionov<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Közegészségügyi Intézet, Temesvár Regionális  
Központ és MateFin Kft. Bukarest, Románia; <sup>2</sup>MateFin  
Kft. Bukarest, Románia, <sup>3</sup>Cernavoda Atomerőmű,  
Cernavoda, Románia*

# 2010 előadás befelyezése

- December 2010
  - 5680kg hulladék
    - 2500kg szilárd olaj
    - 3180kg szilárd hulladék
  - 18.5m<sup>3</sup> (84 hordó)
- Február 2011
  - 219kg hamu
  - ~0.3m<sup>3</sup> (~1.5 hordó)

# Közepes aktivitású hulladékok

- Használt ioncserélő (IX) gyanta
  - Fűtőelem kontaktussal
    - PHT, átrakógép, pihentető medence
  - Fűtőelem kontaktus nélkül
    - Moderátor, D<sub>2</sub>O tisztítás, végárnyékolás hűtés, vizes hulladék tisztítás
- Használt szűrő patronok
  - PHT, moderátor, pihentető medence, PHT szivattyú tömítés, átrakógép D<sub>2</sub>O forrás, aktív vízelvezetés

# Radioaktivitás (számítot)

Elem	Koncentráció (Bq/m <sup>3</sup> )
<sup>60</sup> Co	1.00 10 <sup>10</sup>
<sup>137</sup> Cs	5.00 10 <sup>10</sup>
<sup>99</sup> Tc	5.00 10 <sup>06</sup>
<sup>129</sup> I	5.00 10 <sup>05</sup>
<b><sup>3</sup>H</b>	<b>3.50 10<sup>11</sup></b>
<b><sup>14</sup>C</b>	<b>1.50 10<sup>12</sup></b>
<sup>90</sup> Sr	2.50 10 <sup>10</sup>
<sup>63</sup> Ni	2.56 10 <sup>07</sup>
<sup>59</sup> Ni	1.80 10 <sup>05</sup>
<sup>94</sup> Nb	4.20 10 <sup>05</sup>
<sup>234</sup> U	1.10 10 <sup>03</sup>
<sup>235</sup> U	1.80 10 <sup>01</sup>
<sup>238</sup> U	1.40 10 <sup>03</sup>
<sup>238</sup> Pu	3.30 10 <sup>05</sup>
<sup>239</sup> Pu	6.90 10 <sup>05</sup>
<sup>240</sup> Pu	9.90 10 <sup>05</sup>
<sup>241</sup> Pu	9.80 10 <sup>07</sup>
<sup>241</sup> Am	2.50 10 <sup>04</sup>

Cernavoda

Szűrő

Elem	Koncentráció (Bq/m <sup>3</sup> )
<sup>60</sup> Co	2.00 10 <sup>10</sup>
<sup>137</sup> Cs	8.90 10 <sup>10</sup>
<sup>99</sup> Tc	9.00 10 <sup>05</sup>
<sup>129</sup> I	9.00 10 <sup>04</sup>
<sup>3</sup> H	-
<sup>14</sup> C	-
<sup>90</sup> Sr	4.50 10 <sup>09</sup>
<sup>63</sup> Ni	5.10 10 <sup>07</sup>
<sup>59</sup> Ni	3.60 10 <sup>05</sup>
<sup>94</sup> Nb	8.40 10 <sup>05</sup>

IX gyanta

# Radioaktivitás OPG, Kanada (mért)

Elem	PHT és Moderátor		Dekontaminálás	
	vegyes		Kation	Vegyes
tárolás	6.5 év	18 év	13 év	12 év
Mn-54		2.3E+07	<2.5E+07	<8.9E+04
Co-60	9.5E+09	1.9E+10	3.9E+10	6.9E+08
Zr-95				8.9E+06
Nb-94		<2.4E+07	<1.8E+07	3.3E+06
Sb-125	2.7E+07	<1.0E+08	6.1E+07	3.7E+07
Cs-134	8.0E+04	1.8E+08	<1.2E+07	
Cs-137	2.2E+10	1.5E+11	2.8E+08	1.2E+08
Eu-154		3.4E+08	<3.2E+07	1.5E+07
Eu-152		2.9E+09	9.1E+07	2.3E+07
Eu-155		7.9E+08	2.1E+08	7.0E+06
Gd-153		<6.8E+07	<2.3E+07	1.4E+06
Am-241	5.4E+07	1.2E+08	1.3E+08	6.3E+07
<b>C-14</b>	<b>1.3E+12</b>	<b>5.2E+11</b>	<b>7.2E+06</b>	<b>3.0E+08</b>
<b>H-3</b>	<b>2.3E+09</b>	<b>1.3E+11</b>	<b>2.7E+10</b>	<b>2.9E+10</b>

Elem	Koncentráció (Bq/m <sup>3</sup> )	
	AG szűrő	PHT szűrő
Zr-95	4.4E+09	8.7E+09
Nb-95	7.5E+09	1.9E+10
Fe-59	2.6E+07	4.0E+08
Co-60	3.9E+08	2.2E+09
Sb-124	1.1E+09	2.1E+09

**IX gyanta (Bq/m<sup>3</sup>)**

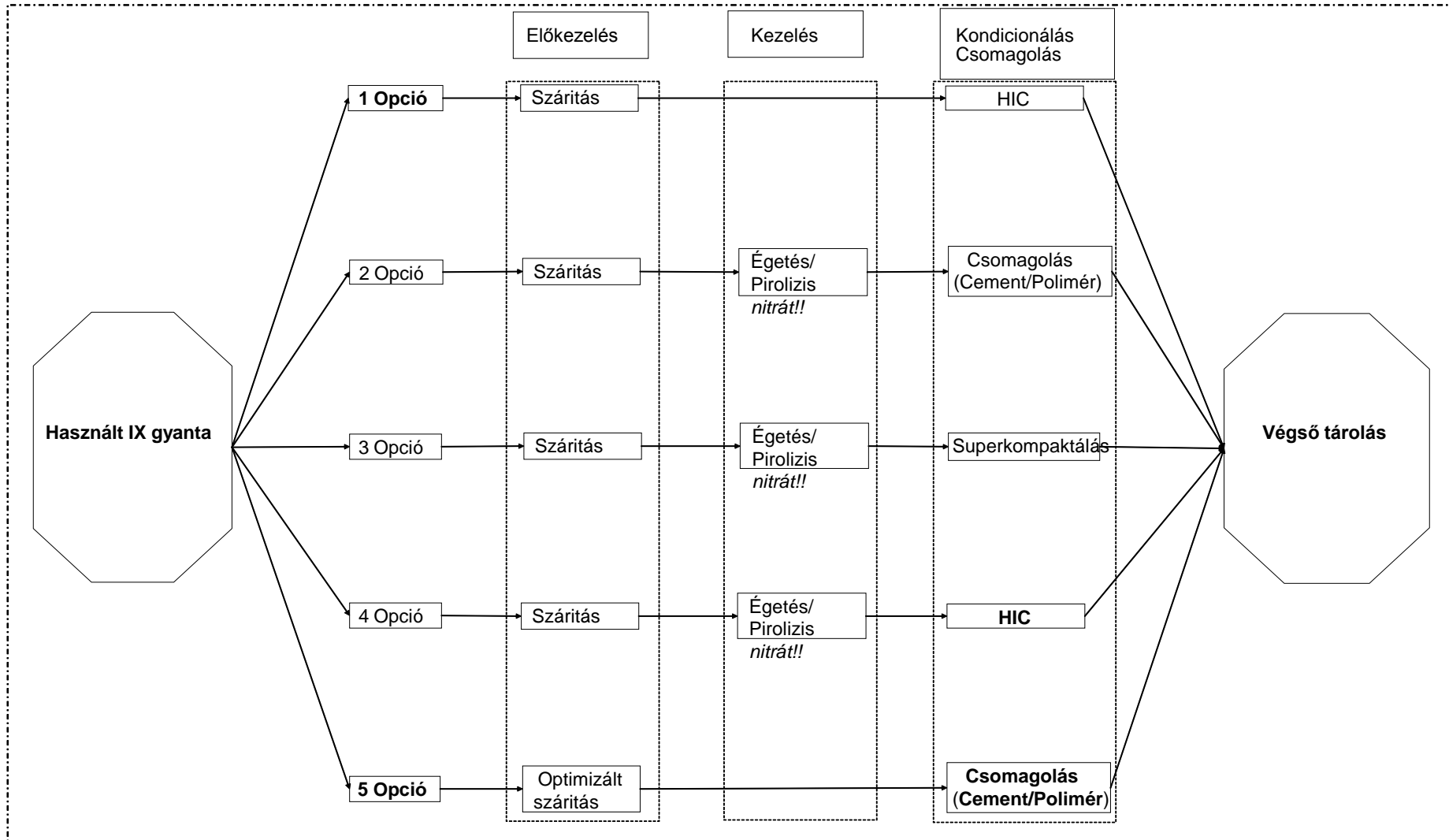
# Radioaktivitás

- $^{14}\text{C}$  forrás ( $t_{1/2}=5730$  év):
  - $^{17}\text{O}(n,\alpha)^{14}\text{C}$  -  $^{17}\text{O}$  koncentráció  $\text{D}_2\text{O}$ -ban (0.058%) nagyobb mint  $\text{H}_2\text{O}$ -ban
  - $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$  – nagyobb hatáskeresztmetszet de kisebb  $^{14}\text{N}$  koncentráció
  - $^{13}\text{C}(n,\gamma)^{14}\text{C}$
- $^3\text{H}$  forrás ( $t_{1/2}=12.3$  év)
  - $^2\text{H}(n,\gamma)^3\text{H}$
  - $^3\text{He}(n,p)^3\text{H}$  – hatáskeresztmetszetek azonos nagyságrendűek,  $^2\text{H}$ -ből nagyon sok van

# Miért kezelés?

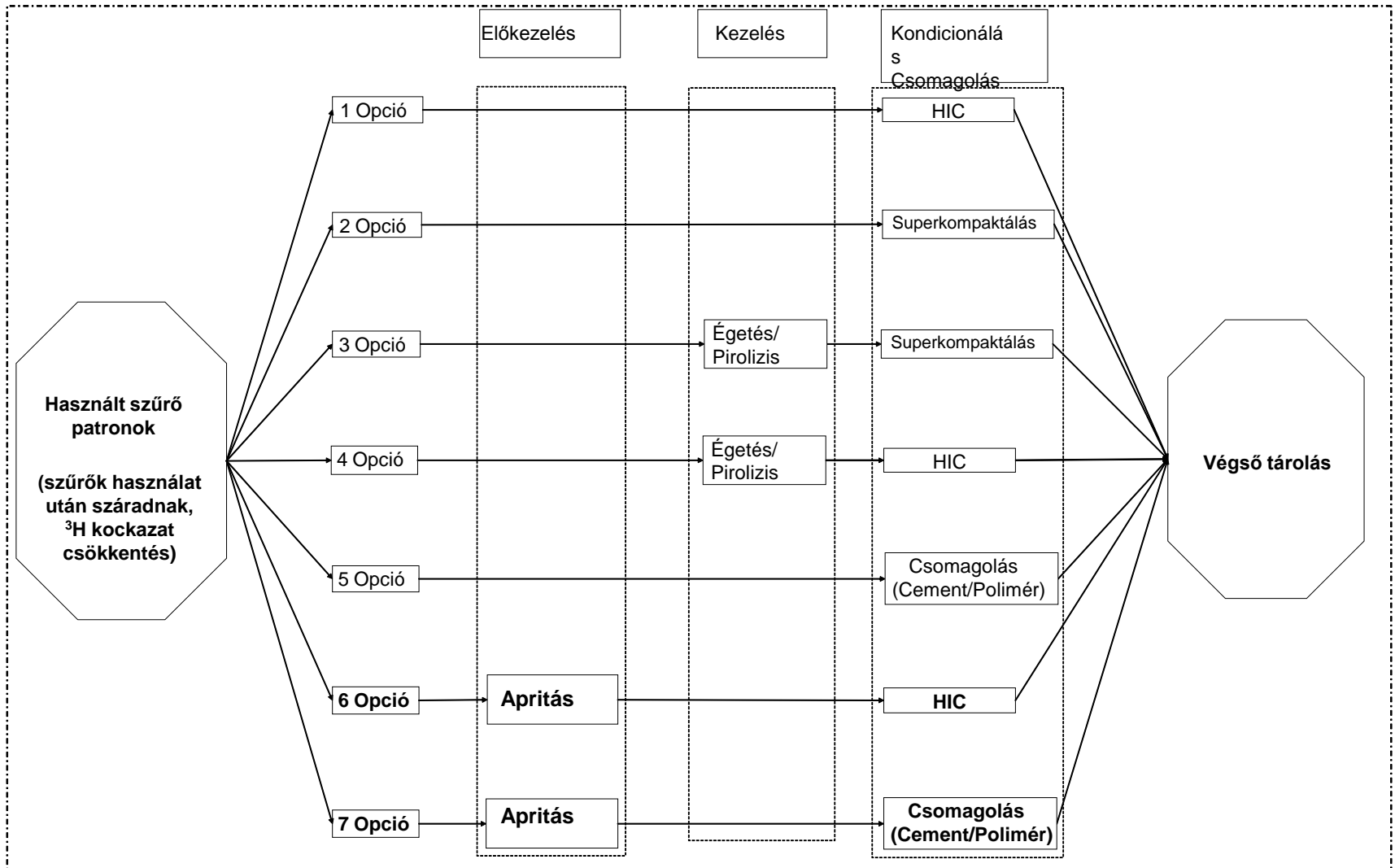
- CANDU 6
  - Használt IX gyanta három ~200m<sup>3</sup> beton tartályba kerül (2 fűtőelem kontaktussal, 1 fűtőelem kontaktus nélkül)
  - Elég a 30 éves élettartamra ha nincs lényeges üzemzavar
- Nincs CANDU 6 tapasztalat
- Mi történik a tartály alján levő gyantával
- Lehetséges repedések a tartályokon
  - 11 CANDU6 blokk, ~180 reaktor-év esetében 2 meghibásodás
- Élettartam növelés
  - Forgatókönyvek 40évre

# Használt IX gyanta kezelése





# Használt szűrőpatronok kezelése



# Térfogat csökkenés

Módszer	Hulladék áram	Térfogat csökkenés
Száritás	IX Gyanta	1
Aprítás	Szűrő	5
	Kompaktálható szilárd	3
Égetés	Folyadék	50
	Kompaktálható szilárd	20
Pirolízis	IX Gyanta	50
Superkompaktálás	IX Gyanta, hamu	2
	Szűrő	6
	Kompaktálható szilárd	6
Csomagolás, cement	IX Gyanta	1/3.8
	Olaj	1/2.5
	Szűrő, kompaktálható & nem kompaktálható szilárd	1/1.05
	Hamu	1/1.29
Csomagolás, polimér	IX Gyanta	1/2.68
	Sludge, Oil, LSC	1/3.9
	Szűrő, hamu, kompaktálható & nem kompaktálható szilárd	1/1.05
HIC	IX Gyanta, hamu	1/1.05

# Égetés versus Pirolízis

- égetés: fokozott figyelem a nitrát tartalmat illetően
- az égetőmű különböző (gyakorlatilag bármely), pirolizáló viszonylag felaprózott (például a IX gyanták) formában fogadhatja a hulladékot
- az égetőmű alkalmasabb a nagyobb mennyiségek míg a pirolizáló jóhatásfokkal működtethető kisebb hulladék mennyiségek esetében.
- az eredeti hulladék C-14 tartalma nagyobb arányban marad a pirolízis hulladékában az égetőmű hamujához képest

# Cementálás versus polimerizáció

- a C-14 és a cement vegyi kölcsönhatása (kalcit képződés) - a cementálás jobban megfelel a C-14 fixálása szempontjából
- cement mátrixba foglalt IX gyanták megduzzanhatnak és repedéseket okozhatnak (megnő a radioaktív elemek migrálásának valószínűsége)
- cementált olajok kiszivároghatnak a mátrixból
- ellentétben polimer mátrixokkal, a cementálás térfogatnövekedést eredményezhet
- polimér esetében kevesebb a lehetséges mátrix kölcsönhatás
- polimér drágább mint a cement.

# Más megoldások

- IX gyanta élettartam növelés
  - Wolsong, kb jelenlegi kétszerese
- $^{14}\text{C}$  tartalom csökkentés
  - Kinectrics