

RADIOAKTÍV HULLADÉKOK OSZTÁLYOZÁS HAZAI SZABÁLYOZÁSÁNAK KORSZER SÍTÉSE

Absztrakt

Magyarországon a radioaktív hulladékok osztályozását a 2003-ban hatályba lépett Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium (ESzCsM) rendelete alapján határozták meg. A rendelet megalkotásakor a nemzetközi irodalom szerinti több fontos tényez t nem vettek figyelembe, mivel hazánk még nem rendelkezett olyan hulladéktárolóval, ahol azt alkalmazni lehetett volna. Napjainkban e tényez k alkalmazása szükséges lehet hazánk fenntartható fejl déséért, valamint a nukleáris létesítmények leszerelésének gazdaságosságáért. Az atomenergia széleskör alkalmazása indokolja a szabályozás és a szabályozó szervezet folyamatos fejl dését. A szabályozás fejlesztésének lehet ségeit megvizsgáltuk, ami alapján javaslatot tettünk a radioaktív hulladék osztályozásának változtatására.

Kulcsszavak: radioaktív hulladék osztályozása, jogszabályok, sugárvédelem, korszer sítés

MODERNIZATION OF THE CLASSIFICATION OF RADIOACTIVE WASTE IN OUR REGULATION

In Hungary the classification of the radioactive waste was defined on the basis of a Ministry of Health, Social and Family Affairs Decree, which has been entered into force in 2003. During the creation of the decree several important factors of the international literature were not taken into consideration since our country did not have a waste storage facility, where it could have been applied. Today it could be necessary to apply these factors for the sustainable development of our country, as well as the economical decommissioning of nuclear facilities. The wide range of application of the atomic energy justifies the continuous development of the regulation and the regulatory body. We examined ways to improve the regulation and we made a proposal to change the classification of radioactive waste on the basis of the results of our examination.

Key Words: classification of radioactive waste, legislation, radiation protection, modernization

1. BEVEZETÉS

Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény [1] (a továbbiakban: atomtörvény) és a kapcsolódó végrehajtási rendeletek módosítása alapján 2014. július 1-től az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) lett a felügyeleti hatóság a radioaktív hulladék-tárolók esetében is. Ezzel egyidőben kifejlesztette a tárolókra vonatkozó jogszabályokat, melynek eredményeként hatályba lépett a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről szóló 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet és annak mellékletei, a tárolók biztonsági szabályzata. [2]

Hazánkban radioaktív hulladékok az atomerőművekben, a kutatóintézetekben, orvosi, ipari, mezőgazdasági intézményekben és laboratóriumokban keletkeznek. Az atomerőművekben keletkező szilárd és folyékony radioaktív hulladékokat az erőművekben dolgozzák fel, valamint rendelkeznek ideiglenes radioaktív hulladék-tárolóval. [3]

Hazánk több radioaktív hulladék-tárolóval is rendelkezik, különböző célokkal. A püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolót 1976-ban helyezték üzembe és azóta is fogadja a nem atomerőművi eredetű radioaktív hulladékokat. A létesítmény a telephelyen el nem helyezhető radioaktív hulladék hosszú idejű (több évtizedes) átmeneti tárolására is alkalmas. A harmadik létesítmény a Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló, ami 2012-ben fogadta az első vasbeton konténert. A létesítmény az atomerőművi eredetű kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékainak végleges tárolására létesült. [3]

Hazánkban a radioaktív hulladékok osztályozásával a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során keletkező, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugár-egészségügyi kérdéseiről szóló 47/2003. (VIII. 8.) ESzCsM rendelet [4] foglalkozik. A rendelet a felelősségi körök változásával módosult, számos követelmény átkerült a 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendeletbe. A 47/2003. ESzCsM rendelet melléklete megtartotta a hulladékok osztályozásának szempontjait, de az előírásai kikerültek onnan. A rendelet címében szerepel az átmeneti és végleges tárolás is, de azzal nem foglalkozik.

Egyéb osztályozási szempontokat tartalmaz az MSZ 14344-1:2004 számú, „Radioaktív hulladékok. Fogalom meghatározások és osztályozás” című szabvány. [5]

A 47/2003. ESzCsM rendelet és szabvány felülvizsgálata és korszerűsítése még nem történt meg. A hazai szabályozásban jelenleg alkalmazott radioaktív hulladék osztályozási

rendszer a nemzetközi irodalom számos tényezőt nem veszi figyelembe, ugyanakkor mára elengedhetetlennek tekinthető azokat alkalmazni. Ilyen a nagyon kis aktivitású hulladék osztály, mely a fenntartható fejlődés feltételeként is felfogható, hiszen nem csupán gazdasági szempontokat tart szem előtt, hanem környezetünk megóvása érdekében is ajánlatos alkalmazni.

A munka során megvizsgáltuk a nemzetközi ajánlásokat, majd a vizsgálat eredményei alapján ajánlást tettünk a radioaktív hulladék-osztályozás korszerűsítésére.

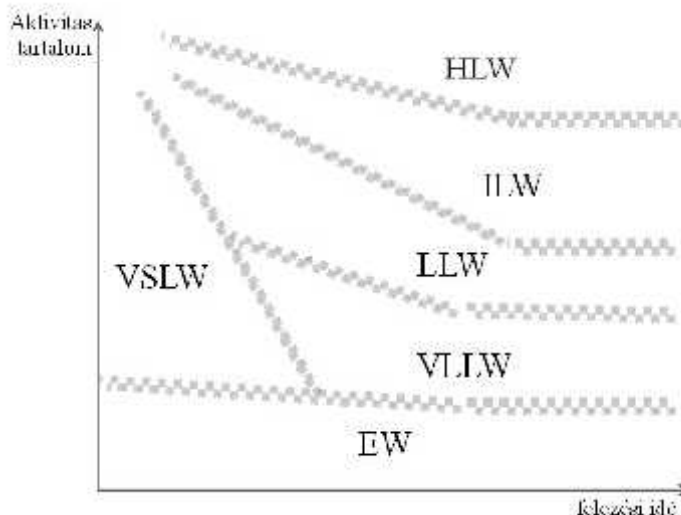
2. NEMZETKÖZI AJÁNLÁSOK, IRÁNYELVEK

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (a továbbiakban: NAÜ) a radioaktív hulladékok osztályozásának szempontjait a GSG-1 dokumentumában [6] adja meg, melynek címe „*A radioaktív hulladékok osztályozása*”.

A NAÜ a hulladékokat 6 fő osztályba sorolja, miszerint

- mentességi szint alatti hulladékok (EW);
- nagyon rövid élettartamú radioaktív hulladék (VSLW);
- nagyon alacsony szintű radioaktív hulladék (VLLW);
- kis szintű radioaktív hulladék (LLW);
- közepes szintű radioaktív hulladék (ILW);
- nagy szintű radioaktív hulladék (HLW).

Az egyes osztályokhoz ugyan nem egzakt módon, de meghatározza, hogy milyen mennyiségben tartalmazhat hosszú felezési idejű izotópot. Az 1. ábra a NAÜ ajánlásaiból származó hipotetikus elképzelést mutatja, amit úgy kell értelmezni, hogy a csoportok korlátjait aktivitás-koncentráció értékben adjuk meg, mely függ a felezési időtől.



1. ábra: Radioaktív hulladékok osztályozása a NAÜ ajánlása szerint

(Az ábrát a szerző a [6] ajánlás alapján készítette.)

Minden osztályhoz megadja a fő szempontokat, amelyet alkalmazva definiálhatók a kategóriák, illetve azok segítségével közelíthet az 1. ábra is. Ezek közül a javaslatátételnél felhasznált fontosabb szempontok a következők voltak:

VSLW:

- Csak nagyon rövid felezési idejű izotópokat tartalmaz, amelyeket mindaddig tárolni lehet, míg a felszabadítási szint alá nem csökken az aktivitástartalma;
- Hosszabb felezési idejű izotópokból pedig csak annyit tartalmazhat, ami a felszabadítási szint alatt van;
- 100 napot ajánl a dokumentum a felezési idő határának.

VLLW:

- A felszabadítási szintet csak kis mértékben haladja meg az aktivitás-koncentrációja;
- Alacsonyabb biztonsági követelményekkel létesíthető tároló;
- Felszíni, vagy felszín közeli tárolókban biztonságosan elhelyezhető.

LLW:

- A normál kezelés és szállítás alatt nem igényel árnyékolást, amihez a dokumentum a kis és közepes aktivitású hulladékok elválasztásához 2 mSv/h felületi dózisteljesítményt ajánl;
- Felszín közeli tárolóba ajánlja az elhelyezését;
- Kis mennyiségben tartalmazhat hosszú felezési idejű izotópokat is, az ajánlás szerint hosszú élettartamú alfa-sugárzó radionuklidokat (ez a koncentráció 4000 Bq/g egy egyjt csomagolás esetében, és 400 Bq/g a teljes hulladék mennyiségre átlagolva), míg

hosszú élettartamú béta- és/vagy gamma-sugárzó izotópokat az el z eknél nagyobb mennyiségben, de az értékek a tároló specifikumaitól kell függenie.

ILW:

- A végleges elhelyezéshez a hosszú felezési idej izotópok miatt nagyobb mértékű gátekra lehet szükség.

HLW:

- Nagy koncentrációban tartalmaz rövid és hosszú felezési idej izotópot egyaránt;
- Számolni kell a h fejl déssel;
- Az aktivitás-koncentrációra egy tipikus érték lehet a 10^4 - 10^6 TBq/m³.

3. A HAZAI RADIOAKTÍV HULLADÉKOK OSZTÁLYOZÁSÁNAK BEMUTATÁSA

Hazánkban a radioaktív hulladék-osztályokat a 47/2003. ESzCsM rendelet [4] határozza meg. Sajnálatos módon a rendelet 2015. januárban hatálytalanított részei írták le, hogy a radioaktív hulladékokat osztályozni kell, így ugyan a rendelet melléklete tartalmazza a radioaktív hulladékok osztályainak szempontjait, de azt nem kötelez figyelembe venni. Ezen felül az osztályozás olyan fogalmakat használ, amelyek az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet [7] megjelenése miatt törésre kerültek a radionuklidok mentességi aktivitás koncentrációja és mentességi aktivitása szintjének meghatározásáról szóló 23/1997. (VII. 18.) NM rendeletből. [8] Ezen okok miatt elengedhetetlen a radioaktív hulladékok osztályozásának felülvizsgálata.

A 47/2003 ESzCsM rendelet [4] először besorolja a radioaktív hulladékokat a nagy aktivitású osztályba, melybe a hulladék akkor tartozik, ha a h termelését a tárolás és elhelyezés tervezése és üzemeltetés során figyelembe kell venni. Itt pontos értéket nem határoz meg, csak annyit ír elő, hogy figyelembe kell venni. Ezután a kis és közepes osztályra azt mondja, hogy a hulladékot akkor kell ide sorolni, ha a h fejl dés az elhelyezés (és tárolás) során elhanyagolható. A kis és közepes osztályt felosztja felezési idő szerint két részre, mégpedig a 30 év alatti felezési idej , vagyis rövid élettartamú, valamint 30 év feletti felezési idej , azaz hosszú élettartamú. Azt megengedi, hogy a rövid élettartamúban legyenek korlátozottan hosszú élettartamú, mégpedig hosszú élettartamú alfa-sugárzó radionuklidok (ez

a koncentráció 4000 Bq/g egy gy jt csomagolás esetében, és 400 Bq/g a teljes hulladék mennyiségre átlagolva). Ezután a kis és közepes aktivitású osztályt felbontja más szempont szerint két részre, mégpedig aktivitás-koncentráció szerint kis aktivitású és közepes aktivitású osztályra, megkülönböztetve, hogy a hulladék egy fajta izotópot, vagy több fajta izotópot tartalmaz-e.

1. táblázat. A radioaktív hulladék kis és közepes aktivitású osztályba sorolása aktivitás-koncentráció alapján, 1 izotóp esetében [4]

Radioaktív hulladék osztály	Aktivitás-koncentráció (Bq/g)
Kis aktivitású	1 MEAK - 10 ³ MEAK
Közepes aktivitású	> 10 ³ MEAK

ahol MEAK az adott izotóp mentességi aktivitás-koncentrációja.

Ha a radioaktív hulladék többfajta radioizotópot is tartalmaz, akkor az osztályozást a következők szerint kell elvégezni (2. táblázat):

2. táblázat. A radioaktív hulladék kis és közepes aktivitású osztályba sorolása aktivitás-koncentráció alapján, több izotóp esetében [4]

Radioaktív hulladék osztály	Aktivitás-koncentráció viszonyítás
Kis aktivitású	$\sum_i \left(\frac{AK_i}{MEAK_i} \right) \leq 1000$
Közepes aktivitású	$\sum_i \left(\frac{AK_i}{MEAK_i} \right) > 1000$

ahol AK_i a radioaktív hulladékban elforduló i -edik radioizotóp aktivitás-koncentrációja, míg a $MEAK_i$ az i -edik radioizotóp mentességi aktivitás-koncentrációja.

A radioaktív hulladékok osztályozásához a 487/2015. Korm. rendelet [7] 43.§ (9) bekezdése szerinti nyitott radioaktív sugárforrásokkal kapcsolatos munkavégzésre vonatkozó sugárvédelmi elírások is hozzá tartoznak, melynek g) pontja szerint a 65 napnál rövidebb felezési idejű radioaktív hulladékot a laboratórium köteles az erre a célra kialakított, intézményen belüli átmeneti radioaktív hulladék-tárolóban tárolni mindaddig, amíg az radioaktív hulladéknak min. süll.

A hazai szabályozásnál meg kell említeni az MSZ 14344-1:2004 szabványt, [5] ami a radioaktív hulladékok osztályozásával foglalkozik. Ez lényegében felfogható úgy, mint ami kiegészíti a 47/2003. ESzCsM rendeletet. [4]

A szabvány szerint, ha reaktorok és gyorsítók m ködtetéséb l származó szilárd radioaktív hulladék esetében alfa- sugárzás és aktinida jelenléte kizárható, illetve az osztályozás megbízhatóan nem végezhet el, akkor az osztályozás alapja az egyes göngyölegek felületi dózisteljesítménye lehet.

3. táblázat. göngyölegek felületi dózisteljesítménye szerinti osztályozás [5]

A radioaktív hulladék osztályozása	Környezeti dózisegyenérték-teljesítmény $\mu\text{Sv/h}$
Kis aktivitású	< 300
Közepes aktivitású	300 – 10000
Nagy aktivitású	> 10000

A szabvány ugyanúgy megkülönböztet rövid, illetve hosszú felezési idej izotópokat. Az a rövid élettartamú, aminek felezési ideje egész évre kerekítve kisebb, vagy egyenl , mint 30 év. Erre a kerekítésre a Cs-137 izotóp miatt van szükség, aminek a felezési ideje 30,17 év.

A szabvány szintén alkalmazza az aktivitás-koncentráció szerinti osztályozást, de a nagy aktivitású osztály alsó határához is meghatároz egy értéket.

HAZAI RADIOAKTÍVHULLADÉK-TÁROLÓ LÉTESÍTMÉNYEK [3: 14-17, 61]



2. ábra. A fontosabb telephelyek Magyarországon [3: 14]

Solymári radioaktív hulladék-tároló

1960-ban egy ideiglenes radioaktív hulladék-tárolót létesítettek Solymáron. A kis aktivitású hulladékot elre gyártott betongyűrűben helyezték el, tömedékelés nélkül. Amikor a kutak megteltek, betonnal fedték be azokat.

Miután a telephely hosszú idejű elhelyezésre alkalmatlannak bizonyult (elsősorban a talaj kedvezőtlen vízszigetelő tulajdonsága és a telephely hátrányos hidrogeológiája miatt), 1979-1980. folyamán a solymári telephelyről a hulladékot elszállították, a telephelyet megtisztították és bezárták. Ezt követően gondoskodtak a környezet folyamatos ellenőrzéséről és a hatóság korlátozott használat mellett felszabadította a területet.

Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló

Hazánkban 1976-ban helyezték üzembe a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezésére szolgáló Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolót, melynek telephelye Püspökszilágyon van, Budapesttől 40 km-re északkeletre. A tároló tipikus felszín közeli

létesítmény, amely beton medencékből és az elhasznált zárt sugárforrások tárolására szolgáló kutakból áll.

Az illetékes hatóság 1980-ban adta ki a tároló végleges működési engedélyét. Átvételi kritériumok hiányában a tároló a nukleáris technológiák és az izotópok alkalmazása során keletkezett majdnem minden fajta hulladékot fogadott. 1979-1980 között a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolóban helyezték el azokat a hulladékokat, amelyeket addig ideiglenesen Solymáron tároltak.

A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolót 1998. július 1-jétől a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft. üzemelteti.

A földtudományi vizsgálatok szerint a püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolót nem lehet olyan mértékben bővíteni, hogy a Paksi Atomerőmű üzemeléséből, majd leszereléséből származó hulladékot is ott helyezték el. Így a Paksi Atomerőműben keletkező kis aktivitású szilárd hulladékot csak átmeneti megoldásként szállították a püspökszilágyi tárolóba. Ugyanebben az időben a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló kapacitását az atomerőmű pénzügyi támogatásával megnövelték. Ezzel a tároló összes kapacitása 5040 m³ lett.

A biztonsági értékelések eredményei ugyanakkor egyértelműen azt mutatják, hogy a tároló lezárását követően, a távolabbi jövőben bizonyos radioaktív hulladékok esetleges emberi behatolás esetén veszélyt jelenthetnek (lásd H. fejezet). A tároló hosszú távú (elsősorban a jövő generációkat érintő) biztonságának növelésére ezért többéves program indult, amelynek keretében a kijelölt medencékből visszanyert hulladékból kiválogatják a 'kritikus' hulladékfajtákat, a többi hulladékot pedig lehetőség szerint tömörítve helyezik vissza a tárolómedencékbe, ezzel tárolási térfogatot szabadítanak fel. Így a 2004-ben betelt tároló továbbra is fogadni tudja majd az ország intézményi eredetű radioaktív hulladékait.



3. ábra. A Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló madártávlatból [9]

Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló

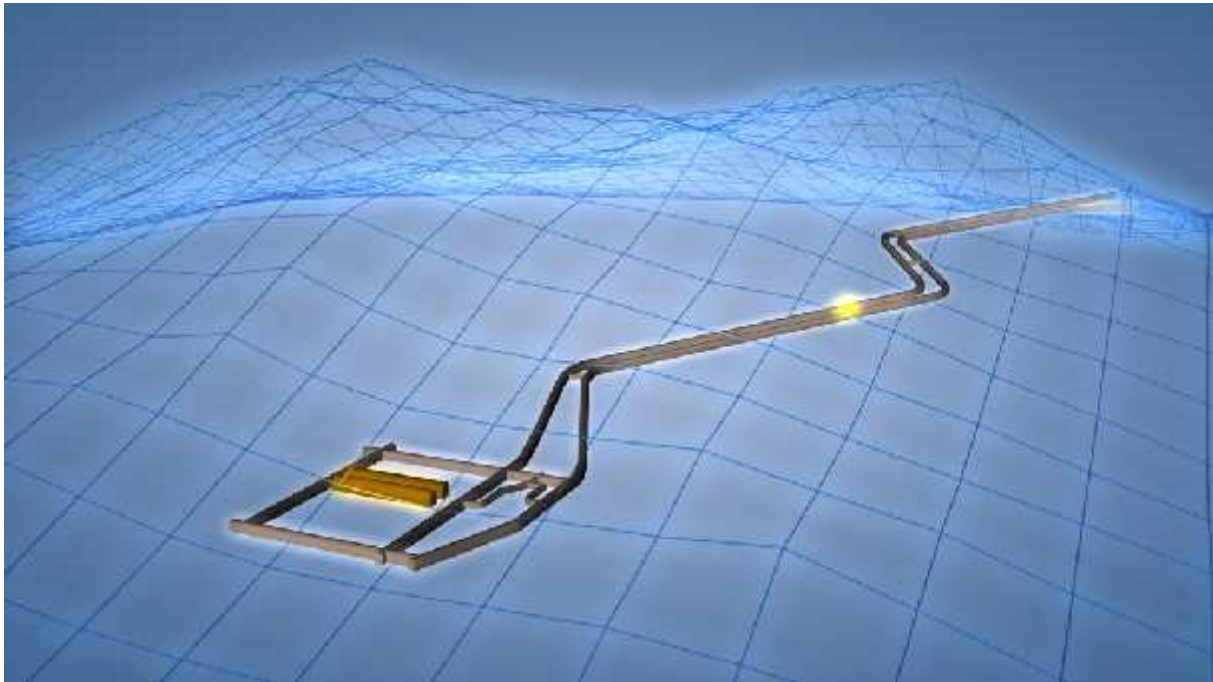
Mivel a Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tárolót lehetetlen oly módon kibívtetni, hogy az kielégítse az atomerőmű teljes szükségletét, több próbálkozás után 1993 elején nemzeti programot indítottak azzal a céllal, hogy megoldást találjanak az atomerőműből származó kis és közepes aktivitású hulladék végleges elhelyezésére.

Az előzetes geológiai vizsgálatok, valamint a biztonsági és gazdasági elemzések alapján, a környező lakosság befogadási hajlandóságát is figyelembe véve, 1996-ban javaslat született, hogy Bábaapáti szomszédságában (mintegy 45 km-re délnyugatra Paksról) végezzenek további vizsgálatokat egy gránitba mélyítendő geológiai tároló létesítése érdekében.

1998 végén a Magyar Állami Földtani Intézet azt ajánlotta, hogy Bábaapáti térségében kezdjék meg a részletes telephelyi jellemzést.

Négyéves kutatási program eredményeként 2003-ra befejezték a felszíni földtani kutatási munkákat. A földtani hatóság megállapította, hogy a telephely a vonatkozó rendeletben [III.3] megfogalmazott valamennyi követelményt teljesíti, így földtanilag alkalmas kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésére.

A tároló létesítésének első fázisában, 2008-ban elkészültek a felszíni létesítmények, ideiglenes tárolási lehetőséget biztosítva a Paksi Atomerőmű szilárd hulladékainak egy részére, mivel az atomerőmű tárolókapacitása szűkké vált. A Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló 2008. szeptember 25-én üzembe helyezési engedélyt kapott (amely kiterjed a felszíni telephely üzemeltetésére) az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat területileg illetékes Sugáregészségügyi Centrumától.



4. ábra. A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló sematikus ábrája [9]

2011 végéig elkészült az első két tároló-kamra (I-K1, I-K2), 2012-ben az engedélyeztető hatóság a Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló eddig megvalósult részére, a felszíni létesítményre és az I-K1 kamrára megadta az üzemeltetési engedélyt, amely 2012. szeptember 10-én jogerőssé vált. Az első vasbeton konténer leszállítására és végleges elhelyezésére ünnepélyes keretek között 2012. december 5-én került sor.



5. ábra. A Nemzeti Radioaktív Hulladék-tároló I-K1 kamrájában elhelyezett konténerek [9]

4. EL ZMÉNYEK – KORÁBBI KUTATÁSI MUNKÁK

Solymosi József és szerző társai 1999-ben megjelent közleményükben összefoglaló áttekintést adtak a Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Társaság (mai nevén Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság) feladatairól, valamint a hazai radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére létrehozott nemzeti projekt keretében végzett tevékenységről. [10] A szerzők megfogalmazták, hogy szükség van a paksi atomerőmű hulladékainak elhelyezési lehetőségeinek fejlesztésére. Nem csupán az üzemeltetési hulladékot vették alapul, hanem a leszerelés során keletkező hulladékokat is. A leszerelés során keletkező hulladékok nagy része viszont a nagyon kis aktivitású hulladékok közé tartozhatnak, így fontos, hogy definiáljuk ezt a kategóriát is. A nagyon kis aktivitású hulladék kategória bevezetésével lehet elérni a szerzők által vizsgált kérdés fenntartható fejlődését. Ezen felül szükségessé válhat a nagy aktivitású hulladék kategória fejlesztése is.

Halász László és társai cikkükben egy olyan radioaktív hulladékokat csökkentő eljárást mutattak be, amivel elkülöníthetők a transzuránok, ezzel drasztikusan csökkentve a tárolási időtartamot. Ezt az eljárást nevezték pyrometallurgiai eljárásnak. Ezen felül bemutatták a Yucca Mountain-be tervezett kiegészítő elem lerakót, illetve az ott alkalmazni kívánt fűtőelem tároló acél tartályokat. [11] A szerzők rámutattak, hogy a radioaktív hulladékok elhelyezését fejleszteni szükséges, aminek lehetőségei közé a nagyon kis aktivitású hulladék kategória bevezetése is beletartozik. A cikkben bemutatták, hogy a radioaktív hulladékok mennyiségének csökkentése reprocesszási technikák segítségével megoldható. A nagyon kis aktivitású hulladék kategória bevezetésével a kis és közepes aktivitású hulladékok mennyisége is csökkenthető, amennyiben egy erre a célra alkalmas tároló létesülne. Ezért fontos, hogy pontosan definiáljuk ezt a kategóriát.

A radioaktív hulladékokkal kapcsolatos jogszabályokat, illetve a tárolókra vonatkozó követelményeket Horváth Kristóffal, illetve Kátai-Urbán Lajossal foglaltuk össze korábbi cikkükben. Ezen felül a sugárvédelemmel és a védettséggel kapcsolatos jogszabályokat is megírtuk. [12]

Körmendi Krisztina és társa kutatása során megállapította, hogy a radioaktív hulladékok, a kiegészítő tüzelőanyag keletkezése a leggyakoribb ellenérv az atomerőművekkel szemben, ugyanakkor megállapították, hogy veszélyes és normál ipari hulladék viszont fajlagosan jóval kevesebb keletkezik, mint más erőművekben. [13] A radioaktív hulladékok megfelelő kezelése érdekében fontos, hogy a hulladék osztályozási kritériumokat jól

határozzuk meg. Ez a cikk megállapításai szerint növelheti az atomer m elfogadottsági szintjét is.

Pátzay György cikkében bemutatta, hogy a paksi atomer m vizeiben lévő radioaktív izotóp tartalmat hogyan lehet eltávolítani, ezzel is csökkentve a folyékony radioaktív hulladék mennyiségét. [14] Itt megjegyezném, hogy olyan eljárásokat alkalmaz, amivel bizonyos esetekben olyan radioaktív hulladékok is keletkezhetnek, aminek kezeléséhez biztosítani kell speciális feltételeket. Ilyenek lehetnek az alkalmazott sz r k.

Zagyvai Péter és társa egy egyetemi jegyzetben leírták a radioaktív hulladékok osztályozásának hazai szabályozási rendszerét, elmondták, hogy a radioaktív hulladékokat aktivitás-koncentráció, felezési idő, illetve dózisteljesítmény szerint osztályozzuk. [15: 28-32]

A leszerelés és a környezeti remediációs programok globális végrehajtásának a fejlődése témakörökkel foglalkozó nemzetközi konferencián egy poszterrel beszámoltam a magyarországi szabályozási rendszer változásairól, a radioaktív hulladék-tárolók és a sugárvédelmi felügyeleti feladatok változásáról. [16]

Ojovan professzor által szerkesztett kézikönyv is a NAÜ ajánlásain [6] alapuló radioaktív hulladék osztályozását írja le, majd a könyvben részletesebben foglalkozik azok kezelési technikáival. [17: 3-5] A nagyon kis aktivitású hulladék bevezetésével fontossá válik, hogy az ilyen hulladékokat hogyan kezeljük. Ennek vizsgálata során ez a kézikönyv segítséggel szolgálhat.

Az atomer m b l származó radioaktív hulladékok összetételének meghatározását nem lehet méréssel megtenni, mert olyan nehezen mérhető izotópok is jelen vannak, amiknek mérése csak elválasztásos technikákkal lenne lehetséges. Ezért szükség van az úgynevezett scaling-faktoros technikák kidolgozására, aminek az alapja, hogy jelen vannak olyan gamma-sugárzó izotópok, amelyeknek méréséhez megfelelő m szerek állnak rendelkezésre. Ezen izotópok aktivitásának meghatározásából lehet következtetni más izotópok jelenlétére az adott hulladék csomagban. Vincze Árpád és társai már az 1990-es évek végén ilyen technikák alkalmazásával, fejlesztésével foglalkoztak. [18] [19]

Az egykori Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet a Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpontjával együttműködve foglalkoztak a leszereléssel kapcsolatos hazai szabályozás fejlesztésével, melynek során a nagyon kis aktivitású hulladék bevezetését is javasolták. A javaslatuk szerint a nagyon kis aktivitású hulladékok határának a mentességi aktivitás tízszeresét javasolták míg a hosszú élettartamú és alfa-sugárzó radionuklidokra együttesen 40 Bq/g egy

gy jt csomagolás esetében, és a teljes hulladék mennyiségre átlagolva 4 Bq/g lehetne a korlátozás. [20]

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK A HULLADÉK OSZTÁLYOZÁSHOZ

A korábban részben bemutatott rendszert adaptáltuk úgy, hogy a jelenlegi Nemzeti Politika alapelveivel [21] összhangban legyen, és inkább kiegészítse, sem mint alapjaiban megváltoztassa a jelenlegi osztályozási rendszert, valamint azt is szem el tt tartottuk, hogy a már meglév tárolókra alkalmazni lehessen.

A Nemzeti Program bemutatja a hatályos hazai jogszabályok szerint alkalmazott radioaktív hulladék osztályozási rendszert, mely elmondja, hogy a nagyon kis aktivitású hulladék osztály jelenleg hiányzik a szabályozásból, holott a nemzetközi ajánlások egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek arra. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) is megjelenítette a nagyon kis aktivitású hulladék kategóriát, mint önálló osztályt. A NAÜ által kiadott útmutató [6] ajánlást tesz annak bevezetésére. A Stratégiai Környezeti Vizsgálat szerint egy nagyon kis aktivitású hulladék tároló létesítéséhez 10 évre van legalább szükség, így ahhoz, hogy a 2025-re, illetve a 2026-ra tervezett két új atomer m vi blokk üzemi radioaktív hulladékainak elhelyezésére használni lehessen, 2017-re be kell vezetni az új kategóriát a hazai szabályozásba is. [21]

Ezekon felül a nagy aktivitású hulladékok osztályozásánál figyelembe vettük az aktivitás értékét is, mely szerint a radioaktív hulladék nem csak akkor sorolandó nagy aktivitású hulladék osztályba, ha a h termelésével számolni kell, hanem akkor is, ha az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemr l és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellen rzési rendszerr l szóló 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet [22] 1. melléklete szerint a radioaktív hulladék kategóriája 1-esbe sorolandó. Ezzel a kitételrel nem csupán a nagy aktivitású sugárforrásokot szerettük volna besorolni, hanem azokat a radioaktív hulladék csomagokat is, melyek a nagy aktivitású sugárforrásokhoz hasonló aktivitással rendelkeznek. Itt eltértünk a mentességi aktivitás-koncentrációktól, mert ezek a csomagok nem a tárolóban jelenthetnek igazán nagy veszélyt, hanem amíg eljutnak odáig. Így azt szerettük volna, hogy ne azokkal az útvonalakkal megállapított aktivitás értékekhez viszonyítsuk, melyekkel az

elhelyezésből származó dózisekből állapították meg, hanem az elhelyezés el tt milyen veszélyeket, dóziseket okozhat az esetleges elvesztése, a csomag sérülése, stb.

A kis és közepes aktivitású hulladékok elválasztására szeretttük volna bevezetni a felületi dózisteljesítmény szerinti megkülönböztetést, de attól a szakmai egyeztetések során eltértünk. A rendelet tervezet egyeztetése során visszatértünk az eddig is alkalmazott, aktivitás-koncentráció szerinti elválasztáshoz. Eredeti javaslatunk a NAÜ ajánlásainak is megfelel volt, [6] amely szerint az elválasztás alapja a hulladék csomag küls felületét 10 cm-re mérhet dózisteljesítmény lett volna. Ezt sugárvédelmi szempontokat is szem el tt tartva javasoltuk. A cél az volt, hogy úgy különítsük el a két osztályt, hogy a kis aktivitású hulladékok esetében nem szükséges árnyékolást alkalmazni a kezelés során, míg a közepes aktivitásúnál igen. Ebb l kifolyólag állapítottuk meg a dózisteljesítmény értékét 0,2 mSv/h-nak, ami ugyan jóval alatta marad a NAÜ ajánlásnak (2 mSv/h) [6], ugyanakkor az MSZ 62-7 szabvány [23] ezt az értéket javasolja a munkahelyi hulladéktárolóban a közlekedési útvonalak dózisteljesítményéhez. A kés bbiekben javaslatot fogunk tenni arra, hogy a dózisteljesítmény szerinti elválasztást hogyan lehet alkalmazni a gyakorlatban, melyet útmutatóban szeretnénk megjeleníteni. A változtatás oka az volt, hogy ugyan a kis és közepes aktivitású hulladékoknak az elhelyezés szempontjából nincs gyakorlati jelent sége, mivel az átvételi kritériumok alapján történik annak vizsgálata, hogy az adott hulladék tárolóban elhelyezhet -e a radioaktív hulladék, ugyanakkor különböz adatszolgáltatási feladatok teljesítése szempontjából nehézkes lehetne az átállás. Ilyen adatszolgáltatás a NAÜ, illetve az EU felé a kis és közepes aktivitású hulladék mennyiségének bejelentése. Ekkor a felületi dózisteljesítmény szerinti radioaktív hulladék besorolásánál nem lehet tudni, hogy a már elhelyezett csomagnak mikor változik meg a besorolása, míg az aktivitás-koncentráció szerinti besoroláskor az számolható. Ezért a hulladék kategória elválasztására alkalmazott szabályozás nem épülhet a felületi dózisteljesítményre. A felületi dózisteljesítmény mérésére alkalmas hazai gyártmányú m szerek is rendelkezésre állnak. Ilyen a Solymosi József és társai által kifejlesztett Gammacont elnevezés sugármér m szer. [24]

Megvizsgáltuk a nagyon kis aktivitású hulladék osztály bevezetésének lehet ségeit is. A javaslatunk alapja, hogy csak olyan radioaktív izotópot tartalmazzon a nagyon kis aktivitású hulladék, aminek felezési ideje egész évre kerekítve 30 év, vagy az alatti. Ezt úgy tudtuk megfogalmazni, hogy figyelembe véve azt, hogy itt nagy mennyiség , tömeg hulladékokról beszélünk, 30 év felezési id feletti izotópok mennyiségének a felszabadítási szint alatt kell lennie, vagyis a jelenlév radioaktív izotópokra igaznak kell lennie az alábbi képletnek, ahol az ÁMEAK a 487/2015. Korm. rendelet [7] 1. melléklet B oszlopa szerinti

általános mentességi aktivitás-koncentrációját az adott izotópra, az AK pedig az adott izotóp aktivitás-koncentrációját jelenti.

$$\sum_i \left(\frac{AK_i}{AMEAK_i} \right) \leq 1$$

Ezt követ en meghatároztuk a 30 év, vagy annál kisebb felezési idej izotópokra vonatkozó tartalmát. Ehhez készítettünk egy ábrát (6. ábra), ami megmutatja, hogy egy 31 év felezési idej izotóp az eltelt id vel mekkora aktivitásra csökken. Ezt az id t neveztük tároló élettartamnak, mert a célunk az volt, hogy a tároló élettartamot úgy határozzuk meg, hogy a tervezett élettartam alatt a benne található radionuklidok a 487/2015. Korm. rendelet [7] 1. melléklet C oszlopa szerinti specifikus mentességi aktivitás-koncentráció (a továbbiakban: SMEAK) szintre bomljanak.

$t_{1/2} < 31$ év		Tároló élettartam (év)										
		10	20	50	75	100	125	150	175	200	250	300
AK = x * MEAK	10	8,0	6,4	3,3	1,9	1,1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0
	20	16,0	12,8	6,5	3,7	2,1	1,2	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0
	30	24,0	19,2	9,8	5,6	3,2	1,8	1,0	0,6	0,3	0,1	0,0
	40	32,0	25,6	13,1	7,5	4,3	2,4	1,4	0,8	0,5	0,1	0,0
	50	40,0	32,0	16,3	9,3	5,3	3,1	1,7	1,0	0,6	0,2	0,1
	60	48,0	38,4	19,6	11,2	6,4	3,7	2,1	1,2	0,7	0,2	0,1
	70	56,0	44,8	22,9	13,1	7,5	4,3	2,4	1,4	0,8	0,3	0,1
	80	64,0	51,2	26,2	15,0	8,6	4,9	2,8	1,6	0,9	0,3	0,1
	90	72,0	57,5	29,4	16,8	9,6	5,5	3,1	1,8	1,0	0,3	0,1
	100	80,0	63,9	32,7	18,7	10,7	6,1	3,5	2,0	1,1	0,4	0,1

6. ábra. Lecsengési arányok a tároló élettartama alatt

(Az ábrát a szerz k készítették.)

Ezek alapján a nagyon kis aktivitású hulladék határnak az 50 SMEAK érték indokoltnak tekinthet , mivel az, ha csak 31 éves felezési idej izotópot tartalmaz, akkor is 175 év alatt SMEAK alá bomlik le. Megvizsgálva a nemzetközi példákat, vannak országok, ahol 300 évben mérik egy nagyon kis aktivitású hulladék tároló élettartamát. A nemzetközi gyakorlat szerint alkalmazott id intervallumoknak megfelel a 175 év, mivel számos példa van ennél hosszabb idej alkalmazásra is. Ugyanakkor a hazai viszonyokat figyelembe véve Azt, hogy valójában mekkora aktivitás-koncentrációjú hulladék szállítható be az adott tárolóba, nem a hulladék osztály definíciója, hanem a tároló specifikumai alapján készített biztonsági elemzés alapján állapítják meg.

Ezeken felül bevezettük a nagyon rövid élettartamú kategóriát is, amit mindaddig átmeneti munkahelyi hulladék tárolóban kell tárolni, amíg az radioaktív hulladéknak min sül. Itt a NAÜ ajánlásait igyekeztünk átvinni, vagyis a 100 napnál rövidebb felezési idej izotópokra tehetjük ezt meg.

6. ÖSSZEGZÉS

A cikkünkben bemutatjuk a hazai radioaktív hulladék osztályozását, melyet a 47/2003. ESzCsM rendelet [4] tartalmaz, valamint ajánlásokat olvashatunk az MSZ 14344-1:2004 szabványban. [5]

Ezután megvizsgáltuk a NAÜ ajánlásait, [6] amiből javaslatot tettünk a hazai szabályozás fejlesztésére. A javaslatunkban több újítást is bevezettünk, úgymint a nagyon rövid élettartamú, valamint a nagyon kis aktivitású hulladék osztály bevezetése, a nagy aktivitású hulladékok pontosítása, valamint aktivitás szerinti függésének bevezetése, illetve a rövid élettartamú kis és közepes aktivitású hulladék felülvizsgálata.

Ezek alapján, ha összefoglalóan táblázatban szeretnénk valamilyen módon ábrázolni a radioaktív hulladékok osztályait, akkor a következőképpen tehetnénk meg (4. táblázat):

4. táblázat: Radioaktív hulladékok osztályozása

(Az ábrát a szerző készítették.)

Nagyon kis AH	Kis AH		Közepes AH		Nagy AH
$t_{1/2} > 30$ év $\sum_i \left(\frac{AK_i}{SMEAK_i} \right)$ és $t_{1/2} > 30$ év $\sum_i \left(\frac{AK_i}{\bar{A}MEAK_i} \right)$	$\sum_i \left(\frac{AK_i}{SMEAK_i} \right) \leq 10^3$ Rövid ÉH, és ha $t_{1/2} > 30$ év $\sum_i \left(\frac{AK_i}{SMEAK_i} \right) \leq$	Hosszú ÉH	$\sum_i \left(\frac{AK_i}{SMEAK_i} \right) > 10^3$ Rövid ÉH, és ha $t_{1/2} > 30$ év $\sum_i \left(\frac{AK_i}{SMEAK_i} \right) \leq$	Hosszú ÉH	amelynek h termelését a tárolás és elhelyezés tervezése és üzemeltetése során figyelembe kell venni, de legalább aminek h termelése nagyobb, mint 2 kW/m^3 , vagy a radioaktív hulladék fizikai védelmi szempontból 1. kategóriába sorolandó.

6. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] *Az 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról*
- [2] *155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről*
- [3] Országos Atomenergia Hivatal: *Ötödik nemzeti jelentése a kiegészítő elemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív hulladékok kezelésének biztonságáról szóló közös egyezmény keretében*. Budapest: OAH, 2014
[www.oah.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/77443B9F6801CC1AC1257E59003ABB7D/\\$FILE/jc_nj_5_OAH_v12.pdf](http://www.oah.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/77443B9F6801CC1AC1257E59003ABB7D/$FILE/jc_nj_5_OAH_v12.pdf) (A letöltés ideje: 2016. november 19.)
- [4] *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 sugár-egészségügyi kérdéseiről*
- [5] *MSZ 14344-1:2004; Radioaktív hulladékok. Fogalommeghatározások és osztályozás*. Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2004. (érvényesség kezdete: 2004.07.01.)
- [6] International Atomic Energy Agency: *Classification of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSG-1*, Vienna: IAEA, 2009
- [7] *487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről*
- [8] *23/1997. (VII. 18.) NM rendelet a radionuklidok mentességi aktivitás koncentrációja és mentességi aktivitása szintjének meghatározásáról*
- [9] A Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Korlátolt Felelősségű Társaság honlapja: www.rhk.hu/letesitmenyeink/ (A letöltés ideje: 2016. november 19.)
- [10] Solymosi J., Vincze Á., Frigyesi F., Ormai P.: *Radioaktív hulladékok kezelése és végleges elhelyezése, Hadtudomány*, IX. 2. (1999)
www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/1999/ht-1999-2-15.html (A letöltés ideje: 2016. november 19.)
- [11] Halász L., Hanka L., Vincze Á.: *A nukleáris erők negyedik generációjának és egy korszerűbb reprocesszási eljárás jövőbeli alkalmazásának lehetősége a nukleáris hulladék növekvő mennyiségének és elhelyezési problémáinak tükrében. Hadmérnök*, III. 3. (2008) 25-48.

- www.hadmernok.hu/archivum/2008/3/2008_3_hanka.pdf (A letöltés ideje: 2016. november 19.)
- [12] Horváth K., Kátai-Urbán L., Sebestyén Zs.: A nukleáris biztonság és védettség hazai kutatási-fejlesztési eredményei. *Hadmérnök*, XI. 4. (2016), 69-90
- [13] Körmendi K., Solymosi J.: A villamosenergia termelés környezetre gyakorolt hatása, a szén-dioxid kibocsátással nem járó villamosenergia termelés lehet ségei és korlátai. *Hadmérnök*, IV. 3. (2009), 111-127
- [14] Pátzay Gy.: A paksi atomer m radioaktív normálüzem és üzemzavari hulladékadatainak szelektív tisztítása. *Hadmérnök*, IX. 1. (2014), 117-123
- [15] Zagyvai P., Kókai Zs.: A radioaktív hulladékok definíciói, hatósági szabályozás. In. Zagyvai P., Kókai Zs., Hózer Z., Breitner D., Fábián M., Török Sz., Börcsök E., *A nukleáris üzemanyagciklus radioaktív hulladékai*. 25-32 Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont, 2013. ISBN 978-963-7351-20-4
- [16] Sebestyén, Zs.: ID143 Modification of the Hungarian regulatory system related to the oversight transfer. In. *International Conference on Advancing the Global Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes*, Madrid, 23–27 May 2016
<http://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/PDFplus/2016/cn238/cn238Flyer.pdf> (A letöltés ideje: 2016. október 21.)
- [17] Ojovan M.I. (Ed.): *Handbook of Advanced Radioactive Waste Conditioning Technologies*. 1st Edition. Woodhead Publishing, 2011, ISBN: 9781845696269
- [18] Vincze Á., Gresits I., Tölgyesi S., Erd s E., Solymosi J., Ormai P., Fritz A.: Application of the scaling technique for the characterisation of different radioactive waste at npp Paks. In. *Radiation protection in neighbouring countries of central europe*, Prague, 8-12 September 1997
- [19] Solymosi J., Vincze Á., Ormai P., Fritz A.: A radioanalitika újabb hazai eredményei: a scaling-faktorok alkalmazásának lehet sége az atomer m vi radioaktív hulladékok min sítésére. *Magyar kémikusok lapja* 53. 12. (1998)
- [20] Glavatskih N., Lajos M., Salik Á., Tóth N.: Felszabadítási gyakorlat elemzése Magyarországon és egyes EU-tagországokban. *Országos Atomenergia Hivatal*, Budapest, 2014. OAH-ABA-39/14-M
- [21] Magyar E., Takács T., László T., B thi Z., Nagy I., Dankó Gy., Scheer M., Kunfalvi V., Sz ke N., Tombácz E., Vidéki B.: „Magyarország nemzeti programja a kiégett

üzemanyag és a radioaktív hulladék kezelésére” Stratégiai Környezeti Vizsgálat. Budapest: ÖKO Zrt., Golder Associates (Magyarország) Zrt., 2016.

www.kormany.hu/download/5/93/a0000/Nat_Progr_rad_waste_SEA_EnvRep_HU.pdf (A letöltés ideje: 2016.10.21.)

<https://books.google.hu/books?id=qoxwAgAAQBAJ&pg=PA14&lpg=PA14&dq=Handbook+of+Advanced+Radioactive+Waste+Conditioning+Technologies&source=bl&ots=fIHHS17zT&sig=RuZr1yEW9DpjDS27rketvYMiOHE&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKewirx8GA0tvQAhVkJJoKHbhoBNgQ6AEIbjAJ#v=onepage&q=Handbook%20of%20Advanced%20Radioactive%20Waste%20Conditioning%20Technologies&f=false>

[22] 190/2011.(IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről

[23] *MSZ 62-7:2011; Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelem nyitott radioaktív készítmények alkalmazásakor.* Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2011. (érvényesség kezdete: 2011.03.01.)

[24] Solymosi J., Baumler E., Sarkadi A., Gujgiczler Á., Pintér I., Vincze Á.: Wide range universal radiation measuring instrument. *Academic and Applied Research in Military Science* 1:(1) pp. 133-144. (2002) <http://zmne.hu/aarms/docs/Volume1/Issue1/pdf/10soly.pdf> (A letöltés ideje: 2016. 08. 03.)

Sebestyén Zsolt

Országos Atomenergia Hivatal

Hungarian Atomic Energy Authority

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

National University of Public Service, Faculty of Military Sciences and Officer Training

ORCID: 0000-0003-3030-856X

A kézirat benyújtása: 2016.11.21.

A kézirat elfogadása: 2016.12.05.

Lektorálta

Prof. Emeritus Dr. Solymosi József

Dr. habil. Vass Gyula PhD