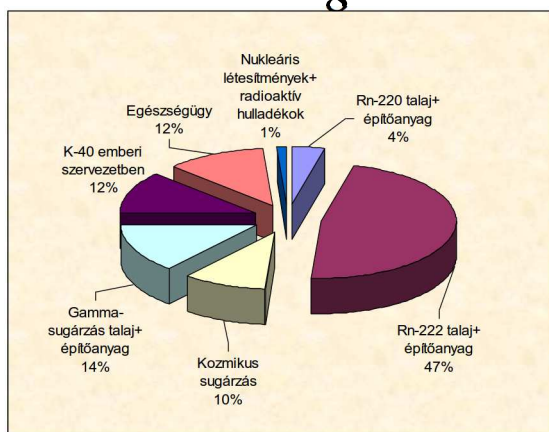


RADIOAKTÍV HULLADÉKOK KEZELÉSE

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 izotópkalkalmazások és zárt sugárforrások
- » 5 (!)kiemelt Nukleáris létesítmény (az élen Paks)
- » Uránbányászat
- » egyéb speciális esetek

Orvosi, ipari izotópkalkalmazások és zárt sugárforrások

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

Orvosi, ipari izotópkalkalmazások 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 hulladéktérfogat + kiegészített fűtőelemek)
- ❖ KFKI reaktor
- ❖ BME oktatóreaktor
- ❖ Debrecen-i ciklotron
- ❖ *KLTE Izotóp Laboratórium*

Uránérc-bányászat

Melléktermék, a nagy mennyiségű meddő salak.

- ❖ A meddőhányók jelentős mértékben tartalmaznak ²³⁸U 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 hulladékhöz 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.

9

Radioaktív hulladékok osztályozása 1.

MSZ 14344

Halmazállapot szerint:

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

10

Radioaktív hulladékok osztályozása 2.

Aktivitás koncentráció szerint:

- kis aktivitású hulladékok
< 5 * 10⁵ kBq/kg (low level waste-LLW)
- közepes aktivitású hulladékok
5 * 10⁵ - 5 * 10⁸ kBq/kg (intermediate level waste-ILW)
- nagy aktivitású hulladékok
> 5 * 10⁸ kBq/kg (high level waste-HLW)

11

Radioaktív hulladékok osztályozása 3.

Felületi dózisteljesítmény szerint:

- kis felületi dózisteljesítményű hulladékok
< 3*10⁻² Gy/óra
- közepes dózisteljesítményű hulladékok
3*10⁻²-10⁻² Gy/óra
- nagy dózisteljesítményű hulladékok
>10⁻² Gy/óra

12

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.

13

Kis aktivitású hulladékok Mentességi szint

23/1997. (VII. 18.) NM rendelet

a radionuklidok mentességi aktivitás koncentrációja és mentességi aktivitás szintjének meghatározásáról

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.

14

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

15

Radioaktív hulladékok kezelése

A hulladékok elhelyezését különböző hulladékkezelési eljárások előzik meg



Növelhető az elhelyezés biztonsága
Csökkenthetőek a tárolással kapcsolatos anyagi kiadások

16

Hulladékok útja

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

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 kémiai is veszélyes anyagokat.

17

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.

18

Gyűjtés 2.

Szilárd radioaktív hulladékok:

- zárható tartály, zsák, papírdoboz-zsák
- max. 10 kg hulladék / műanyag zsák
- 20-30 literes, műanyagzsákkal bélelt ólomedény (izotópdiagnostika is!)
- Átmeneti tárolók, a hulladékgyűjtő külső felületén a dózisegyenérték-teljesítmény a $20 \mu Sv/h-t$ nem lépheti túl!

19

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

20

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.

21

Előkészítés

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

Beszélhetünk: "on-site" kezelésről, 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.

22

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

23

Térfogatcsökkentés 2.

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

24

Tömörítés, Égetés, Bepárlás

Tömörítés: Ruhákat, papíryananyagokat, 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.

25

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.

26

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.

27

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!

28

Kondicionálás 3.

Jellemzői, hatékonysága:

- Anyagáram: óránként kondicionált hulladék tömege (kg/h)
Költség ~ eljárásra fordítandó idő
- Kimoshatóság: Kondicionált hulladékot vízbe, tömény savakba, lúgokba helyezik, ⇒ mérik a hulladék minta tömegét, és meghatározzák a „mosólé” összetételét.
- Sugárállóság: Dózisteljesítmény mérés az elhelyezendő anyag felületén
⇒ megvizsgálják, nem pusztítja-e megengedhetetlen mértékben a hordozó anyagot.

29

Radioaktív hulladékok szállítása

47/2003. (VIII.8.) ESZCSM rendelet

a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedúsuló, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugáregészségügyi kérdései.

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 rendelettel került be a magyar jogrendbe. Belföldi szállításokra történő alkalmazását a 20/1979. (IX. 18.) KPM rendelet írta elő.

30

Radioaktív hulladékok szállítása



31

Radioaktív hulladékok szállítása



32

Radioaktív hulladékok szállítása



33

Radioaktív hulladékok szállítása

Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit
Korlátolt Felelősségű Társaság

• RHFT hulladékbeszállítás

<http://www.rhk.hu/szolgáltatások/rhft-hulladekbeszallitas>

- Hulladék-átvételi követelmények
- Hulladék-bejelentő lap
- Radioaktív hulladékok átvételének általános feltételei
27/1999 (VI.4) GM rendelet a radioaktív hulladékok
végleges elhelyezésével kapcsolatos **beszállítási
díjtételekről**

34

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 sok NAŰ változás miatt a hulladéktemetőtől célszerű **előcsomagolási tájékoztatást** kérni.
- Régebbi zárt sugárforrások esetén 1 évnél nem régebbi zártságvizsgálat szükséges.

35

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!

36

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 !

37

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 ?!

38

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 körülmé-
nyekben bekövetkező változásokat nehéz hosszú
távon pontosan megjósolni. ⇒ becsléseket csak kb.
10000 évig érdemes elvégezni ⇒ Kollektív dózis
becslés nehézségei!

39

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)

40

A hulladék-elhelyezés szempontjai 5.

Gazdasági szempontok:

Al Gore: „Mérlegen a Föld” – rámutat, hogy közgazdasági és pénzügyi modellekben mennyire rosszul veszik figyelembe a hulladékgazdálkodást.

Alapvetően két gazdasági jellegű kérdés merül fel:

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

41

Püspökszilágyi



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 élőknel)
- 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

42

Püspökszilágyi



46

Radioaktív hulladéktárolók 1.

Püspökszilágyi 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, üzemanyag 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 alkalmazásokról származik. A két leggyakrabban használt izotóp, amelyekből jelentős készletek vannak, a ⁶⁰Co és az ¹⁹²Ir, amelyeket az orvosi és az ipari radiográfiában használnak.)

43

Radioaktív hulladéktárolók 2.

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

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

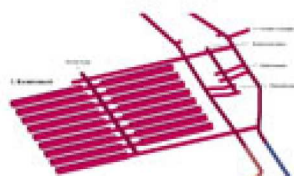
47

Püspökszilágyi



44

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.

49

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 tárolóknakról 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.

51