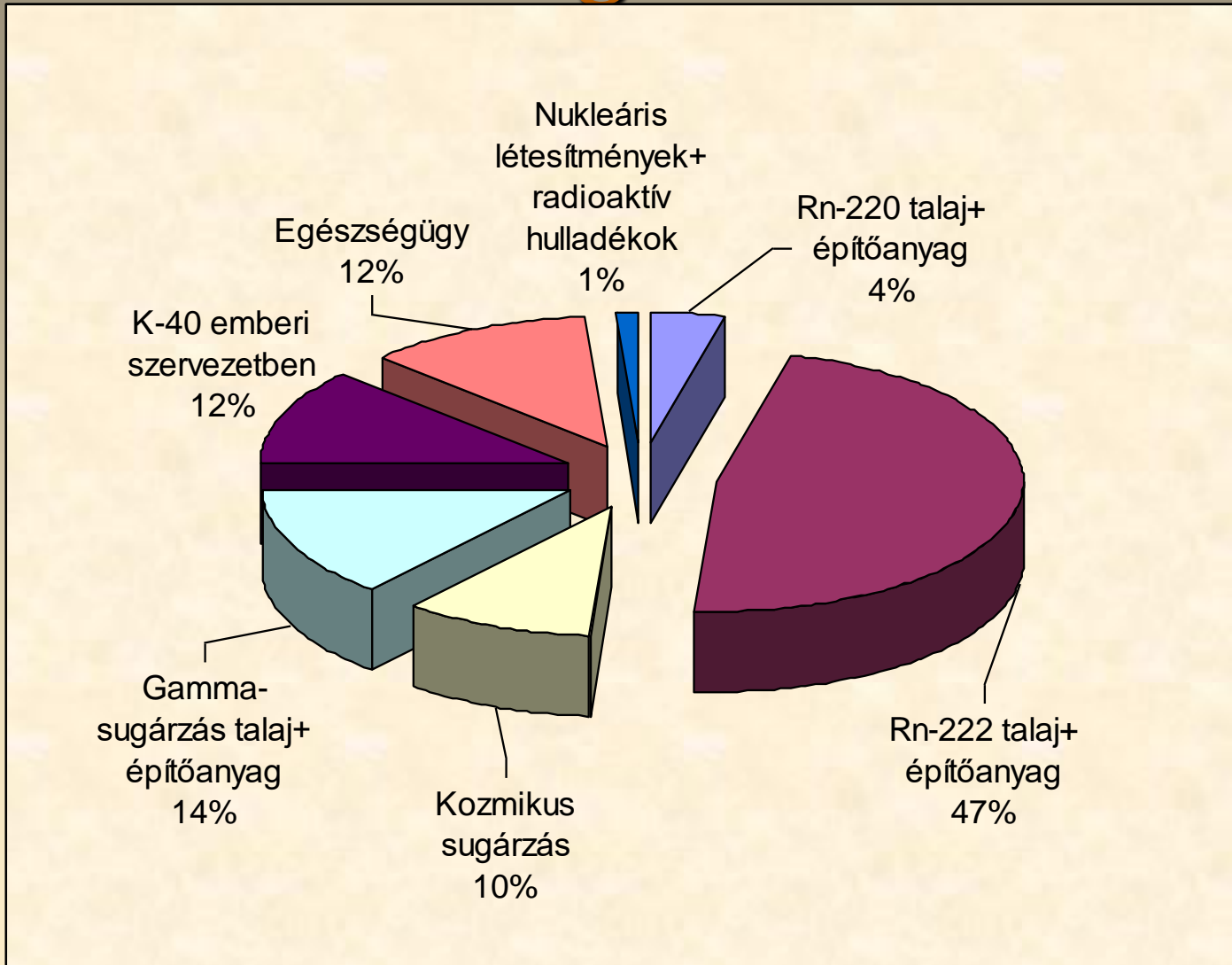


RADIOAKTÍV HULLADÉKOK KEZELÉSE

Külső sugárterhelés



Radioaktív hulladék

MSZ 14344:1989

„Olyan hulladékanyag, amely sugárvédelmi jellemzők alapján nem kezelhető közönséges hulladékként.”

További felhasználásra már nem szánt gazdasági, szociális, oktatási vagy kutatási tevékenységből származó radioaktív anyag.

Radioaktív hulladék keletkezése Magyarországon

Magyar radioaktív hulladékok 3 fő forrását lehet megkülönböztetni:

- Orvosi, ipari izotópalkalmazások és zárt sugárforrások
- kiemelt Nukleáris létesítmények (az élen Paks)
- Uránbányászat

Orvosi, ipari izotópalkalmazások és zárt sugárforrások

- 1954 Szovjetúnióból származó izotópokkal megkezdődik Magyarországon az izotóp felhasználás
- 1959 KFKI reaktorának üzembe helyezésével megindul a hazai izotópgyártás

Orvosi, ipari izotópalkalmazások és zárt sugárforrások

Ipari, mezőgazdasági, egészségügyi felhasználásból évente ~ 50-60 m³ hulladék keletkezik:

- 1000-2000 db zárt sugárforrás, (melyek az aktivitástartalom szempontjából jelentősek)
- 20 m³ izotóp gyártásakor
- 30-40 m³ kis- és közepes aktivitású hulladék

Kiemelt Nukleáris létesítmények

- ❖ Paksi Atomerőmű (4 reaktorblokk 1982 és 1987 között fokozatos indítás, 750 m³ / év hulladékterfogat + kiégett fűtőelemek, 2036-ig)
- ❖ Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója
- ❖ Budapesti Kutatóreaktor, Energiatudományi Kutatóközpont (KFKI 1959)
- ❖ BME Nukleáris Technikai Intézet Oktatóreaktor (1971)

Uránérc-bányászat

Uránbányászat 1957-1997 között.

Melléktermék a nagy mennyiségű meddő salak.

- ❖ A meddőhányók jelentős mértékben tartalmaznak ^{238}U izotópot és bomlástermékeit.
- ❖ Dózisteljesítmény meghaladhatja a radioaktív hulladékká minősítés alsó határát.
- ❖ Összaktivitás szempontjából nem csekély környezeti kockázatot jelent.
- ❖ Nagy térfogat → nem lehet radioaktív hulladékként elhelyezni

Legalább környezettől való jobb elszigetelés!

Rendkívüli események

Évente rendszeresen keletkező hulladékhoz időnként egy-egy speciális eseményből származó, általában nagyobb mennyiségű radioaktív hulladék hárul.

- ❖ 1987 Bártfai utcai (FERROKÉMIA) tóriumszennyezés
- ❖ 1996 Központi Bányászati Fejlesztési Intézet felszámolása
- ❖ Pestvidéki Gépgyár több m³ Ra-al szennyezett talaj
- ❖ KFKI reaktorának rekonstrukciója
- ❖ ...stb.

Radioaktív hulladékok osztályozása 1.

MSZ 14344

Halmazállapot szerint:

- szilárd hulladékok
- cseppfolyós hulladékok (tűzveszélyes,
nem tűzveszélyes)
- légnemű hulladékok
- *biológiai*

Radioaktív hulladékok osztályozása 2.

Aktivitás koncentráció szerint:

- kis aktivitású hulladékok
 $< 5 * 10^5$ kBq/kg (low level waste-LLW)
- közepes aktivitású hulladékok
 $5 * 10^5 - 5 * 10^8$ kBq/kg (intermediate level waste-ILW)
- nagy aktivitású hulladékok
 $> 5 * 10^8$ kBq/kg (high level waste-HLW)

Radioaktív hulladékok osztályozása 3.

Felületi dózisteljesítmény szerint:

- kis felületi dózisteljesítményű hulladékok
 $< 300 \mu\text{Sv/óra}$
- közepes dózisteljesítményű hulladékok
 $300-10000 \mu\text{Sv/óra}$
- nagy dózisteljesítményű hulladékok
 $>10000 \mu\text{Sv/óra}$

Radioaktív hulladékok osztályozása 4.

Felezési idő szerint:

- rövid élettartamú hulladékok: max. 30 nap
- közepes élettartamú hulladékok: 30 nap - 30 év
- hosszú élettartamú hulladékok: 30 év feletti

Különböző kategóriákba sorolt hulladékok különböző kezelési és elhelyezési módokat igényelnek.

Kis aktivitású hulladékok

Mentességi szint

2/2022. (04. 29.) OAH rendelet 1. melléklet

Radionuklidok általános és specifikus mentességi aktivitás-koncentrációja, valamint mentességi aktivitása

Az **egyes radionuklidokra meghatározott** azon aktivitás illetve aktivitás-koncentráció **értékeket**, amely **alatt** úgy tekintjük, hogy a **hulladék már nem jelent veszélyt** környezetére nézve, mentességi szintnek nevezzük.

A mentességi szintek megállapítására nincs általános szabály, rendszerint külön táblázatokban adják meg az értékeket, izotóponként, aktivitásban és aktivitás-koncentrációban is.

Tárolás lebomlásig

- ❖ 65 napnál nem rövidebb felezési idejű radionuklidokat tartalmazó radioaktív hulladékokat a felhasználó köteles munkahelyi radioaktív hulladék-tárolóban tárolni mindaddig, amíg az radioaktív hulladéknak minősül
- ❖ A 65 napnál hosszabb, de 100 napnál rövidebb felezési idejű radionuklidokat radioaktív hulladék munkahelyi radioaktív hulladék-tárolóban történő tárolása is megengedett mindaddig, amíg az radioaktív hulladéknak minősül

Nagy aktivitású hulladékok

Elhelyezésük esetén figyelembe kell venni:

- ❖ Hulladék keletkezésének körülményeit
- ❖ Milyen, a későbbiekben felhasználható anyagot tartalmaz
- ❖ Tartalmaznak-e valamilyen más, nem sugárvédelmi szempontból is veszélyes anyagot, pl. erős savat. → vegyes hulladék

Radioaktív hulladékok kezelése

A hulladékok elhelyezését különböző hulladékkezelési eljárások előzik meg



Növelhető az elhelyezés biztonsága
Csökkenthetőek a tárolással kapcsolatos anyagi kiadások

Hulladékok útja

- ❖ Gyűjtés
 - ❖ Oszályozás
 - ❖ Előkészítés
 - ❖ Térfogatcsökkentés
 - ❖ Kondicionálás
 - ❖ Minősítés
 - ❖ Átmeneti vagy végleges elhelyezés
- } szűkebb értelemben vett hulladékkezelés

A különböző aktivitás koncentrációjú, felezési idejű és halmazállapotú hulladékokra más és más eljárások alkalmazhatóak. Különösen a kezelés és az elhelyezés szempontjából fontos, hogy a radioaktív hulladék nem tartalmaz-e kémiaailag is veszélyes anyagokat.

Gyűjtés 1.

Radioaktív hulladékokat először keletkezésük helyszínén összegyűjtik



Nyilvántartás!

Hulladék megnevezése; Keletkezés helye; Keletkezés ideje;
Izotópos összetétele (csak kis aktivitású hulladékok esetében nem fontos, 11/2010. (III. 4.) KHEM rendelet a radioaktív anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének rendjéről, valamint a kapcsolódó adatszolgáltatásról **RADIUM-Rahel program!!!**)



Szelektálás!

Csoportosítás bizonyos szempontok szerint, mint éghetőség, halmazállapot...stb.

Gyűjtés 2.

Szilárd radioaktív hulladékok:

- zárható tartály, zsák, papírdoboz-zsák
- max. 10 kg hulladék / műanyag zsák
- 20-30 literes, műanyagzsákkal bélelt ólomedény (izotópdiaagnosztika is!)
- Átmeneti tárolók, a hulladékgyűjtő külső felületén a dózisegyenérték-

teljesítmény a

$20 \mu\text{Sv/h-t}$ nem lépheti túl!

Gyűjtés 3.

Folyékony radioaktív hulladékok:

- pl. szennyezett víz kisebb térfogatúra dúsítása
- 5-20 literes kannákban gyűjtik
- nagy mennyiség esetén fém, műanyag, ill. szigetelő anyaggal bevont tartályokban tárolják
- éghető, nem éghető folyékony radioaktív hulladékok külön gyűjtése

Légnemű radioaktív hulladékok:

- jó hatásfokú szűrők → szilárd hulladék

Osztályozás

A hulladékokat éghetőségük, halmazállapotuk, aktivitás-koncentrációjuk illetve kémiai összetételük szerint osztályozzák. (A kémiai összetétel nem csak a radioaktivitás szempontjából érdekes.)

A hulladékok összegyűjtése után feljegyzik azok megnevezését, becsült aktivitását, a szilárd hulladékok esetében a felületi dózisegyenérték-teljesítményt, folyékony hulladékok esetében a pH-t, a keletkezés helyét, idejét, s a hulladékban levő inaktív komponenseket.

Ha a hulladék sugárforrást is tartalmaz, annak az adatait külön fel kell tüntetni.

Előkészítés

A hulladékok előkészítése a szállítással és a kezelés előtti tárolással kezdődik.

Beszélhetünk: "on-site" kezeléstről, ekkor már a keletkezés, begyűjtés helyszínén kezelik a hulladékokat, illetve lehet a kezelés

"off-site", amikor ez máshol történik.

A szállítás általában hordókban, vagy nagyon szigorú biztonsági előírásoknak megfelelő ún. "cask-okban", speciális szállítótartályokban történik. A hulladék típusától függ, hogy melyik megoldás az előnyösebb.

Térfogatcsökkentés 1.

CÉL: - lehető legkisebb térfogat } gazdaságos és biz-
- szilárd halmazállapot } tonságos elhelyezés

CSAK kis- és közepes aktivitás-koncentrációjú
hulladékokra alkalmazható!

Hatékonysága:

- eljárás előtti és utáni térfogat, vagy tömeg aránya
- minél nagyobb térfogatú, mentességi szint alá eső anyag kivonása, → lehető legkisebb térfogatban marad vissza kezelendő hulladék

Térfogatcsökkenés 2.

- Történhet:**
- **tömörítéssel,**
 - **égetéssel,**
 - **bepárlással,**
 - **extrakcióval**
 - **szorpcióval (ioncserével)**

Tömörítés, Égetés, Bepárlás

Tömörítés: Ruhák, papíryananyagok, egyéb száraz anyagok összepréselése

Égetés: Szilárd → Szilárd és légnemű

Gazdaságos, a térfogat átlagosan 1/20-ára, vagy akár 1/100-ára is csökkenthető.

KIZÁRÓLAG erőművekben, vagy egységes minőségű hulladékok esetén!

Bepárlás: Folyékony halmazállapotú hulladékot melegítenek, bizonyos anyagok elpárologtatására.

Szennyezőkben feldúsult, csökkent össztérfogatú oldat marad vissza.

Extrakció, Ioncsere

Extrakció: Vizes közegben oldott radioaktív anyagok speciális szerves anyaghoz (extrahálószerhez) kötődnek.

Szerves fázis nem oldódik vízben → szétválasztható a maradék oldattól

Specifikus, különböző extraháló szerek, különböző elemeket kötnek meg a hulladékból.

Ioncsere: A hulladék adott ionpárjai megköthetők.

Specifikus, adott ion kivonásához, csak adott ioncserélő anyag használható.

Kondicionálás 1.

CÉL: Hulladékban található radioaktív részek megkötése, mozgásuk megakadályozása, különböző kötőanyagokba való beágyazása, azaz szilárdítása.

EGYARÁNT alkalmazható kis-, közepes- és nagy aktivitás-koncentrációjú hulladéokra!

Kis aktivitás esetén: cementezés, bitumenezés

Jelentős hőtermelésű, nagy aktivitású hulladék esetén: üvegesítés

Szigorú sugárvédelmi előírások, mivel a kondicionált hulladék formája végleges, elhelyezése immobilis.

Kondicionálás 2.

Szilárdítás során fontos, hogy a szilárdító anyag:

- áteresztő képessége alacsony,
- oldhatósága kicsi,
- mechanikai szilárdsága nagy legyen.

Megszilárdított hulladéknak ellen kell állnia a külső kémiai, biológiai hatásoknak, és maximálisan hő- és sugárállóknak kell lennie!

Kondicionálás 3.

Jellemzői, hatékonysága:

- Anyagáram: óránként kondicionált hulladék tömege (kg/h)

Költség ~ eljárásra fordítandó idő

- Kimoshatóság: Kondicionált hulladékot vízbe, tömény savakba, lúgokba helyezik, \Rightarrow mérik a hulladék minta tömegét, és meghatározzák a „mosólé” összetételét.

- Sugárállóság: Dózisteljesítmény mérés az elhelyezendő anyag felületén \Rightarrow megvizsgálják, nem pusztítja-e megengedhetetlen mértékben a hordozó anyagot.

Radioaktív hulladékok szállítása

MSZ 62-7:2011

Ionizáló sugárzás elleni védelem.

Sugárvédelem nyitott radioaktív készítmények alkalmazásakor

ADR a Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás. Magyarország 1979-ben csatlakozott az ADR-hez. Az **1979. évi 19. törvényerejű rendelet**tel került be a magyar jogrendbe. Belföldi szállításokra történő alkalmazását a **20/1979. (IX. 18.) KPM rendelet** írta elő.

Radioaktív hulladékok szállítása



Radioaktív hulladékok szállítása



Radioaktív hulladékok szállítása



Radioaktív hulladékok szállítása

Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft

- **RHFT – Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló hulladékbeszállítás, nem atomerőművi radioaktív hulladék**

<http://www.rhk.hu>

- Hulladék-átvételi követelmények
- Hulladék-bejelentő lap
- Radioaktív hulladékok átvételének általános feltételei

Radioaktív hulladékok szállítása

- Hulladék-átvételi követelmények

Jelenleg (többek között):

- Csak szilárd állapotban veszik át a hulladékot, a folyékony és légnemű hulladékot a helyszínen kell feldolgozni.
- A hulladéktemetőtől célszerű **előcsomagolási tájékoztatást** kérni.
- Régebbi zárt sugárforrások esetén 1 évnél nem régebbi zártságvizsgálat szükséges.

A radioaktív hulladék elhelyezése

Környezettudatos egyéni- és társadalmi gondolkodás előtérbe kerülése



Tudományos szakkifejezések beépülése a köztudatba

pl. üvegházhatás, ökológiai egyensúly, fenntartható fejlődés



Számos társadalmi, politikai csoportosulás, irányzat

„ZÖLDEK”

!HOSSZÚ TÁVÚ STRATÉGIA!

A hulladék-elhelyezés szempontjai 1.

Műszaki, tudományos, környezetvédelmi szempontok:

- Fölhígítás és környezetbe való kibocsátás ???
- Tárolás és folyamatos ellenőrzés ???
- Végleges izoláció és elhelyezés!

Bioszférától való minél távolabbi, minél hosszabb és minél biztosabb elválasztást jelent

- eltávolítás a világűrbe ???
- sarki jégsapkákba temetés ???
- elhelyezés mély tengerfenékre v. óceáni kéregbe ???
- elhelyezés mély, stabil geológiai környezetbe, kőzetekbe !

A hulladék-elhelyezés szempontjai 2.

Műszaki, tudományos, környezetvédelmi szempontok:

- **Többszörös gátrendszer elve!** Több egymást kiegészítő természetes és mesterséges gátnak kell az elszigetelést biztosítani.
 - izolációs gátak (víz behatolásának megakadályozására)
 - immobilizációs gátak (radioaktív anyag kioldásának megakadályozására)
 - retenciós gátak (megkötik a kioldott szennyezőket, lassítják vándorlásukat)

Visszanyerhetőség lehetősége ?!

A hulladék-elhelyezés szempontjai 3.

Sugárvédelmi szempontok:

Ugyanazon sugárvédelmi alapelveket kell alkalmazni, mint egyéb sugárterheléssel járó tevékenységnél.

- tevékenység IGAZOLÁSA
- DÓZISKORLÁTOZÁSI rendszer
- OPTIMALIZÁLÁS elve (ALARA)

Nehézség az ALARA elvnel van, külső körülményekben bekövetkező változásokat nehéz hosszú távon pontosan megjósolni. \Rightarrow becsléseket csak kb. 10000 évig érdemes elvégezni \Rightarrow Kollektív dózis becslés nehézségei!

A hulladék-elhelyezés szempontjai 4.

Társadalmi, politikai szempontok:

- nagyfokú befolyásoltság
- választási ciklusok → rövidtávú érdekek
- széleskörű társadalmi konszenzus szükséges
- bizonytalan idejű átmeneti tárolással szemben
előnyben részesül a végleges elhelyezés (távoli jövőben nem garantálható a szükséges társadalmi, politikai stabilitás)

A hulladék-elhelyezés szempontjai 5.

Gazdasági szempontok:

Alapvetően két gazdasági jellegű kérdés merül fel:

- Hogyan lehet az elhelyezéshez szükséges **pénzalapot megteremteni?**
- Hogyan lehet egy adott pénzösszeget a lehető **leghatékonyabban felhasználni** (belőle a legtöbb ember életét megóvni)?

A hulladék-elhelyezés szempontjai 6.

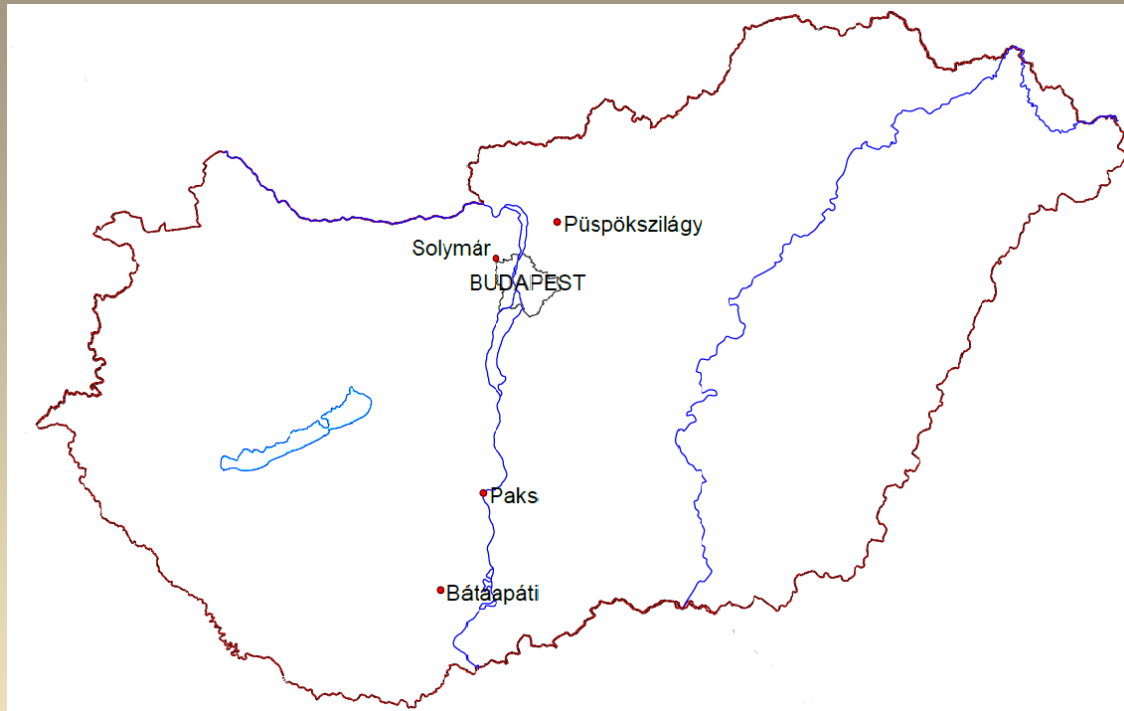
Etikai szempontok:

OECD, EEC és NAÜ közös álláspontjai:

- szomszédos országok védelme (védelem az adott ország határain túl)
- jövő generációk védelme (legalább olyan szigorú korlátokkal, mint a ma élőkénél)
- jövő generációk tehermentesítése (sem gazdasági, sem döntési kényszereket nem hagyhatunk rájuk)

Jelen generáció	Jövőbeli generáció
Döntéshozás lehetősége	Nincs beleszólás a döntésbe
Kevés kockázat, haszon	Fennmaradó kockázat zöme
Költségek terhelik	
Informáltak	Információjuk kevés, vagy nincs

Radioaktív hulladéktárolók



1960 Solymár, 1979-1980 tároló felszámolása

1976 Püspökszilágy

2012 Bataapati

Radioaktív hulladéktárolók 1.

Püspökszilágy, Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló (RHFT) az intézményi eredetű radioaktív hulladékok átvételére és elhelyezésére tervezték (1971) és helyezték üzembe (1976) Budapesttől 40 km-re.

A kisebb, üzemenyag cikluson kívüli radioaktív hulladék-termelőknél, mint a kórházak, laboratóriumok és ipari vállalatok jelenleg mintegy 10-20 m³ kis és közepes aktivitású hulladék és 1000-3000 elhasznált sugárforrás keletkezik évente.

A legtöbb radioaktív hulladék – az elhasznált zárt sugárforrásokat is ide számítva – az orvosi, ipari és kutatási alkalmazásokból származik. A két leggyakrabban használt izotóp, amelyekből jelentős készletek vannak, a ⁶⁰Co és az ¹⁹²Ir, amelyeket az orvosi és az ipari radiográfiában használnak.)

Püspökszilágy



Püspökszilágy



Püspökszilágy



Radioaktív hulladéktárolók 2.

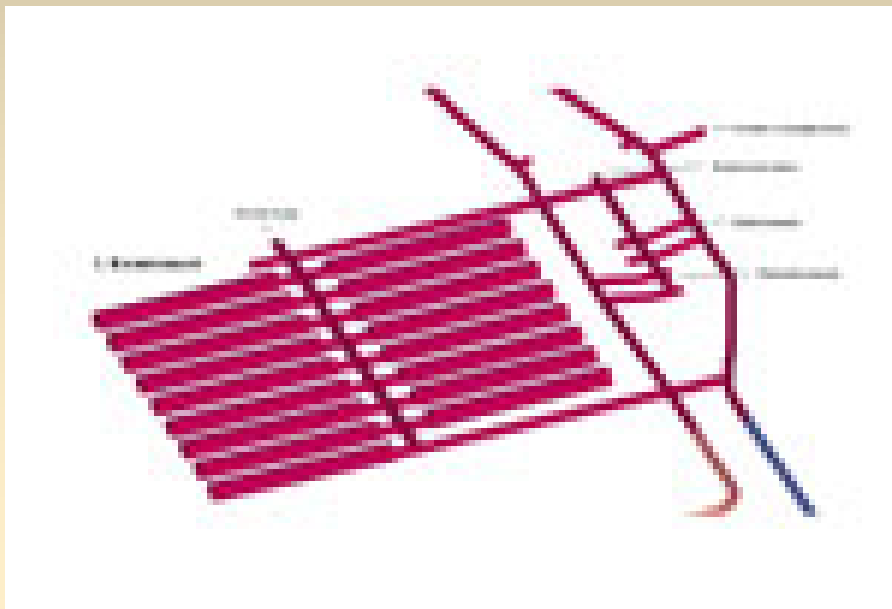
Bátaapáti (2012) Nemzeti Radioaktívhulladék-Tároló (NRHT) az erőművi eredetű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezésének megoldására építették .

A szilárd halmazállapotú hulladékok többségét 200 literes acélhordókban, tömörített formában helyezik el.

A hulladékcsomagok a Paks–Bonyhád-Bátaapáti útvonalon, saját, erre a célra kialakított és hatósági engedéllyel rendelkező gépjárművel jutnak a telephelyre

A 3000 db hordó befogadására alkalmas csarnokban minőség ellenőrző vizsgálatok, valamint a hulladék technológiai előkészítése történik a földalatti tárolásra

Bátaapáti

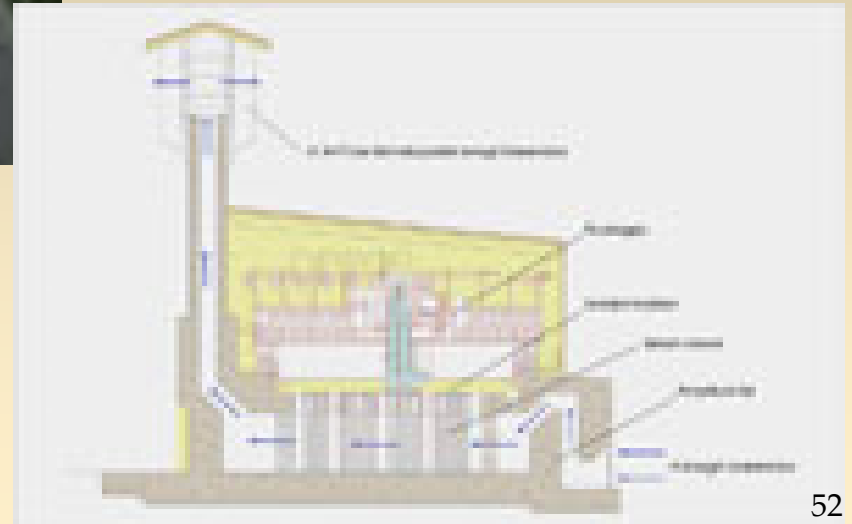


Radioaktív hulladéktárolók 3.

Paksi Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT) az atomerőmű elhasznált (kiegített) fűtőelemeinek biztonságos, végleges kezelését megelőző, műszaki okokból elengedhetetlen átmeneti, 50 éves tárolására szolgál.

A KKÁT telephelye a paksi atomerőmű üzemi területe mellett, annak déli részéhez csatlakozva helyezkedik el. A telephely Tolna megyében, Budapesttől körülbelül 118 km-re délre, Paks város központjától 5 km-re délre, a 6. sz. főközlekedési út és a Duna közötti területen található.

Paks



Környezetvédelem

- ❖ Rendszeres környezetvédelmi mérések a nukleáris létesítmények közelében, jellemzően: víz, talaj, levegő, növényi, állati és tej minták, esetenként: iszapaktivitás, és kihullás mérése
- ❖ Szigorú korlátozások a kibocsátott radioaktív anyagok mennyiségére

Közvetlenül a tárolók állapotát célzó mérések a következők:

- A hulladéktárolók közelében a tárolóaknákról lefolyó esővizet összegyűjtik és csak ellenőrző mérések után engedik ki a környezetbe.
- A tárolók közelében rendszeresen talaj- valamint növény- és állati eredetű mintákat vesznek, s elemzik azokat.
- A közelben levő patakok, tavak vizének aktivitását is rendszeresen ellenőrzik.

9/2022. (XII. 29.) OAH rendelet

a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről

Köszönöm a figyelmet!