

RADIOAKTÍV HULLADÉKOKAT KEZELŐ KÖZHASZNÚ NONPROFIT KFT.

HÍRLEVÉL

JÖVŐNK BIZTONSÁGA, A JELEN FELELŐSSÉGE

- Hogy ük-ükunokáink is nyugodtan alhassanak
- Környezettudatos cementből épül a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója
- Tárlócsövek közötti kazetta áttárolás a KKÁT-ban
- Ionizáló sugárzás az élelmiszeriparban



RHK

Hogy ük-ükunokáink is nyugodtan alhassanak

Az atomerőművekkel kapcsolatban – a biztonságos üzemelés mellett – az egyik legfontosabb kérdés, hogy mi történik a kiégett fűtőelemekkel és a nagy aktivitású, illetve hosszú élettartamú radioaktív hulladékokkal. Bár mindenre nincsenek kész megoldások, a szakemberek – itthon és külföldön is – határozott, megalapozott elképzelések, programok alapján dolgoznak a sugárzó anyagokkal kapcsolatos feladatokon, hogy az atomenergia mai hasznélvezői ne hagyjanak a jövő generációkra az elfogadhatónál súlyosabb terheket.

Általános alapelv, amit az Atomtörvény is rögzített, hogy az atomenergia alkalmazása során keletkező radioaktív hulladék és a kiégett üzemanyag biztonságos kezelését, tárolását minden országnak magának kell megoldania. A 2015-ben a parlament által jóváhagyott magyar nemzeti politika is rögzíti ezt az alapelvet, amely mentén a kormány által 2016-ban elfogadott nemzeti program határozza meg a kiégett üzemanyag és a radioaktív hulladék kezelésének feladatait. A dokumentum részletesen szól a nukleárisüzemanyag-ciklus záró szakaszáról is – az alábbiakban ezzel a kevésbé gyakran taglalt témával foglalkozunk.

A nukleárisüzemanyag-ciklus záró szakaszára vonatkozóan ma a nemzetközi gyakorlatban alapvetően két elképzelés létezik. Nyílt ciklus esetén a kiégett üzemanyag további feldolgozás nélkül, közvetlenül kerül a radioaktív hulladék-tárolóba, végleges elhelyezésre. Zárt ciklus esetén a kiégett üzemanyagot feldolgozzák, vagyis az energiatermelésre még felhasználható összetevőit kivonják

(reprocessálás), és a visszamaradó – kisebb térfogatú, de még mindig nagy aktivitású – radioaktív hulladékot helyezik el a radioaktív hulladék-tárolóban. A két megoldásban közös, hogy a folyamat végén a kiégett üzemanyagot, illetve feldolgozás során keletkező nagy aktivitású hulladékot a hosszú távú biztonság szavatolása érdekében egy mélységi geológiai tárolóban kell elhelyezni.

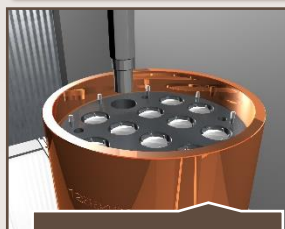
Hogy végül melyik, vagy esetleg milyen vegyes megoldás valósul meg, annak eldöntésére több mint egy évtized áll rendelkezésre, a jelenleg működő négy paksi reaktorblokk üzemidejét tekintve. A fentiekből következően viszont egy biztonságos mélységi geológiai tároló megépítésére mindenképpen szükség lesz. Csak így lehet elérni, hogy ezeket a hulladékokat igen hosszú, akár több száz ezer évre elzárjuk, elszigeteljük a felszíni környezettől.

A nyílt üzemanyagciklus esetében a kiégett üzemanyag az atomerőmű pihentető medencéiben töltött átlagosan öt év után az RHK Kft. üzemeltetésében

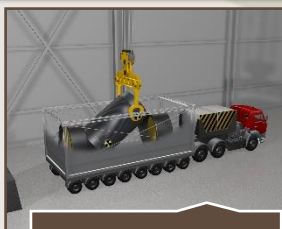
működő Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójába (KKÁT) kerül, ahol évtizedeken keresztül átmenetileg tárolják. Ez az időtartam szükséges ahhoz, hogy a kazetták hőtermelése (amely a reaktorból történő eltávolítást követően még jelentős, de a radioaktív bomlásnak köszönhetően folyamatosan csökken) oly mértékben lecsökkenjen, hogy azok hermetikusan lezárt speciális konténerekben elhelyezhetőek legyenek a mélységi geológiai tárolóban (a létesítmény legmegfelelőbb helyének meghatározására jelenleg is kutatások zajlanak a Nyugat-Mecsekben). A nyílt üzemanyagciklus előnye, hogy nem igényel bonyolult technológiai műveleteket, hátránya viszont, hogy nem hasznosul a kiégett kazettákban lévő maradék hasadóanyag.

Zárt cikluson napjainkban elsősorban az ipari méretekben folytatott részleges újrafeldolgozást értjük, amelynek során a további energiatermelésre alkalmas urán és plutónium izotópokat elválasztják. A pihentető medencékből kiemelt üzemanyag minden további nélkül alkalmas

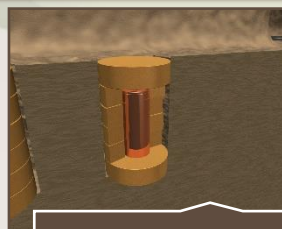
A referencia forgatókönyv a kiégett üzemanyag közvetlen elhelyezésével számol egy hazánkban épült mélységi geológiai tárolóban. A lenti képek ennek a folyamatnak egy lehetséges megvalósítását mutatják be, amely során a kiégett fűtőelemek rézkonténerekben kerülnek a tároló kamráinak bentonitgyűrűkkel kibélelt furataiba.



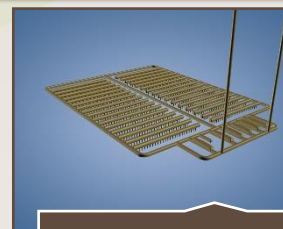
12 db kiégett kazetta kerülne egy réztokba



A szállítókonténer 3 réztokot tartalmazna



A réztokkokat bentonit foglalat védené a víztől



A tároló körülbelül 500 m mélységben lenne kialakítva



kémiai feldolgozásra. Az ipari méretekben folyó reprocessálás során a kiégett kazettákat feldarabolják, elkülönítik a fém szerkezeti anyagokat, majd a kiégett üzemanyagot salétromsavban feloldják. Az oldatból kivonják a plutóniumot és az uránt, amiből újra üzemanyagot lehet előállítani. Minden más radioaktív hulladék lesz, amelyet üvegesítenek. Ennek során a hulladékot először kiizzítják, majd a keletkező port szilícium- és egyéb oxidokkal keverik össze, nagy hőmérsékleten üveggé alakítva. Mivel az üveg hóálló, jól tűri a sugárzást és nem oldódik, biztonságosan magába zárja a radionuklidokat, az így kezelt hulladék acélkonténerekbe csomagolva véglegesen elhelyezhető a mélységi geológiai tárolóban.

A kiégett üzemanyag reprocessálásának továbbfejlesztett technológiája – ez ma még csak laboratóriumi méretekben létezik – lehetővé teszi az uránon és a plutóniumon kívüli egyéb, úgynevezett másodlagos aktinidák kivonását is a kiégett üzemanyagból. A másodlagos aktinidák újrahasznosítását ma elsősorban

negyedik generációs reaktorokban képzelik el. A visszamaradó nagy aktivitású hulladékot ugyanúgy üvegesítik, mint az előző esetben, ám ennek a hulladéknak az aktivitása és radiotoxicitása lényegesen kisebb, mint a ma már ipari gyakorlatban alkalmazott feldolgozásnál.

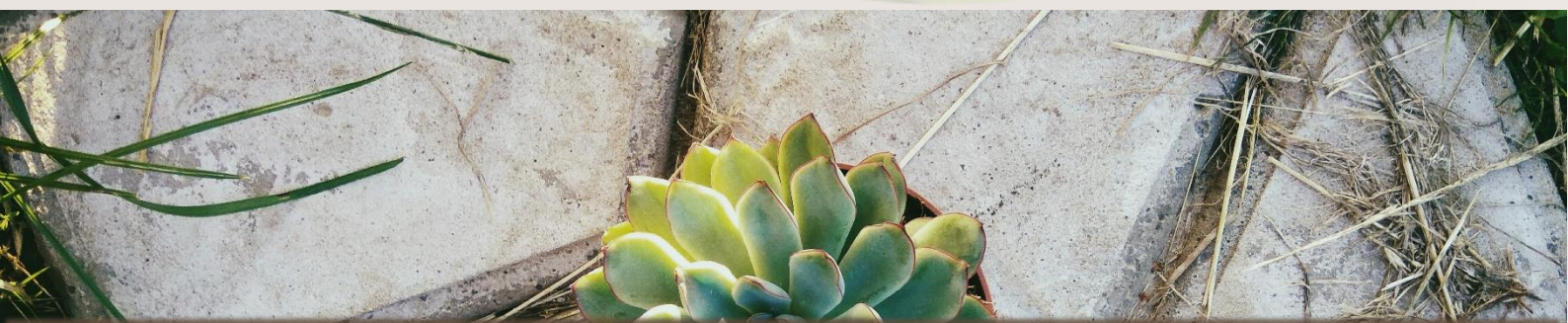
A reprocessálás igen komplex, drága technológia, ebből adódóan csak néhány ország rendelkezik vele, így a világban keletkezett kiégett üzemanyagnak is csak egy részét tudják egyelőre feldolgozni. Magyarország egy ilyen technológiát külföldi szolgáltatásként tudna igénybe venni, de hogy erre sor kerül-e egyszer, az még a „jövő zenéje”.

A nemzeti politika szintjén még nem született végleges döntés a nukleárisüzemanyag-ciklus záró szakaszára vonatkozóan, és a nemzeti program is több opciót tartalmaz. Fontos volt azonban kijelölni egy ún. referencia forgatókönyvet, amely alapján a kiégett üzemanyag kezelésével kapcsolatos hosszú távú költségek meghatározhatók. Ez a referencia forgatókönyv a kiégett

üzemanyag közvetlen elhelyezése egy hazai mélységi geológiai tárolóban, amelyre vonatkozó költségbecslés alapján teljesít a Paksi Atomerőmű évről-évre befizetést a Központi Nukleáris Pénzügyi Alapba.

Az alkalmazott stratégiánk a lépésről-lépésre, mérlegelve történő előrehaladás. Az előrehaladást a végpont, a mélységi geológiai tároló telephely kiválasztásának végrehajtása jelenti, míg a mérlegelés a nukleárisüzemanyag-ciklus záró szakaszára irányuló szolgáltatások és kutatás-fejlesztési tevékenységek nyomán követésében érhető tetten. A kutatás-fejlesztési munkákba hazai egyetemek és kutatóintézetek is sikeresen kapcsolódtak be.

A fentiek is jól támasztják alá, hogy a kiégett üzemanyag hosszú távú kezelési stratégiájának kiválasztásakor sok szempont – így a teljesség igénye nélkül: biztonsági, műszaki, társadalmi, gazdasági – mérlegelését kell elvégezni folyamatosan lekövetve a világban és hazánkban végbemenő változásokat.



Környezettudatos cementből épül a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolója

A paksi atomerőműben keletkezett kiégett üzemanyag-kazetták az erőmű pihentető medencéiben töltött minimum 3 év után kerülhetnek át a közvetlen közelben létesült tárolóba, ahol a kazetták további – legalább 50 év – átmeneti tárolása biztosított. A KKÁT első üteme 1997-ben készült el. Azóta több ütemben bővítették az átmeneti tárolót, melyet többek közt annak moduláris kialakítása tesz lehetővé. Jelenleg a III. ütem 3. fázisának építése zajlik.

Sugárvédelmi szempontból a KKÁT-nál vastagfalú, ún. tömegbeton szerkezeteket építenek. A nukleáris biztonság érdekében ezeknek a szerkezeteknek a megfelelősége, repedésmentessége kiemelten fontos. Éppen ezért nagy figyelmet fordítanak a megfelelő alapanyagok kiválasztására és a kivitelezés közbeni minőségellenőrzésre.

A tömegbetonoknál általánosan fennáll a beton károsodásnak veszélye a túlzott

hőfejlődés, illetve az egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás miatt. Ebből kifolyólag kiemelten fontos, hogy alacsony hőfejlesztésű cementet alkalmazzanak.

A KKÁT vastagfalú szerkezeteinek építéséhez a Duna-Dráva Cement Kft. (DDC) váci cementgyárában előállított Hazai Termék védjegyes CEM III/B 32,5 N-LH/SR cementet használnak. Ennek a cement típusnak a legkisebb a klinker

tartalma a DDC által jelenleg gyártott cementek közül. Ez több szempontból is kedvező. Egyrészt nagy előnye az alacsony hidratációs hőfejlesztése. Másrészt nem elhanyagolható az a tény sem, hogy az alacsony klinker tartalomnak köszönhetően a cement gyártásának CO² emissziója is lényegesen alacsonyabb a tiszta portland cementekhez képest. Emiatt a CEM III/B 32,5 N-LH/SR cement



környezettudatosság szempontjából is ideális választás a projekthez.

A szerkezet megfelelősége érdekében többszintű minőségellenőrzési folyamat működik a teljes kivitelezés során. A

kivitelező részéről a Beton Technológia Centrum Kft. (BTC) kapta a megbízást – akkreditált laboratóriumként – a folyamatos laboratóriumi vizsgálatok elvégzésére és a betontechnológiai kérdések megoldására. A tömegbeton

szerkezeteknél a károsodások elkerülése végett a BTC munkatársai az általános anyagvizsgálatok mellett a beton hőmérséklet változását is folyamatosan monitorozzák, hogy ezzel is ellenőrizték a kivitelezés folyamatának megfelelőségét.



Tárolócsövek közötti kazetta áttárolás a KKÁT-ban

A Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT) üzemeltetési engedélyében szereplő kitételek miatt nem engedélyezett a kazetták áttárolása egy tárolócsőből egy másik tárolócsőbe. Az RHK Kft. számára ez azt jelentette, hogy az üzemeltetési engedélyt megalapozó biztonsági jelentésben tárgyalt kazetta berakási és kirakási műveleteken kívüli kazettaműveleteket külön hatósági eljárásban kell engedélyeztetnie.

Az RHK Kft. döntést hozott arról, hogy el kívánja végezni a létesítmény aktuális (1-24. tárolókamrás) kialakítására vonatkozóan a kazetták áttárolási lehetőségének engedélyeztetését az Nukleáris Biztonsági Szabályzatban rögzített keretek figyelembevételével egy átalakítási engedélyezési eljárás keretében. A döntésben a biztonság növelésén túl, a már létesítési engedéllyel rendelkező kapacitásnövelő programra történő felkészülést segítő vizsgálatok végrehajtására vonatkozó szándék is közrejátszott.

Már az előzetes vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a tárolócsőből tárolócsőbe történő kazetta áttárolás a létesítmény normál üzemi rendszereivel megalósítható, műszaki átalakítást nem igénylő folyamat, viszont biztonsági elemzéseket, létesítmény szintű és egyéb szabályozó dokumentumokat érint. Az

áttárolás megalapozásának egyik legfontosabb lépése volt, hogy felülvizsgáltuk a tároló biztonsági értékelésének azon területeit, amelyek a kazetták átrakásával kapcsolatban érintettek. Elvégeztük a szubkritikuság és a hőtechnikai szempontok vizsgálatát, megvizsgáltuk az üzemzavari elemzések érvényességét, értékeltük a kezelők és a lakosság sugárterhelését. Igazoltuk, hogy az átmeneti tároló technológiai rendszereiben és az azokat magukban foglaló helyiségekben a normál üzem, a várható üzemi események és tervezési üzemzavarok következtében kialakuló állapotokat jellemző paraméterek az elfogadott tervezési értékek alatt maradnak, valamint a kibocsátások az előírt határérték alatt maradnak.

Az eljárás a vártnál hosszabbra nyúlt, de végül a munkánkat siker koronázta, 2020. májusában az OAH kiadta az engedélyt

a KKÁT 1-24. kamrás kiépítésének tárolócsövei közötti áttárolásához. Ennek feltétele, hogy a KKÁT-ba szállított kiegészített kazetták és a tárolócsövek között áttárolt kazetták együttes száma nem haladhatja meg az 500 kazetta/év mennyiséget.

Az engedély szerint nyáron elvégeztünk imitátor kazettával egy áttárolást, majd elkészítettük az átalakítás értékelő jelentését. Mindezek után felkészültünk az éles bevetésre. 2020. október közepén – az 1.kamrában tervezett tárolócső állapotvizsgálat miatt – az előre kijelölt 6 db kiegészített kazettát sikeresen áttároltunk a közeli kamrákban rendelkezésre álló üres tárolóhelyekre. Majd a vizsgálatok után a kazetták visszakérültek az eredeti pozícióikba, ott várják a megnövelt kapacitású (XXL) kamrák megépülését, amely innovációról [itt](#) olvashatnak részletesebben.

Rövid beszámoló a KKÁT egyéb aktuális eseményeiről:

- NAÜ és Euratom küldötteinek fogadása, felügyelte, és helyszíni ellenőrzés levezénylése.
- A KKÁT 2020-ban összesen négy alkalommal fogadott nukleáris anyagot, ez a biztosítéki helyszíni ellenőrzések számát is meghatározta, mivel minden beszállítás után a NAÜ fém,- és optikai pecséttel látta el az újonnan beszállított kazetták tárolócsöveit.
- A KKÁT-ban rendelkezésre álló emelőgépek karbantartási és vizsgálati munkáinak szervezése.
- Folyamatos tartalék alkatrész utánpótlás biztosítása.
- 2020. évi tárolócső vizsgálati munka tárgyi feltételeinek előkészítése.



Ionizáló sugárzás az élelmiszeriparban

Jóllehet a mezőgazdaság szót hallva a legkevésbé jutna eszünkbe a radioaktív hulladék, mégis több köze van hozzá, mint hinnénk. Ugyanis, a termények betakarítását követően, az élelmiszeriparban már régóta használnak ionizáló sugárzást például hagyma, krumpli vagy a gyümölcsök hosszabb tárolása, biztonságos fogyaszthatósága érdekében. A kezelésekhöz használt sugárforrásokból pedig végül radioaktív hulladék lesz, amelyek összegyűjtéséről, biztonságos tárolásáról a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. (RHK Kft.) gondoskodik.

Az élelmiszeriparban használt sugárforrások Társaságunk fióktelepére, a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóba (RHFT) kerülnek, más kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékkal (ipari, mezőgazdasági, gyógyászati, oktatási, kutatási tevékenység során keletkező anyagokkal) együtt.

Mielőtt bárki aggódni kezd az élelmiszer-besugárzás miatt, szögezzük le: ezek az eljárások hosszú évtizedek óta, szigorú nemzetközi szabályozás közepette, biztonságosan működnek, sőt, ma már az orvosi felügyelet alatt álló, sterilizált élelemre szoruló, immunhiányos betegek esetében létszükségletet jelentenek. Ők egyébként még a Túró Rudit és a krémtúrót is csak ily módon kezelve fogyaszthatják.

Mi is ez az eljárás, és mi mindenre való?

Amikor az élelmiszert ionizáló sugárzással kezelik, háromféle lehetőség közül választanak, az elérendő célnak megfelelően: röntgensugarakat alkalmaznak, vagy nagy energiájú elektronokat, esetleg gamma sugárzást (kobalt 60-as, vagy a cézium 137-es radioizotópot). A tevékenység zárt

rendszerben folyik, ahol a sugárforrás és az élelmiszer szigorúan elkülönül. A művelet során az élelmiszer az általa elnyelt sugárzástól nem válik radioaktívvá, ahogy egy röntgen vizsgálat után mi sem leszünk radioaktívak. A szükséges dózisok igen alacsonyak, de hatásukra a nemkívánatos mikroorganizmusok, rovarok elpusztulnak, elkerülhető a krumpli, hagyma kicsírázása, a gyümölcsök rothadása.

A raktári rovarkártevők ellen is hatásos védelmet kínál az ionizáló energia. Előnye a gázzal, vagy vegyszeres kezeléssel szemben, hogy a rovarfejlődés minden szakaszában (tojásokra, lárvákra, imágókra egyaránt) hatásos, ugyanakkor nincs mérgezés és szermaradvány probléma. Lisztfélék esetében is bevetethető. Napjainkban világszerte igen sokféle fogyasztásra szánt élelmiszeren alkalmazzák az eljárást, a legtöbbször fűszereken, baktérium- és penészölő hatása miatt. Az Unión belül mindezeknek az élelmiszereknek az előállítás, forgalmazása szigorú előírásoknak megfelelően történik. Fontos hangsúlyozni, hogy az eljárások bevezetését hosszú kutatások, vizsgálatok

előzték meg, amelyek során a megfelelő sugárdózisokat úgy állították be, hogy a végtermék élvezeti értéke megmaradjon. Az ilyen termékeket csupán az különbözteti meg kezeletlen társaiktól, hogy a bolti címkéken, csomagoláson – a szabályoknak megfelelően – fel kell tüntetni, hogy „besugárzott” vagy „ionizáló sugárzással kezelt”. (Ma már egyébként a vegyszerrel tartósított gyümölcsökön – főként a citrusféléken – találkozhatunk olyan felirattal is, ami másfajta, vegyszeres kezelésre figyelmeztet, ezeknek a narancsoknak, citromoknak a héját mindenképp ki kell dobni)

Az ionizáló sugárzás élelmiszereken történő használatára elsőként 1905-ben, Angliában adtak ki szabadalmat. A következő nagy lépést ezen a területen az Amerikai Egyesült Államok tette meg: 1921-től röntgensugarakat alkalmazta egy parazita, a Trichinella spiralis előlészére, amely a disznóhús fogyasztásakor betegítette az embereket. Magyarországon a krumpli volt az első besugárzott élelmiszer, és 1972-ben került kereskedelmi forgalomba.



A képen látható, ólommal bélelt forrókamrában dolgozzák fel a szakemberek a radioaktív sugárforrásokat a manipulátorok segítségével, amelyek az emberi kéz finom mozgásait is képesek lemásolni.



Néhány szó a technológiáról. Az EU-n belül szigorú szabályok rögzítik, milyen feltételeknek kell megfelelni ahhoz, hogy egy vállalkozás élelmiszer-besugárzást végezhesen. A műveletek zárt rendszerben, automatizáltan, besugárzó üzemekben történnek, ahol az energiaforrások elkülönítve, egy, a biológiai védelmet szolgáló kamrában találhatók. Az élelmi anyagokat szállítópálya továbbítja a kezelő kamrába, és a rendszer az energiaforrás körül úgy mozgatja azokat, hogy az energia minden oldalról egyenletesen érje, majd a folyamat végén, a szállítópályán kerül ki az energia téből. A folyamatot számítógép irányítja, amely gondoskodik a véletlen sugárbaesetek megelőzésére hivatott sugárvédelmi reteszelő rendszer felügyeletéről és a sugárkezelési folyamat irányításáról, stabilitásáról, nyilvántartja a

termelési adatokat, üzemi hibákat és leállásokat is.

Nézzük, mi történik az elhasznált sugárforrásokkal. Fentebb említettük, hogy a mezőgazdaságban elhasznált sugárforrások az RHK Kft. létesítményébe kerülnek. Az RHFT 1976 óta működik, több mint harminc éve pedig kizárólag intézményi kis és közepes aktivitású hulladékok kerülnek ide. Nagyobb részt hordós hulladékok tárolása folyik itt, de az élelmiszer besugárzásból származókon kívül ide szállítják pl. az egészségügyi eszközökből, füstjelzőkből, ipari mérőeszközökből stb. kiserelt, elhasznált sugárforrásokat is. Ezeket sugárárnyékolt szállítókonténerekben, speciális járműveken, legtöbbször az RHK Kft. szakemberei viszik be a létesítménybe. A sugárforrásokat

ügynevezett forrókamrában dolgozzák fel. A szétszerelést követően a kisméretű radioaktív anyagok korrózióálló acél gyűjtőtokba kerülnek, amelyeket még a kamrában hegesztéssel hermetikusan lezárnak. A tárolásra előkészített hulladékot csőkutakban, illetve csöves tárolókban helyezik el.

Maga az RHFT, a folyamatos fejlesztések és beruházások révén, mindig a lehető legkorszerűbb és legbiztonságosabb módon üzemel, figyelve arra, hogy mindig elegendő hely legyen a beszállított hulladékoknak. A telephely radioaktív kibocsátására igen szigorú határértékeket állapítottak meg a szakhatóságok, amelyek betartását rendszeresen ellenőrzik.



A szállítás sugárárnyékolt szállítókonténerekben történik, ezek szerepe, hogy a sugárforrásokat még egy szállítási baleset esetén is biztonságosan, a környezettől hermetikusan elzárva tartsák.