



ELMÉLETI MEGFONTOLÁSOK A RADIOAKTÍVHULLADÉK-TÁROLÓK HOSSZÚ TÁVÚ HATÁSAINAK ÉRTÉKELÉSÉHEZ A BIOSZFÉRÁBAN BÁTAAPÁTI NRHT MUNKA ALAPJÁN

Eged Katalin¹ és Bóthi Zoltán²

¹UniRad Kft, 8200 Veszprém, Kádár u 8., ²WSP Hungary Consulting Zrt., 1021 Budapest, Hűvösvölgy út 54.

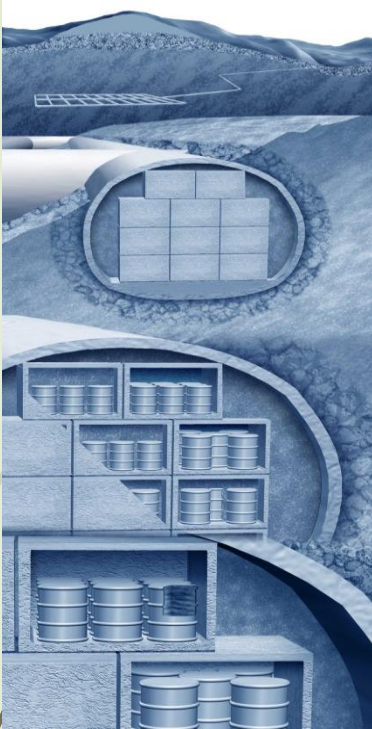
Vissza a kezdetekhez

Bátaapátiban kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok (Low and Intermediate Level Waste, LILW) elhelyezése történik felszín alatt, 250 méteres mélységben kialakított tárolókamrákban.
párhuzamos lejtősakna vezet le 10% lejtéssel, 1,7 kilométer hosszan, melyeket 250 méterenként keresztvágatok kötnek össze.

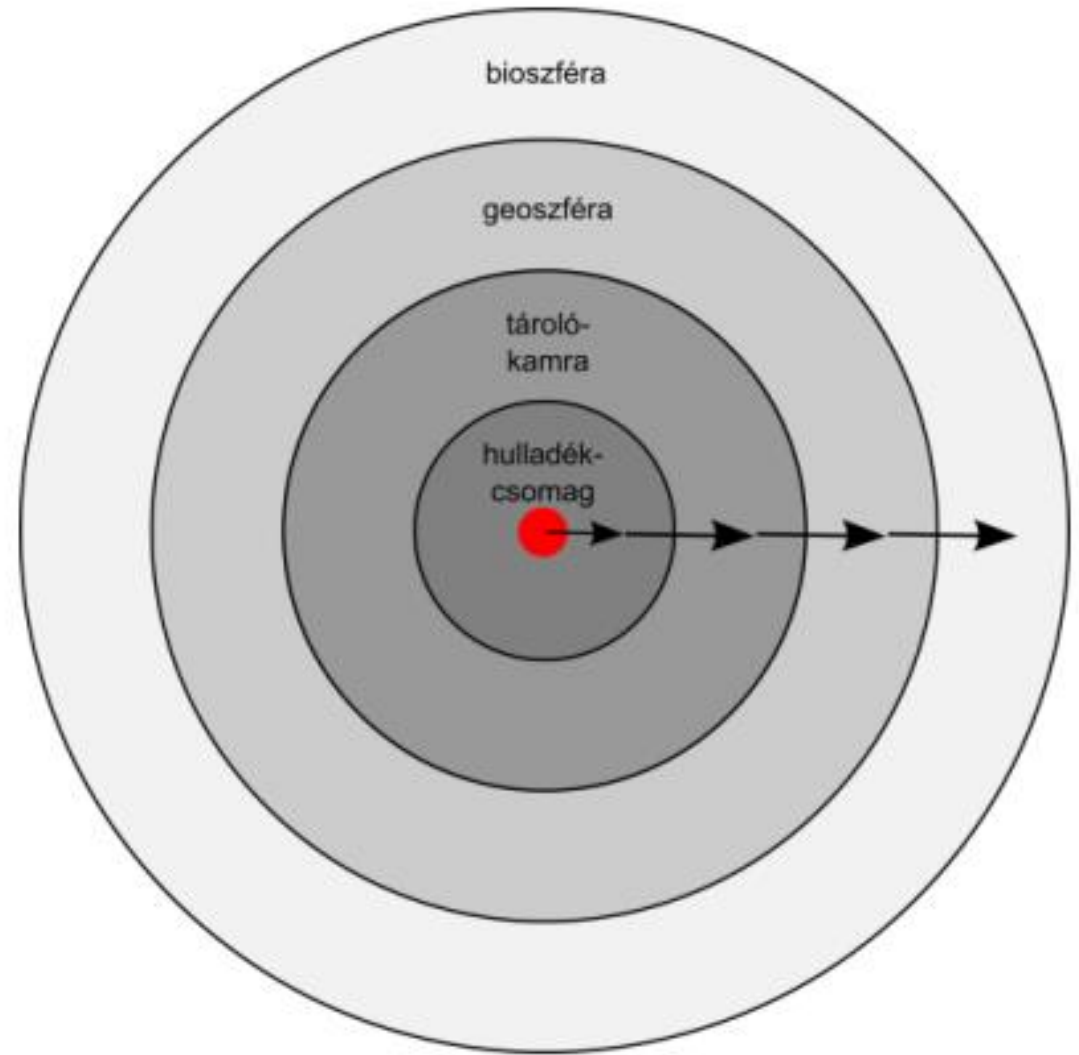
Monilitblokk
Kompact hulladékcsomag



Az elhelyezési rendszer koncepcionális felépítése

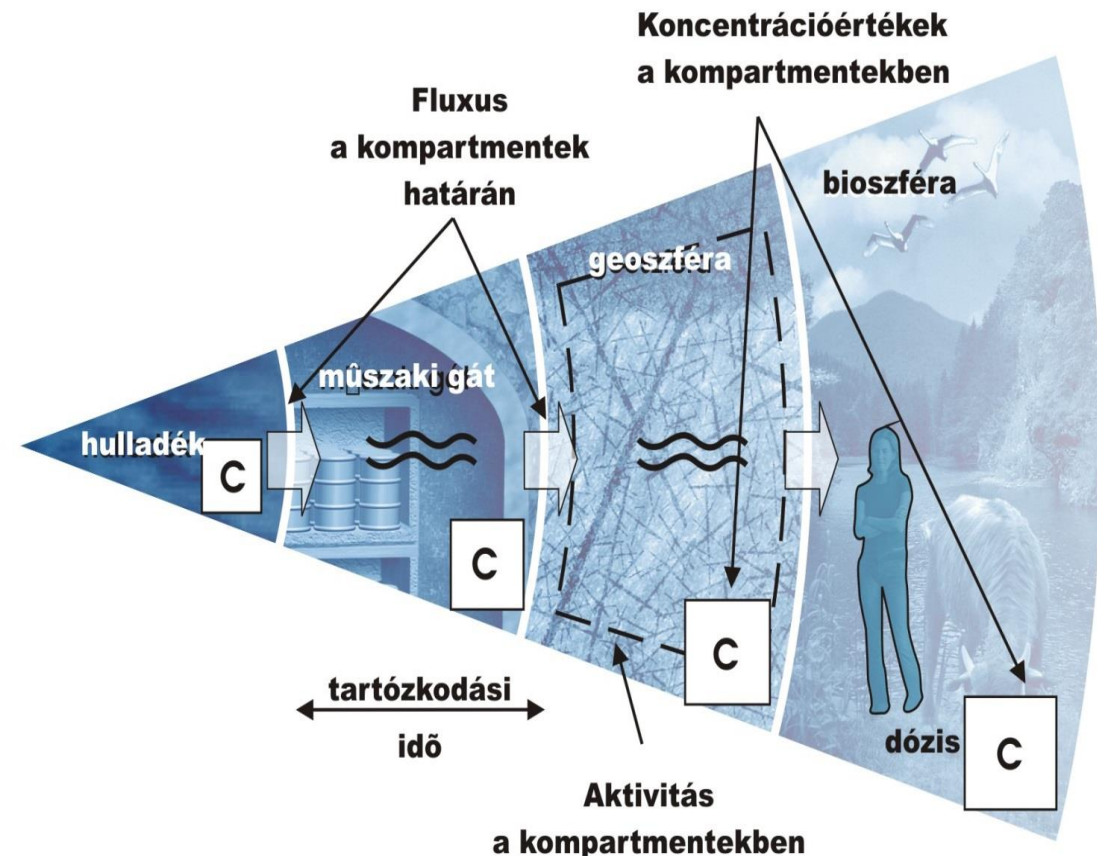


- A tároló felszín alatti elhelyezkedésének teleszkópos rajza
- Vízsintes vágatokból kialakított tárolókamrák
- A vágatot lőttbeton biztosítja, körülötte 0,5 m vastag EDZ várható
- A tárolókamrákban hordók vagy konténerek találhatók
- A konténerekben hordók sorakoznak



Modellezési megközelítés

- **Modellezés:** a determinisztikus és a sztochasztikus becslések lehetőséget adnak a sugárterhelés helyszín- és idő-specifikus meghatározására. Determinisztikus paraméterek alkalmazására elsősorban ott van lehetőség, ahol azok pontos értéke ismert, vagy kis bizonytalansággal becsülhető. A sztochasztikus megközelítés esetén alkalmazott valószínűségi eloszlások lehetővé teszik a bizonytalanság számszerűsítését, és explicit módon történő kezelését.
- **Statikus- dinamikus modell:** időben változó paraméterekkel a folyamatok időbeliségét vizsgáljuk, dinamikus modellek változása az idő függvényében változik, míg a statikus modellek egyenletes egyensúlyi állapotban vannak.
- Total System Performance Assessment (TSPA)
- GoldSim – Monte Carlo szimuláció
(Yucca Mountain , WIPP)



BIOSZFÉRA – modellalkotás

- A bioszféra matematikai modelljét először aritmetikai és differenciálegyenletek sorozataként fogalmaztuk meg, amelyek leírják a radionuklidok talajon belüli szállítását, valamint a növényekben és házasított állatokon belüli felhalmozódásukat. Ezek az egyenletek a szabványos irodalmi képleteket követik a folyamatokra vonatkozóan, feltételezve, hogy a modellben figyelembe vett időtávon egyensúly uralkodik.
- Interface: mállott gránit vízbázis, állóvizek
- Talaj: összetett rendszer: ModelMaker szoftver

A talajmodellezés bebizonyította, hogy nincs értelme 3-nál több réteget figyelembe venni egy hosszú távú modellben. A talaj szerepe azért kiemelten fontos, mert a növény felhalmozza a nuklidok vízoldható, szabad, ionos formáját, és ha a talajban magas a kötött/oldott arány (a K_d érték), akkor alacsonyabb bioakkumulációs tényező várható.

Növényzet: felszívódás, öntözővíz, transzlokáció, interception, akkumuláció, transzfer faktor

- Állatok: haszon és vadállatok, fajta, tömeg, kor valamint táplálkozási és emésztési jellemzők, transzfer koefficiens
- Ember: gyerek, felnőtt, dóziskonverziós faktor

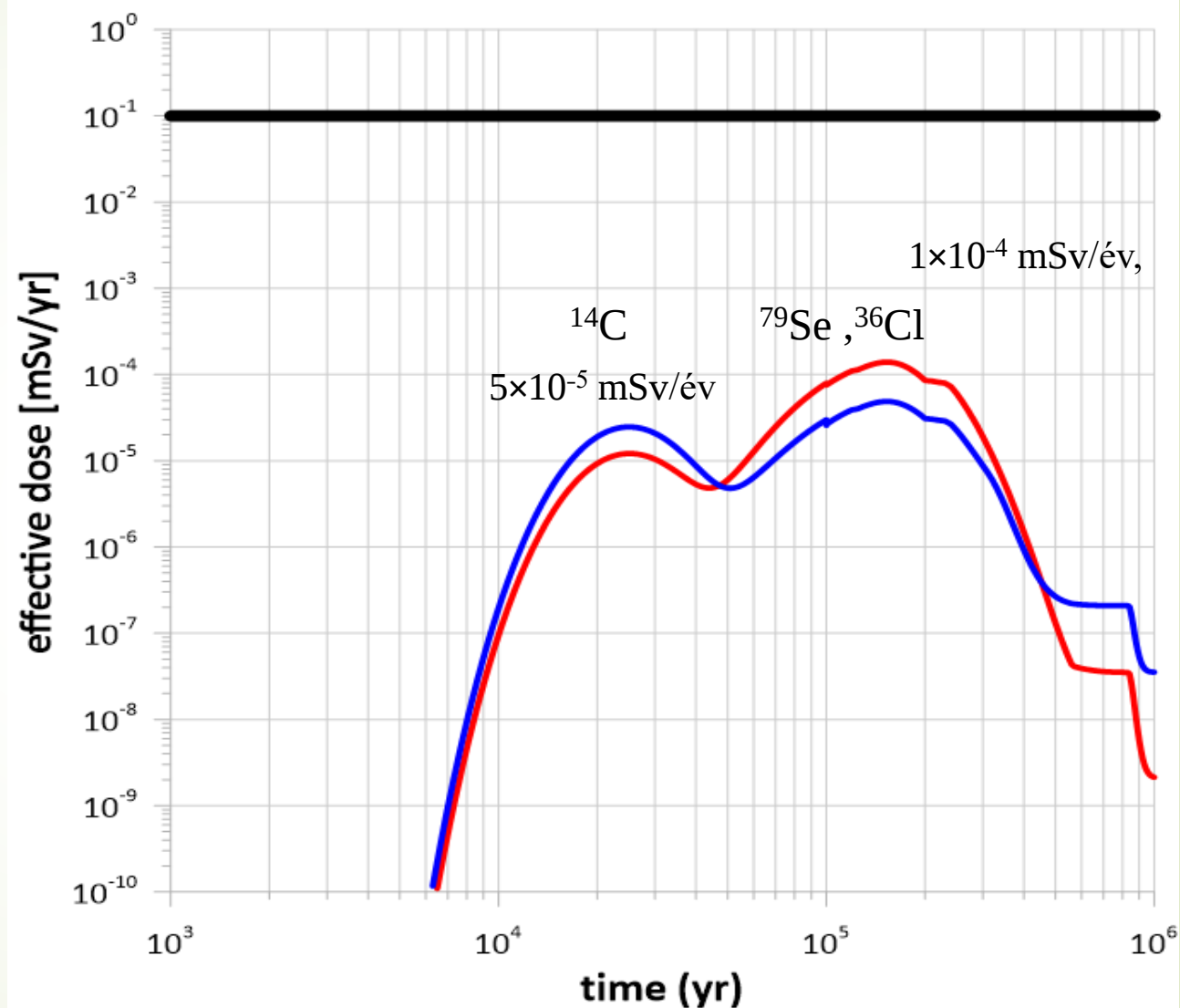
BIOSZFÉRA – parametrizálás

- Izotópok szűrése: A rövid élettartamú ($t_{1/2} < 5$ év) és az alacsony toxicitású ($X < 0,1$ Sv) izotópokat nem vettük figyelembe, mivel a geoszférában történő vándorlási idejük több ezer-tízezer év nagyságrendű.
- Nuklid függő és független adatok
- Nemzetközi adatbázisok: IAEA TRS 364, IAEA TRS 472, ICRP. 116, ICRP. 119, IAEA SRS No. 19, és SKB dokumentumok, és ERICA TOOLS, BIOMOSSA, BIOMOVs, stb.
- Hazai adatok
- Becslések: Mengyelejev periódusos rendszerében az elemek sorszámuk szerint vannak elrendezve, ez az elrendezés jól szemlélteti az elemek periodikusan változó tulajdonságait
- **Újszerű megközelítés: „hidrogeokémiai periódusos rendszer” analógiáját**

A rendszer kialakításának fő motívuma, hogy a természetben nem semleges elemek, hanem – az adott geokémiai környezetnek megfelelő – különböző oxidációs fokú ionok, komplexek jelennek meg. Azok viselkedését pedig elsősorban az ionpotenciáljuk (az oxidációs fokuk és ionrádiuszuk hányadosa) határozza meg.

Eredmények -1

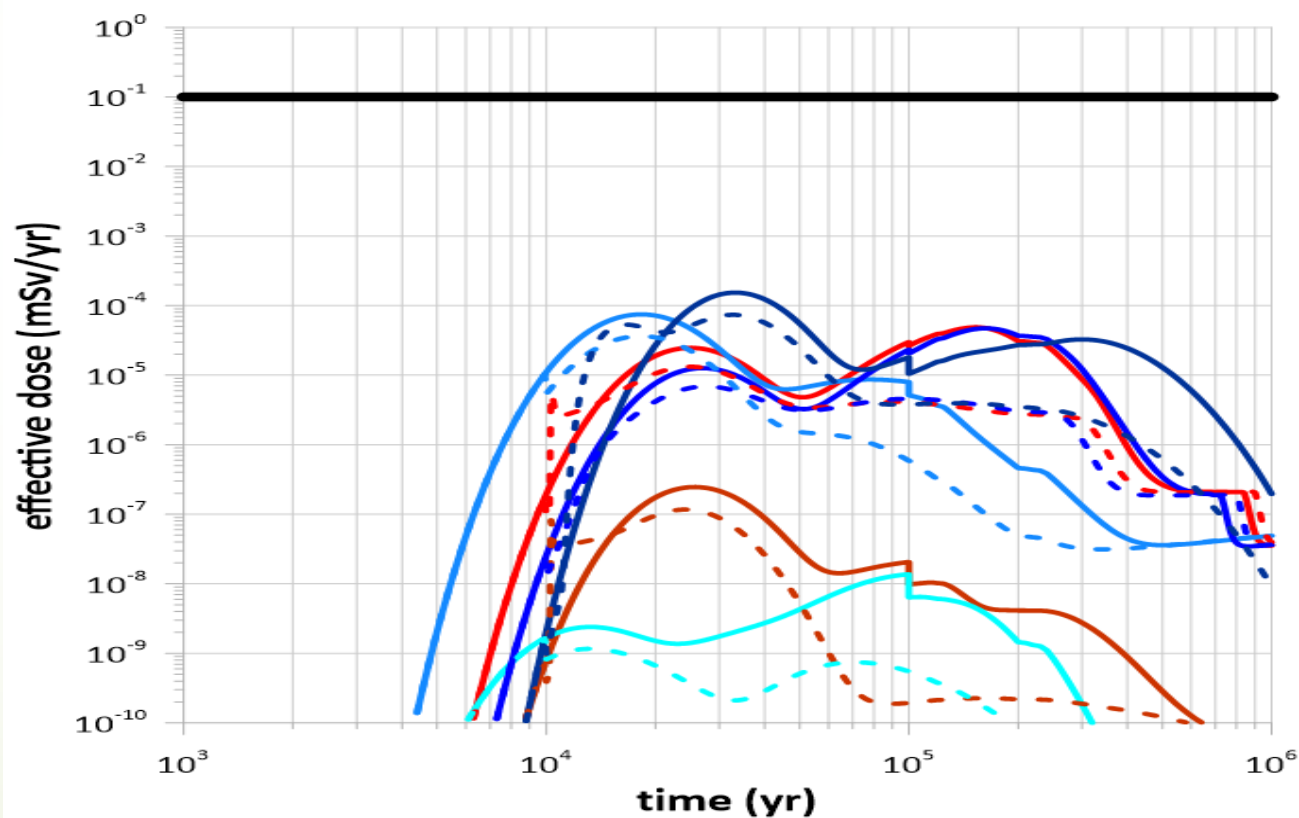
- A felnőtt (kék) és a gyermek (piros) korcsoportra számított effektív dózis időbeli alakulása a normál forgatókönyv, 100 000 évnél tönkremenő torlasztói záródugó esetén
- Anomália: miért fordul meg az effektív dózis aránya korcsoportonként 50 e év elteltével?



Eredmények -2

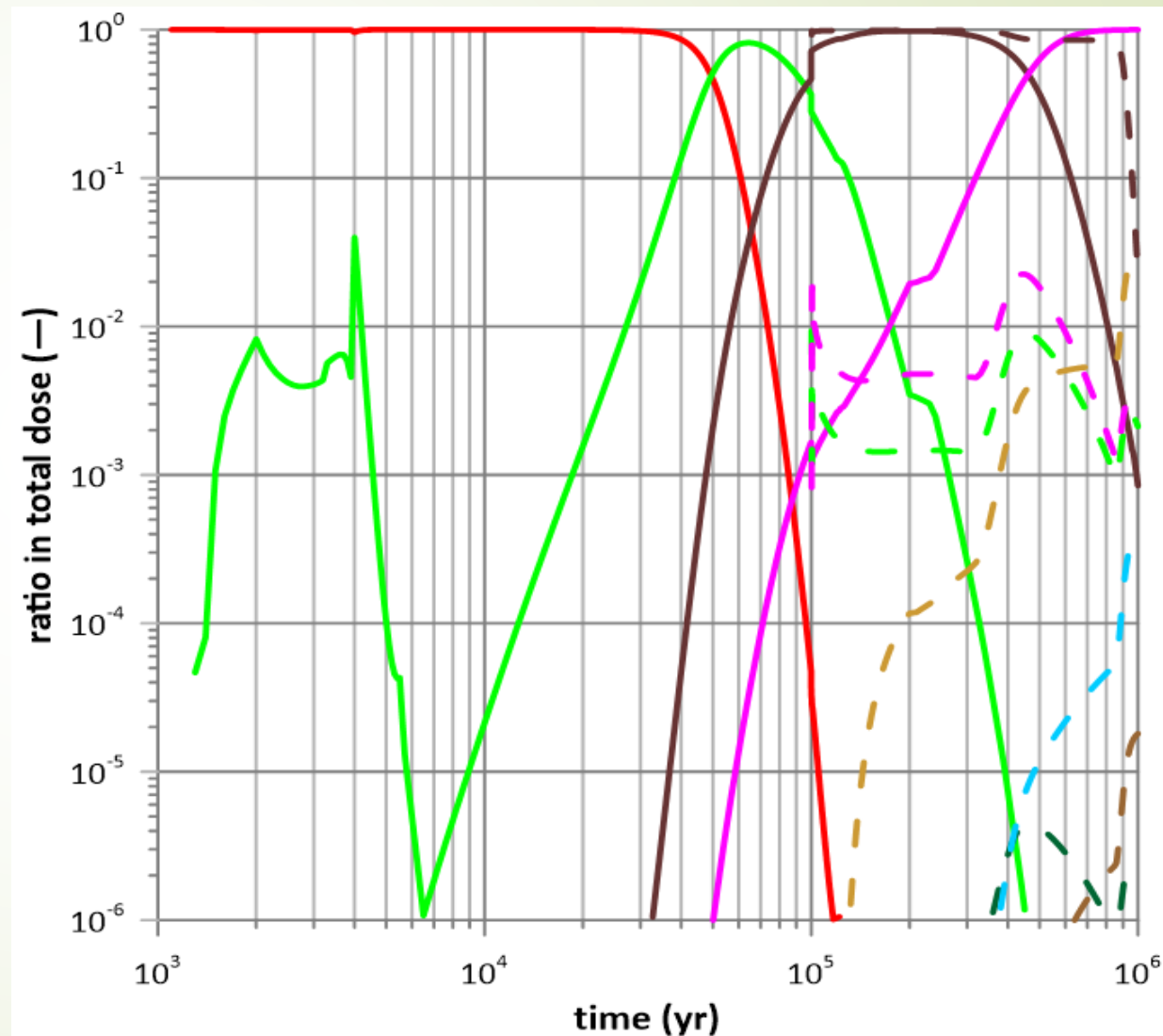
- Csak a hosszú felezési idejű konzervatív izotópok (^{14}C , ^{36}Cl , ^{79}Se , ^{129}I , ^{135}Cs , ^{59}Ni , ^{237}Np) játszanak szerepet az effektív dózis meghatározásában. Ezen izotópok esetében még az itt figyelembe vett időhorizontok (10 000 év kontra 100 000 év) sem jelentősek (kivéve a radiokarbont).

Az I-es kamramező kamráinak hozzájárulása a teljes effektív dózishoz normál (folyamatos) és korai (szaggatott) tönkremenetelű torlasztói záródugók esetén (keleti kamrák: kék árnyalatai, nyugati kamrák: piros és barna árnyalatai)



Eredmények-3

- Az effektív dózisban meghatározó szerepet játszó radioaktív izotópok (^{14}C : piros, ^{36}Cl : világoszöld, ^{79}Se : barna, ^{129}I : lila, ^{135}Cs : okker, ^{59}Ni : sötétzöld, ^{237}Np : kék) időbeli részarányának alakulása normál (folyamatos) és korai (szaggatott) torlasztói záródugó tönkremenetel esetén.





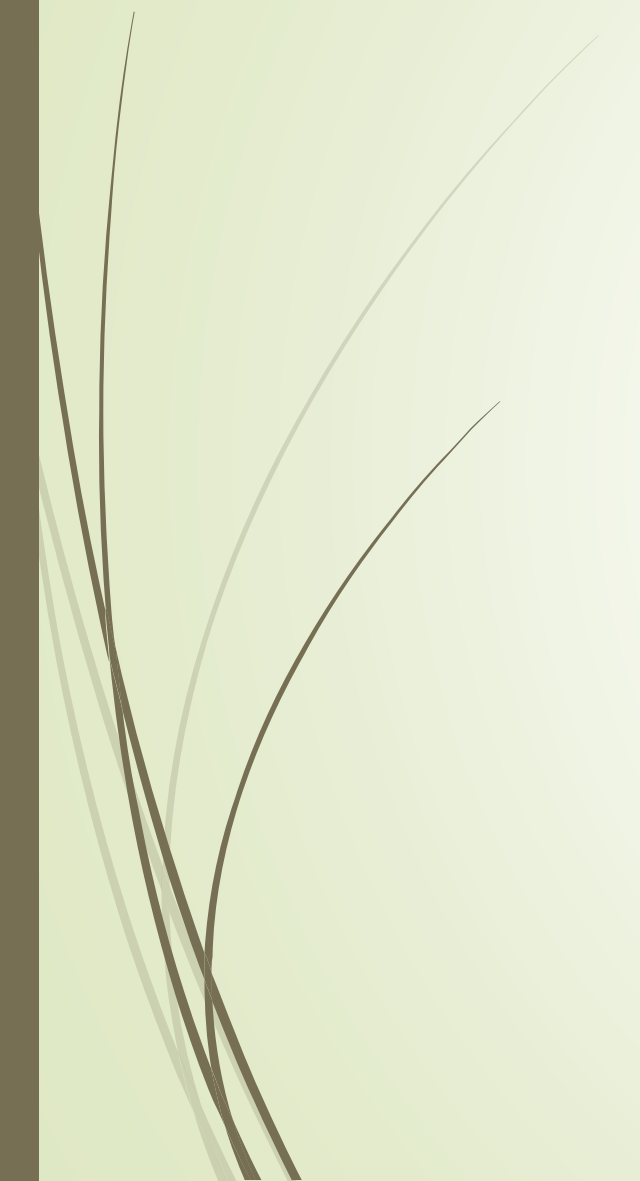
Bizonytalansági elemzés

- Az effektív dózisokban megjelenő bizonytalanság mértéke (ilyen komplex rendszer és ilyen időtávlatok vonatkozásában) kifejezetten alacsony
- Oka: csak a konzervatív viselkedésű izotópok jelennek meg, és ezeknek a viselkedésében a retardációhoz kapcsolódó bizonytalanság mértéke alacsony
- Sokkal jelentősebb bizonytalanság figyelhető meg a különböző helyekre tervezett kamrák, illetve esetleg azok kialakítása között (vasbeton konténerek vagy acélkonténerek vasbeton medencében)



Összegzés

- Modellezés: minden alapja a modellalkotás – matematikai megfogalmazás – modellrendszer
- Hulladékcsomag – Geoszféra – Torlasztódugók – hidrogeológiai rendszer – Bioszféra
- Paraméterek: nemzetközi adatbázisok, hazai statisztikai adatok, mérési adatok, hidrogeokémiai periódusos rendszer
- Bizonytalansági elemzés: aránylag kis mértékű bizonytalanság, amelynek jelentős része az egyes kamrák áramlási rendszerben elfoglalt helyétől, illetve a torlasztó záródugók működésétől (tönkremenetelétől) függ



Köszönöm a figyelmet