



FV-1. sz. útmutató

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Verzió száma:

3.

2019. június

Kiadta:

Fichtinger Gyula
az OAH főigazgatója
Budapest, 2019

A kiadvány beszerezhető:
Országos Atomenergia Hivatal
Budapest

FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező, országos illetékességű, központi kormányzati igazgatási szerv, kormányzati főhivatal. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleárisveszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására, és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemem kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejt ki, azokat az érintettekhez eljuttatja, és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról (www.oah.hu) töltheti le.

ELŐSZÓ

A fizikai védelem nemzetközileg elfogadott alapjait a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló egyezmény kihirdetéséről szóló 1987. évi 8. törvényerejű rendelet, valamint a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett, a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről szóló 2008. évi LXII. törvény, valamint a nukleáris terrorcselekmények visszaszorításáról szóló Nemzetközi Egyezmény kihirdetéséről szóló 2007. XX. törvény határozza meg.

A nemzetközi egyezményben vállaltak hazai alkalmazásának legfelső szintjét az 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) képviseli, amely tartalmazza a nukleáris védettség alapelveit, és megteremti a fizikai védelem részletes szabályozásának kereteit.

Az Atv. felhatalmazása alapján kiadott – az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló – 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) tartalmazza a részletes jogszabályi követelményeket.

A jogszabályban meghatározott követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki, és az OAH honlapján közzétesz. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat.

A hatósági felügyeleti tevékenységhez kapcsolódó engedélyezési és ellenőrzési eljárások gyors és akadálymentes lefolytatásának érdekében az OAH az engedélyeseket az útmutatókban foglalt ajánlások minél teljesebb követésére ösztönzi.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljeskörűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat. Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, az eltérést indokolnia kell.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként, vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	7
1.1. Az útmutató tárgya és célja	7
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások	7
2. MEGHATÁROZÁSOK	8
3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI	9
3.1. Általános megfontolások	9
3.2. Nukleáris anyagok kategorizálása	9
3.2.1. Feltételek, kategorizálás	9
3.2.2. Nukleáris fegyver készítésére való alkalmasság szerinti kategorizálás	10
3.2.3. Szabotázs és radiológiai diszperziós eszköz készítésére való alkalmasság szempontú kategorizálás	11
3.2.4. Példák nukleáris fegyver készítésére való alkalmasság szempontú kategorizálásra	11
3.3. Sugárforrások kategorizálása	12
3.3.1. Feltételek, kategorizálás	12
3.3.2. Veszélyességi kategóriák	13
3.3.2.1. <i>1-es veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - különösen veszélyes</i>	13
3.3.2.2. <i>2-es veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - nagyon veszélyes</i>	13
3.3.2.3. <i>3-as veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - veszélyes</i>	14
3.3.2.4. <i>4-es veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - kis valószínűséggel veszélyes</i>	14
3.3.2.5. <i>5-ös veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - nem veszélyes</i>	15
3.3.3. Többfajta radionuklidot tartalmazó sugárforrás kategorizálása	15
3.3.4. Példa a kategorizálásra	15
3.4. Radioaktív hulladékok kategorizálása	15
3.4.1. A kategorizálás lépései	15
3.4.2. A besorolást módosító tényezők	16
3.4.2.1. <i>Aktivitáskoncentráció</i>	16
3.4.2.2. <i>A hulladék szétszóródási képessége</i>	17
3.4.2.3. <i>A hulladéktároló edény robusztussága</i>	17
3.4.2.4. <i>A hulladék hozzáférhetősége</i>	17

4. MELLÉKLET	18
4.1.1. 1. táblázat - Nukleáris anyagok kategorizálása	18
4.1.2. 2. táblázat - Radioaktív sugárforrások kategorizálása	19
4.1.3. 3. táblázat - Radioaktív hulladékok kategorizálása	20
4.1.4. 4. táblázat - Radionuklidok veszélyességi skálájának D aktivitásai	20

1. BEVEZETÉS

1.1. Az útmutató tárgya és célja

Az útmutató ajánlásokat tartalmaz az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló Rendelet előírásainak teljesítésére.

Részletes útmutatást és gyakorlati példát ad a nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok – jogtalan eltulajdonítás és szabotázs elleni fizikai védelme minimális szintjének meghatározásához szükséges – kategorizálásához.

A nukleáris és más radioaktív anyag szállításához szükséges fizikai védelmi terv kidolgozásával az FV-15. sz. útmutató foglalkozik.

A nukleáris létesítmények (kivéve 1 MW hőteljesítmény alatti reaktorral szerelt nukleáris létesítmények), valamint az átmeneti és végleges radioaktív hulladék-tárolók fizikai védelmének tervezéséhez az FV-8. sz. útmutató nyújt segítséget.

1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A nukleáris védelem követelmények jogszabályi hátterét az Atv. és a Rendelet, valamint az alábbi előírások biztosítják:

- a) Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (INFCIRC/225/Revision 5), IAEA Nuclear Security Series No. 13, IAEA, 2011.
- b) Nuclear Security Recommendations on Radioactive Material and Associated Facilities, IAEA Nuclear Security Series No. 14, IAEA, 2011.

2. MEGHATÁROZÁSOK

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 2. §-ában ismertetett meghatározásokon kívül az alábbi definíciókat tartalmazza:

Elfogadhatatlan radiológiai következmény

A nukleáris létesítmény, nukleáris anyag, radioaktív sugárforrás vagy radioaktív hulladék ellen irányuló szabotázs következménye elfogadhatatlan, ha nukleáris veszélyhelyzetet vált vagy válthat ki. Továbbá, ha a szabotázs egyes személyek, vagy személyek csoportjánál rövid idő alatt a vonatkozó dóziskorlát jelentős túllépését okozza, vagy alkalmas ilyen mértékű többlet-sugárterhelés kiváltására.

Hatóság

Országos Atomenergia Hivatal és az Országos Rendőr-főkapitányság.

3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI

3.1. Általános megfontolások

A fizikai védelmi rendszer kialakításakor figyelembe kell venni az anyag nukleáris vagy radiológiai fegyver előállítására való alkalmasságát, valamint az anyaggal elkövetett szándékos károkozás vagy az anyag, rendszer, illetve rendszerelem ellen elkövetett szabotázs potenciális radiológiai és alkalmazásbiztonsági következményeit.

A fokozatosság elvét követve különböző szintű védelmet kell biztosítani a fentiek alapján eltérő attraktivitású és veszélyességű anyagok fizikai védelmére.

A minimálisan szükséges fizikai védelmi szint meghatározásához az engedélyes birtokában lévő nukleáris anyagokat, radioaktív sugárforrásokat és radioaktív hulladékokat kategorizálni kell.

3.2. Nukleáris anyagok kategorizálása

3.2.1. Feltételek, kategorizálás

A Rendelet 4. § (1)-(3) bekezdéseinek megfelelően:

- a) a besugárzott és a nem besugárzott nukleáris anyagot jogtalan eltulajdonítás elleni védelem szempontjából, valamint a nem besugárzott nukleáris anyagokat szabotázs elleni védelem szempontjából a hasadóanyag-mennyiség alapján a melléklet 1. táblázata szerint kell kategorizálni;
- b) a besugárzott nukleáris anyagot a szabotázs elleni védelem szempontjából Cs-137 izotóptartalmának aktivitása alapján a melléklet 2. táblázata szerint kell kategorizálni, azzal, hogy a besugárzott nukleáris üzemanyagot mennyiségétől függetlenül a melléklet 2. táblázat 1. kategóriájába kell besorolni;
- c) a nukleáris anyag jogtalan eltulajdonítás elleni védelem szempontjából történő kategorizálása során az ugyanazon fizikai védelmi zónában alkalmazott, tárolt vagy egyidejűleg szállított azonos típusú nukleáris anyagok együttes mennyiségét, míg a különböző típusú anyagokat egymástól függetlenül külön kell figyelembe venni.

Nukleáris anyagok alkalmazása, tárolása és szállítása közben alkalmazandó fizikai védelmi szintek meghatározásakor a kategorizálás során két forgatókönyvet kell figyelembe venni. Az egyik forgatókönyv (nukleáris anyag jogtalan eltulajdonítása) szerint egy megfelelő tudással és technikai

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

felkészültséggel rendelkező csoport hasadóanyagot tulajdonít el, akkor ebből nukleáris fegyvert készíthet. Ebben az esetben a kategorizálás alapja a nukleáris fegyver készítésére való alkalmasság (attraktivitás). Erre az esetre vonatkozik a Rendelet 4. § (3) bekezdése, amely szerint a különböző típusú hasadóanyagokat egymástól függetlenül kell kategorizálni.

A másik forgatókönyv szerint az anyag ellen szabotázszt követnek el (radioaktív anyag elleni szabotázs) vagy radiológiai diszperziós eszközt akarnak készíteni belőle (radioaktív anyag jogtalan eltulajdonítása). Ebben az esetben a kategorizálás alapja a nukleáris anyagban található radioaktív anyagok veszélyessége.

3.2.2. Nukleáris fegyver készítésére való alkalmasság szerinti kategorizálás

Nukleáris fegyver készítésére való alkalmasság szerinti kategorizálás (lásd a melléklet 1. táblázatát) az anyag alábbi tulajdonságain alapul:

- a) az anyag fajtája (plutónium, urán-235 vagy urán-233);
- b) az anyag izotóp összetétele;
- c) az anyag sugárzási szintje.

A táblázat használata során az anyagok kezdeti hasadóanyag tartalmát kell figyelembe venni. Pl.: 15 kg kezdetben 20 %-os dúsítású urán-235 kategorizálási szempontból megfelel 3 kg ^{235}U hasadóanyag-tartalomnak.

Az olyan nukleáris üzemanyag kategóriája, amelyet eredeti hasadóanyag-tartalma alapján I-es vagy II-es kategóriába soroltak besugárzás előtt, egy kategóriával csökkenthető, ha a sugárzási szintje 1 m-es körzetben árnyékolatlanul meghaladja az 1 Gy/h értéket.

Több, különböző típusú, eltérő összetételű nukleáris anyag esetén a kategóriák megállapítása összetettebb feladat. Fontos, hogy a táblázat alapján az azonos összetételű anyagokat csak a táblázat egyes soraiban kell összegezni, vagyis eltérő összetételű anyagok kategóriája nem növelhető önkényesen. (Pl.: ha egy telephelyen tárolnak 490 g plutóniumot és 950 g 40 %-os dúsítású ^{235}U -t, akkor ezek mindegyike III-as kategóriás anyagnak minősül, és besorolásuk nem növelendő a II-es kategóriába. Viszont ha ugyanezen a telephelyen tárolnak még 12 kg 19 %-os dúsítású U235-t, amely már II-es kategóriás anyagnak minősül, akkor a telephely vagy az épület védelmét a telephelyen belül már a magasabb besorolási kategória alapján kell kiépíteni.) Rendező elvként megállapítható, hogy a fizikai védelmet mindig az adott épületben/ telephelyen alkalmazott vagy tárolt legmagasabb kategóriába sorolt nukleáris anyagnak megfelelően kell megállapítani.

Fontos megjegyezni, hogy ha egy telephelyen eltérő kategóriába sorolt anyagokat tárolnak különböző épületekben, akkor nem feltétlenül kell az egész telephelyet a legmagasabb kategória alapján védeni, elegendő, ha az adott épületet – amelyben a magasabb besorolású nukleáris anyag található – védik megfelelő eszközökkel.

A sugárzási szint meghatározása történhet méréssel levegőben vagy vízben, vagy történhet számítással. Javasolt a méréseket vízben elvégezni, és ezt követően végezni el a számítást 1 méteres távolságra árnyékolatlanul. Ahol csak lehetséges, a méréseket az egyes üzemanyag-kazettákra külön kell elvégezni. Ilyen mérés esetén el kell különíteni a mért elemet a többitől. Ha megoldható, több fűtőelem mérése jobb eredményt ad. Víz alatt, adott távolságban a fűtőelem hossz tengelyétől és a fűtőelem középpontjánál több pozícióban végzett méréseket követően újra kell számítani az üzemanyag-kazetta sugárzási szintjét levegőben, 1 méteres távolságban a kazettától. Ha számítással határozzák meg a fűtőelem aktivitását mérés helyett, akkor figyelembe kell venni az üzemanyag struktúráját, az izotóp összetételt, a kezdeti hasadóanyag-tartalmat, a kiégetettség szintjét és a hűtés időtartamát.

3.2.3. Szabotázs és radiológiai diszperziós eszköz készítésére való alkalmasság szempontú kategorizálás

A nukleáris anyagok szabotázs és radiológiai diszperziós eszköz készítésére való alkalmasság szempontú kategorizálását a Cs-137 izotóptartalmának aktivitása alapján a melléklet 2. táblázata szerint kell elvégezni, azzal a kivétellel, hogy a besugárzott nukleáris fűtőelem szabotázs elleni védelem szempontjából, mennyiségétől függetlenül a melléklet 2. táblázata szerinti 1. kategóriába tartozó radioaktív sugárforrásnak felel meg.

A melléklet 2. táblázatának alkalmazásához a 3.3. alfejezet nyújt útmutatást.

3.2.4. Példák nukleáris fegyver készítésére való alkalmasság szempontú kategorizálásra

Budapesti Kutatóreaktor üzemanyaga

A Budapesti Kutatóreaktor új, alacsony dúsítású üzemanyaga $19,7 \pm 0,3 \%$, ^{235}U tartalma $50 \pm 0,5 \text{ g}$. Ezek alapján 1 db fűtőelem-kazetta nem kategorizálható be, mert még a III-as kategória alsó határát sem éri el az ^{235}U tartalma.

Azonban egy szállítmány fűtőelem-kazetta, amely legalább 21 darabból áll, már III-as kategóriába tartozik, mivel annak ^{235}U tartalma biztosan meghaladja az 1 kg-ot (*20 db kazetta ^{235}U tartalma szélsőséges esetben még lehetséges, hogy nem éri el az 1 kg-ot*).

23 db, vagy még több fűtőelem-kazetta esetén pedig a szállítmány már II-es kategóriába sorolandó, mert az összes ^{235}U tartalma meghaladja a 10 kg-ot.

Hasonló megközelítést kell érvényesíteni a fűtőelem-kazetták alkalmazása és tárolása során is.

Paksi Atomerőmű üzemanyaga

A Paksi Atomerőmű profilírozott, átlagosan 4,2 %-os dúsítású munkakazettájának urán tartalma $120 \pm 1,5$ kg, amelynek így ^{235}U tartalma a minimális esetben $\sim 4,977$ kg. Ezek alapján egy munkakazetta még nem éri el a III-as kategóriás besorolást, mert ez esetben a kategória alsó határa 10 kg. Azonban 3 kazetta már meghaladja ezt a limitet, így ezek együtt már III-as kategóriába sorolhatóak.

Különböző típusú és eltérő összetételű nukleáris anyag

Több, különböző típusú és eltérő összetételű nukleáris anyag egyazon telephelyen történő tárolása esetén a kategorizálás és ennek megfelelően a telephely vagy az adott épület(ek) védelmének meghatározása mindig a legmagasabb besorolási kategóriájú nukleáris anyag alapján történik. Előfordulhat például, hogy egy telephelyen két különböző épületben tárolnak 4 - 4 kg 20 %-nál magasabb dúsítású uránt. Ezek az anyagok külön-külön csak II-es kategóriába sorolhatóak. Ha egy telephelyen találhatóak (azonos védelmet élveznek), és az épületek külön megerősített fizikai védelme helyett a telephely védelmét biztosítják, akkor az anyagok együttesen az I-es kategóriába sorolandók, és ennek megfelelően a telephelyre vonatkozóan magas védelmi szintet kell biztosítani.

3.3. Sugárforrások kategorizálása

3.3.1. Feltételek, kategorizálás

A Rendelet 4. § (4) és (7) bekezdéseinek megfelelően:

- a) Az egyedileg alkalmazott, tárolt vagy szállított radioaktív sugárforrást az aktivitásuk és az adott izotópra vonatkozó izotóp-specifikus normalizáló tényező alapján a melléklet 2. táblázata szerint kell kategorizálni;
- b) az ugyanazon fizikai védelmi zónában alkalmazott, tárolt vagy egyidejűleg szállított radioaktív sugárforrások kategorizálása során a melléklet 2. táblázata szerint izotóponként meghatározott R értékek összegét kell figyelembe venni.

A sugárforrások kategorizálása veszélyességük mértéke szerint történik. Ennek alapján az ún. **A/D** hányadossal jellemezhetjük ezeket a forrásokat, ahol **A** a sugárforrás aktivitása és **D** egy normalizáló tényező, amely

izotóponként a melléklet 4. táblázatában található (előre meghatározott érték). Minél magasabb a hányados értéke, az emberi egészségre – potenciálisan – annál ártalmasabb forrásról van szó. Az A/D érték alapján öt kategóriába sorolhatóak a különböző sugárforrások. Az 1-es kategóriájú források – ha kikerültek a hatósági felügyelet alól, és sugárvédelmi, illetve biztonsági szempontból helytelenül kezelik őket, akár néhány perc alatt – a kapcsolódó sugárterhelésből adódó, az emberi egészségre rendkívül veszélyes determinisztikus, illetve fatális hatást fejthetnek ki; ugyanakkor az 5-ös kategóriájú források nem jelentenek komoly egészségügyi kockázatot helytelen kezelés esetén sem.

3.3.2. Veszélyességi kategóriák

3.3.2.1. 1-es veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - különösen veszélyes

Ez a fajta sugárforrás – ha kikerül a hatósági felügyelet alól, és sugárvédelmi szempontból helytelenül kezelik, illetve nem megfelelően védik, néhány perctől egy óráig terjedő időtartam alatt – a kapcsolódó sugárterhelésből adódó, az emberi egészségre rendkívül veszélyes determinisztikus, illetve fatális hatást fejthet ki. Ez a radioaktív anyagmennyiség akár néhány percnyi közelség után képes maradandó károsodást okozni. Halálos lehet, ha az árnyékolatlan forrás közvetlen közelében tartózkodik valaki néhány perctől egy óráig terjedő időintervallumban.

A szétszórt radioaktív anyag (ha egy tűz vagy robbanás következtében ez az anyagmennyiség szétszóródik) a robbanás vagy tűz közvetlen környezetében tartózkodó személyeknek maradandó sérüléseket okozhat. Néhány százméteres körzeten kívül nem, vagy csak alacsony szintű azonnali egészségkárosító hatás várható, de a szennyezett területet meg kell majd tisztítani a nemzetközi előírásoknak megfelelően. A tisztítandó terület kiterjedése több tényező függvénye (függ a forrás méretétől, típusától, az aktuális időjárási körülményektől, a szétszóródás körülményeitől). Nagy aktivitású sugárforrások esetén a terület mérete km²-es nagyságrendben lehet.

3.3.2.2. 2-es veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - nagyon veszélyes

Ez a fajta sugárforrás – ha kikerül a hatósági felügyelet alól, és sugárvédelmi szempontból helytelenül kezelik, illetve nem megfelelően védik, néhány órától néhány napig terjedő időtartam alatt – a kapcsolódó sugárterhelésből adódó, az emberi egészségre rendkívül veszélyes determinisztikus, illetve fatális hatást fejthet ki. Ez a radioaktív anyagmennyiség akár néhány órányi közelség után képes maradandó károsodást okozni. Halálos lehet, ha az árnyékolatlan forrás közvetlen közelében tartózkodik valaki néhány órától néhány napig terjedő időintervallumban.

A szétszórt radioaktív anyag (ha egy tűz vagy robbanás következtében ez az anyagmennyiség szétszóródik) a robbanás vagy tűz közvetlen környezetében tartózkodó személyeknek maradandó sérüléseket okozhat. Néhány százméteres körzeten kívül nem, vagy csak kicsi azonnali egészségkárosító hatás várható, de a szennyezett területet meg kell majd tisztítani a nemzetközi előírásoknak megfelelően. A tisztítandó terület kiterjedése több tényező függvénye (függ a forrás méretétől, típusától, az aktuális időjárási körülményektől, a szétszóródás körülményeitől), de mérete nagy valószínűséggel nem éri el a km²-es nagyságrendet.

3.3.2.3. 3-as veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - veszélyes

Ez a fajta sugárforrás – ha kikerül a hatósági felügyelet alól, és sugárvédelmi szempontból helytelenül kezelik, illetve nem megfelelően védik, néhány naptól néhány hétig terjedő időtartam alatt – a kapcsolódó sugárterhelésből adódó, az emberi egészségre rendkívül veszélyes determinisztikus, illetve fatális hatást fejthet ki. Ez a radioaktív anyagmennyiség akár néhány napi közelség után képes maradandó károsodást okozni. Halálos lehet, ha az árnyékolatlan forrás közvetlen közelében tartózkodik valaki néhány naptól néhány hétig terjedő időintervallumban.

A szétszórt radioaktív anyag (ha egy tűz vagy robbanás következtében ez az anyagmennyiség szétszóródik) a robbanás vagy tűz közvetlen környezetében tartózkodó személyeknek maradandó sérüléseket okozhat. Néhány méteres körzeten kívül nem várható, vagy csak kicsi azonnali egészségkárosító hatás, de a szennyezett területet meg kell majd tisztítani a nemzetközi előírásoknak megfelelően. A tisztítandó terület kiterjedése több tényező függvénye (függ a forrás méretétől, típusától, az aktuális időjárási körülményektől, a szétszóródás körülményeitől), de a mérete nagy valószínűséggel csak a km²-es nagyságrend töredéke lesz.

3.3.2.4. 4-es veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - kis valószínűséggel veszélyes

Ez a fajta sugárforrás, ha kikerül a hatósági felügyelet alól és sugárvédelmi szempontból helytelenül kezelik, illetve nem megfelelően védik néhány hétig terjedő időtartam alatt, igen valószínűtlen, hogy a kapcsolódó sugárterhelésből adódó, az emberi egészségre rendkívül veszélyes determinisztikus, illetve fatális hatást fejtsen ki. Ez a radioaktív anyagmennyiség ugyanakkor képes lehet átmeneti egészségkárosodást okozni azon személyeknek, akik néhány hetet töltöttek el a sugárforrás közvetlen közelében.

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

A szétszórt radioaktív anyag (ha egy tűz vagy robbanás következtében ez az anyagmennyiség szétszóródik) a robbanás vagy tűz közvetlen környezetében tartózkodó személyeknek maradandó sérüléseket nem okozhat.

3.3.2.5. 5-ös veszélyességi kategóriába tartozó sugárforrás - nem veszélyes

Ez a fajta sugárforrás, ekkora anyagmennyiségben nem tud maradandó egészségkárosodást okozni.

A szétszórt radioaktív anyag (ha egy tűz vagy robbanás következtében ez az anyagmennyiség szétszóródik) a robbanás vagy tűz közvetlen környezetében tartózkodó személyeknek maradandó sérüléseket nem okozhat.

3.3.3. Többfajta radionuklidot tartalmazó sugárforrás kategorizálása

Többfajta radionuklidot tartalmazó sugárforrások kategorizálásakor az egy radionuklidokra vonatkozó A/D értékeket kell összegezni, és a kategóriát az összesített A/D hányados alapján kell meghatározni.

3.3.4. Példa a kategorizálásra

Sugárforrás	Aktivitás (TBq)	D érték (TBq-re vonatkoztatva)	A/D hányados	Kategória
Co-60	$6,9 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^4$	1
Cs-137	$9,3 \cdot 10^1$	$1 \cdot 10^{-1}$	$9,3 \cdot 10^2$	2
Ir-192	$4,8 \cdot 10^{-1}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^0$	3
Ra-226	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	4
Cd-109	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	5

3.4. Radioaktív hulladékok kategorizálása**3.4.1. A kategorizálás lépései**

A Rendelet 4. § (6) és (8) bekezdéseinek megfelelően:

- az egyedileg feldolgozott, tárolt vagy szállított radioaktív hulladékot az aktivitásuk és az adott izotópra vonatkozó izotóp-specifikus normalizáló tényező alapján a melléklet 3. táblázata szerint kell kategorizálni;

- b) az ugyanazon fizikai védelmi zónában feldolgozott, tárolt vagy egyidejűleg szállított radioaktív hulladékok kategorizálása során a melléklet 3. táblázata szerint izotóponként meghatározott R értékek összegéből számított és az S tényezővel korrigált, és ennek figyelembevételével egyedileg engedélyezett értéket kell figyelembe venni.

A radioaktív hulladékok esetén a kategória meghatározása a hulladék radiológiai veszélyessége alapján történik. A hulladékok esetében a kategorizálás meghatározása a többfajta radionuklidot tartalmazó sugárforrások kategorizálásához hasonlóan történik.

A radioaktív hulladéknak egy adott telephelyen/épületben található teljes mennyiségét figyelembe kell venni a kategorizáláskor. A radioaktív hulladékban található radionuklidok összesített A/D értéke határozza meg a besorolási kategóriát.

$$R = \sum_i \frac{A_i}{D_i}$$

A hulladékok esetében négy kategóriát különböztetünk meg: 1-4, ahol az 1 kategóriába a legveszélyesebb anyagok kerülnek, és 4 a legkevésbé veszélyes anyagok kategóriája.

3.4.2. A besorolást módosító tényezők

Mivel minden létesítmény más, és minden hulladék más, ezért különböző alább felsorolt módosító tényezők vehetők figyelembe a kategorizálásnál. Minden egyes kategória növelése (fizikai védelmi szint csökkentése) esetén a Hatóság egyetértése szükséges, vagyis az engedélyesnek hitelt érdemlően bizonyítania kell, hogy az adott módosító S tényezőt megfelelő módon alkalmazta. Az S tényező értéke alapesetben 1, amely az alábbiakban felsorolt szempont teljesülése esetén csökkenthető oly mértékben, hogy a radioaktív hulladék veszélyességi kategóriája nem változhat 1-nél nagyobb értékkel.

Az alább felsorolt tényezők mind a passzív biztonsághoz, illetve védettséghez köthetőek.

3.4.2.1. Aktivitáskoncentráció

Jelentős tényező lehet lopás vagy szabotázs kitervelése esetén. Éppen ezért, ha nagy aktivitású hulladékokat újra kondicionálnak és átcsomagolnak, és így közepes aktivitású hulladékként tárolják, akkor ezen a műveleten átesett hulladék besorolási kategóriája eggyel növelhető (fizikai védelmi szintje csökkenthető).

3.4.2.2. A hulladék szétszóródási képessége

A hulladék szétszóródási képessége igen fontos, mert komoly károkat tud okozni (adott terület/lakosság elszennyezése). Ha a hulladék szétszóródásra nem alkalmas állapotban van, ez a tényező növelheti a besorolási kategóriáját.

3.4.2.3. A hulladéktároló edény robusztussága

A hulladék tárolási módja elsősorban arra fókuszál, hogy a hulladék ne tudjon kiszabadulni a tárolóeszközből, így akadályozva meg a környezet elszennyeződését. Ha ezeknek a követelményeknek a tárolóedény megfelel, akkor a besorolási kategória növelhető eggyel. Pl.: ha a hulladék egy robusztus betonedényben van tárolva, akkor az egyben megfelelő sugárvédelmet biztosít a környezet számára.

3.4.2.4. A hulladék hozzáférhetősége

Nagyon fontos, hogy a hulladék tárolása során a tárolóedényhez milyen mértékben lehetséges hozzáférni. Ha a hulladék (pl. egy földalatti tárolóban) olyan módon van elhelyezve, hogy ahhoz nem lehet könnyen hozzáférni, akkor a besorolási kategória szintén növelhető.

4. Melléklet

Nukleáris és más radioaktív anyagok, valamint a következmények szempontjából jelentőséggel bíró rendszerek, rendszerelemek kategorizálása

4.1.1. 1. táblázat - Nukleáris anyagok kategorizálása

Anyag megnevezése	Megjelenési forma	I-es kategória	II-es kategória	III-as kategória
Plutónium ^a	Besugározatlan ^b	2 kg vagy több	Kevesebb mint 2 kg, de több mint 500 g	500 g vagy kevesebb, de több mint 15 g
Urán-235 Besugározatlan ^b	U-235-ben legalább 20%-os dúsítású	5 kg vagy több	Kevesebb mint 5 kg, de több mint 1 kg	1kg, vagy kevesebb, de több mint 15 g
	U-235-ben legalább 10%os, de nem több mint 20 %-os dúsítású		10 kg vagy több	Kevesebb mint 10 kg, de több mint 1 kg
	U-235-ben 10%-nál kisebb, de a természetes szintnél magasabb dúsítású			10 kg vagy több
Urán-233	Besugározatlan ^b	2 kg vagy több	Kevesebb mint 2 kg, de több mint 500 g	500 g vagy kevesebb, de több mint 15 g
Besugározott			Szegényített	

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

üzemanyag			vagy természetes urán, tórium, vagy alacsony dúsítású üzemanyag, (kevesebb mint 10% hasadóanyag-tartalommal) ^c	
-----------	--	--	---	--

- a minden Plutónium, kivéve amelyekben a Pu-238 izotópkoncentrációja eléri a 80 %-ot;
- b olyan anyag, amely nem volt reaktorban besugározva, vagy be lett sugározva, de a sugárzási szintje 1 m-es távolságban árnyékolás nélkül 1 Gy/h vagy alacsonyabb
- c az olyan nukleáris üzemanyag kategóriája, amely eredeti hasadóanyag-tartalma alapján I-es vagy II-es kategóriába volt sorolva besugárzás előtt, egy kategóriával növelhető (fizikai védelmi szintje csökkenthető), ha a sugárzási szintje 1 m-es körzetben árnyékolatlanul meghaladja az 1Gy/h értéket.

4.1.2. 2. táblázat - Radioaktív sugárforrások kategorizálása

Kategória	Általános gyakorlat	R érték
1	Radioaktív izotópokkal működő hőgenerátor Besugárzó létesítmény Teletherápiás egység Gamma-kés	$R \geq 1000$
2	Ipari gamma-radiográfia Magas/közepes dózisú brachyterápia	$1000 > R \geq 10$
3	Ipari mérés technika szintmérés szállítószalagi mérések	$10 > R \geq 1$
4	Kis dózisú brachyterápia Falvastagságmérés Hordozható mérések pl: (páratartalom/sűrűség)	$1 > R \geq 0,01$
5	Röntgen-fluoreszcens készülékek Elektronbefogó készülék Mössbauer spektrometria PET-vizsgálat	$0,01 > R$

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

$$R = \sum_i \frac{A_i}{D_i}$$

A_i – a radioaktív sugárforrás i . izotópjának aktivitása;

D_i – a radioaktív anyagok nyilvántartási szabályairól szóló 11/2010. (III. 4.) KHEM-rendeletben megadott, az i . izotópra vonatkozó izotópspecifikus normalizáló tényező

4.1.3. 3. táblázat - Radioaktív hulladékok kategorizálása

Radionuklid leltár (R)	Kategória
$R \geq 1000$	1
$10 \leq R < 1000$	2
$1 \leq R < 10$	3
$R < 1$	4

$$R = \sum_i \frac{A_i}{D_i} \text{ míg } R_{\text{real}} = R \times S$$

A_i – a radioaktív hulladék i . izotópjának aktivitása;

D_i – a radioaktív anyagok nyilvántartási szabályairól szóló 11/2010. (III. 4.) KHEM-rendeletben megadott, az i . izotópra vonatkozó izotópspecifikus normalizáló tényező;

S – a radioaktív hulladék aktivitáskoncentrációját, a hulladék szétszóródási képességét, a hulladéktároló edény robusztusságát és a hulladék hozzáférhetőségét figyelembe vevő tényező.

4.1.4. 4. táblázat - Radionuklidok veszélyességi skálájának D aktivitásai

Radionuklid	D aktivitás (TBq)
H-3	2×10^3
Be-7	1×10^0
Be-10	3×10^1
C-11	6×10^{-2}

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

C-14	5×10^1
N-13	6×10^{-2}
F-18	6×10^{-2}
Na-22	3×10^{-2}
Na-24	2×10^{-2}
Mg-28	2×10^{-2}
Al-26	3×10^{-2}
Si-31	1×10^1
Si-32	7×10^0
P-32	1×10^1
P-33	2×10^2
S-35	6×10^1
Cl-36	2×10^1
Cl-38	5×10^{-2}
Ar-37	∞
Ar-39	3×10^2
Ar-41	5×10^{-2}
K-40	∞
K-42	2×10^{-1}
K-43	7×10^{-2}
Ca-41	∞
Ca-45	1×10^2
Ca-47	6×10^{-2}
Sc-44	3×10^{-2}
Sc-46	3×10^{-2}
Sc-47	7×10^{-1}
Sc-48	2×10^{-2}
Ti-44	3×10^{-2}
V-48	2×10^{-2}
V-49	2×10^3

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Cr-51	2×10^0
Mn-52	2×10^{-2}
Mn-53	∞
Mn-54	8×10^{-2}
Mn-56	4×10^{-2}
Fe-52	2×10^{-2}
Fe-55	8×10^{-2}
Fe-59	6×10^{-2}
Fe-60	6×10^{-2}
Co-55	3×10^{-2}
Co-56	2×10^{-2}
Co-57	7×10^{-1}
Co-58	7×10^{-2}
Co-58m	7×10^{-2}
Co-60	3×10^{-2}
Ni-59	1×10^3
Ni-63	6×10^1
Ni-65	1×10^{-1}
Cu-64	3×10^{-1}
Cu-67	7×10^{-1}
Zn-65	1×10^{-1}
Zn-69	3×10^1
Zn-69m	2×10^{-1}
Ga-67	5×10^{-1}
Ga-68	7×10^{-2}
Ga-72	3×10^{-2}
Ge-68	7×10^{-2}
Ge-71	1×10^3
Ge-77	6×10^{-2}
As-72	4×10^{-2}

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

As-73	4×10^1
As-74	9×10^{-2}
As-76	2×10^{-1}
As-77	8×10^0
Se-75	2×10^{-1}
Se-79	2×10^2
Br-76	3×10^{-2}
Br-77	2×10^{-1}
Br-82	3×10^{-2}
Kr-81	3×10^1
Kr-85	3×10^1
Kr-85m	5×10^{-1}
Kr-87	9×10^{-2}
Rb-81	1×10^{-1}
Rb-83	1×10^{-1}
Rb-84	7×10^{-2}
Rb-86	7×10^{-1}
Rb-87	∞
Sr-82	6×10^{-2}
Sr-85	1×10^{-1}
Sr-85m	1×10^{-1}
Sr-87m	2×10^{-1}
Sr-89	2×10^1
Sr-90	1×10^0
Sr-91	6×10^{-2}
Sr-92	4×10^{-2}
Y-87	9×10^{-2}
Y-88	3×10^{-2}
Y-90	5×10^0
Y-91	8×10^0

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Y-91m	1×10^{-1}
Y-92	2×10^{-1}
Y-93	6×10^{-1}
Zr-88	2×10^{-2}
Zr-93	∞
Zr-95	4×10^{-2}
Zr-97	4×10^{-2}
Nb-93m	3×10^2
Nb-94	4×10^{-2}
Nb-95	9×10^{-2}
Nb-97	1×10^{-1}
Mo-93	3×10^2
Mo-99	3×10^{-1}
Tc-95m	2×10^{-1}
Tc-96	3×10^{-2}
Tc-96m	3×10^{-2}
Tc-97	∞
Tc-97m	4×10^1
Tc-98	5×10^{-2}
Tc-99	3×10^1
Tc-99m	7×10^{-1}
Ru-97	3×10^{-1}
Ru-103	1×10^{-1}
Ru-105	8×10^{-2}
Ru-106	3×10^{-1}
Rh-99	1×10^{-1}
Rh-101	3×10^{-1}
Rh-102	3×10^{-2}
Rh-102m	1×10^{-1}
Rh-103m	9×10^2

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Rh-105	9×10^{-1}
Pd-103	9×10^1
Pd-107	∞
Pd-109	2×10^1
Ag-105	1×10^{-1}
Ag-108m	4×10^{-2}
Ag-110m	2×10^{-2}
Ag-111	2×10^0
Cd-109	2×10^1
Cd-113m	4×10^1
Cd-115	2×10^{-1}
Cd-115m	3×10^0
In-111	2×10^{-1}
In-113m	3×10^{-1}
In-114m	8×10^{-1}
In-115m	4×10^{-1}
Sn-113	3×10^{-1}
Sn-117m	5×10^{-1}
Sn-119m	7×10^1
Sn-121m	7×10^1
Sn-123	7×10^0
Sn-125	1×10^{-1}
Sn-126	3×10^{-2}
Sb-122	1×10^{-1}
Sb-124	4×10^{-2}
Sb-125	2×10^{-1}
Sb-126	2×10^{-2}
Te-121	1×10^{-1}
Te-121m	1×10^{-1}
Te-123m	6×10^{-1}

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Te-125m	1×10^1
Te-127	1×10^1
Te-127m	3×10^0
Te-129	1×10^0
Te-129m	1×10^0
Te-131m	4×10^{-2}
Te-132	3×10^{-2}
I-123	5×10^{-1}
I-124	6×10^{-2}
I-125	2×10^{-1}
I-126	1×10^{-1}
I-129	∞
I-131	2×10^{-1}
I-132	3×10^{-2}
I-133	1×10^{-1}
I-134	3×10^{-2}
I-135	4×10^{-2}
Xe-122	6×10^{-2}
Xe-123	9×10^{-2}
Xe-127	3×10^{-1}
Xe-131m	1×10^1
Xe-133	3×10^0
Xe-135	3×10^{-1}
Cs-129	3×10^{-1}
Cs-131	2×10^1
Cs-132	1×10^{-1}
Cs-134	4×10^{-2}
Cs-134m	4×10^{-2}
Cs-135	∞
Cs-136	3×10^{-2}

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Cs-137	1×10^{-1}
Ba-131	2×10^{-1}
Ba-133	2×10^{-1}
Ba-133m	3×10^{-1}
Ba-140	3×10^{-2}
La-137	2×10^1
La-140	3×10^{-2}
Ce-139	6×10^{-1}
Ce-141	1×10^0
Ce-143	3×10^{-1}
Ce-144	9×10^{-1}
Pr-142	1×10^0
Pr-143	3×10^1
Nd-147	6×10^{-1}
Nd-149	2×10^{-1}
Pm-143	2×10^{-1}
Pm-144	4×10^{-2}
Pm-145	1×10^1
Pm-147	4×10^1
Pm-148m	3×10^{-2}
Pm-149	6×10^0
Pm-151	2×10^{-1}
Sm-145	4×10^0
Sm-147	∞
Sm-151	5×10^2
Sm-153	2×10^0
Eu-147	2×10^{-1}
Eu-148	3×10^{-2}
Eu-149	2×10^0
Eu-150b	2×10^0

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Eu-150a	5×10^{-2}
Eu-152	6×10^{-2}
Eu-152m	2×10^{-1}
Eu-154	6×10^{-2}
Eu-155	2×10^0
Eu-156	5×10^{-2}
Gd-146	3×10^{-2}
Gd-148	4×10^{-1}
Gd-153	1×10^0
Gd-159	2×10^0
Tb-157	1×10^2
Tb-158	9×10^{-2}
Tb-160	6×10^{-2}
Dy-159	6×10^0
Dy-165	3×10^0
Dy-166	1×10^0
Ho-166	2×10^0
Ho-166m	4×10^{-2}
Er-169	2×10^2
Er-171	2×10^{-1}
Tm-167	6×10^{-1}
Tm-170	2×10^1
Tm-171	3×10^2
Yb-169	3×10^{-1}
Yb-175	2×10^0
Lu-172	4×10^{-2}
Lu-173	9×10^{-1}
Lu-174	8×10^{-1}
Lu-174m	6×10^{-1}
Lu-177	2×10^0

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Hf-172	4×10^{-2}
Hf-175	2×10^{-1}
Hf-181	1×10^{-1}
Hf-182	5×10^{-2}
Ta-178a	7×10^{-2}
Ta-179	6×10^0
Ta-182	6×10^{-2}
W-178	9×10^{-1}
W-181	5×10^0
W-185	1×10^2
W-187	1×10^{-1}
W-188	1×10^0
Re-184	8×10^{-2}
Re-184m	7×10^{-2}
Re-186	4×10^0
Re-187	∞
Re-188	1×10^0
Re-189	1×10^0
Os-185	1×10^{-1}
Os-191	2×10^0
Os-191m	1×10^0
Os-193	1×10^0
Os-194	7×10^{-1}
Ir-189	1×10^0
Ir-190	5×10^{-2}
Ir-192	8×10^{-2}
Ir-194	7×10^{-1}
Pt-188	4×10^{-2}
Pt-191	3×10^{-1}
Pt-193	3×10^3

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Pt-193m	1×10^1
Pt-195m	2×10^0
Pt-197	4×10^0
Pt-197m	9×10^{-1}
Au-193	6×10^{-1}
Au-194	7×10^{-2}
Au-195	2×10^0
Au-198	2×10^{-1}
Au-199	9×10^{-1}
Hg-194	7×10^{-2}
Hg-195m	2×10^{-1}
Hg-197	2×10^0
Hg-197m	7×10^{-1}
Hg-203	3×10^{-1}
Tl-200	5×10^{-2}
Tl-201	1×10^0
Tl-202	2×10^{-1}
Tl-204	2×10^1
Pb-201	9×10^{-2}
Pb-202	2×10^{-1}
Pb-203	2×10^{-1}
Pb-205	∞
Pb-210	3×10^{-1}
Pb-212	5×10^{-2}
Bi-205	4×10^{-2}
Bi-206	2×10^{-2}
Bi-207	5×10^{-2}
Bi-210	8×10^0
Bi-210m	3×10^{-1}
Bi-212	5×10^{-2}

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Po-210	6×10^{-2}
At-211	5×10^{-1}
Rn-222	4×10^{-2}
Ra-223	1×10^{-1}
Ra-224	5×10^{-2}
Ra-225	1×10^{-1}
Ra-226	4×10^{-2}
Ra-228	3×10^{-2}
Ac-225	9×10^{-2}
Ac-227	4×10^{-2}
Ac-228	3×10^{-2}
Th-227	8×10^{-2}
Th-228	4×10^{-2}
Th-229	1×10^{-2}
Th-230	7×10^{-2}
Th-231	1×10^1
Th-232	∞
Th-234	2×10^0
Pa-230	1×10^{-1}
Pa-231	6×10^{-2}
Pa-233	4×10^{-1}
U-230	4×10^{-2}
U-232	6×10^{-2}
U-233	7×10^{-2}
U-234	1×10^{-1}
U-235	1×10^{-4}
U-236	2×10^{-1}
U-238	∞
U természetes	∞
U szegényített	∞

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

U dúsított 10-20%	8×10^{-4}
U dúsított >20%	1×10^{-4}
Np-235	1×10^2
Np-236b	7×10^{-3}
Np-236a	8×10^{-1}
Np-237	7×10^{-2}
Np-239	5×10^{-1}
Pu-236	1×10^{-1}
Pu-237	2×10^0
Pu-238	6×10^{-2}
Pu-239	6×10^{-2}
Pu-240	6×10^{-2}
Pu-241	3×10^0
Pu-242	7×10^{-2}
Pu-244	3×10^{-4}
Am-241	6×10^{-2}
Am-242m	3×10^{-1}
Am-243	2×10^{-1}
Am-244	9×10^{-2}
Cm-240	3×10^{-1}
Cm-241	1×10^{-1}
Cm-242	4×10^{-2}
Cm-243	2×10^{-1}
Cm-244	5×10^{-2}
Cm-245	9×10^{-2}
Cm-246	2×10^{-1}
Cm-247	1×10^{-3}
Cm-248	5×10^{-3}
Bk-247	8×10^{-2}
Bk-249	1×10^1

Nukleáris anyagok, radioaktív sugárforrások és radioaktív hulladékok kategorizálása

Cf-248	1×10^{-1}
Cf-249	1×10^{-1}
Cf-250	1×10^{-1}
Cf-251	1×10^{-1}
Cf-252	2×10^{-2}
Cf-253	4×10^{-1}
Cf-254	3×10^{-4}
Pu-239/Be-9	6×10^{-2}
Am-241/Be-9	6×10^{-2}