

NEMZETI NÉPEGÉSZSÉGÜGYI KÖZPONT (NKK)

**Útmutató a sugárkapu-üzemeltetők számára talált
radioaktív sugárforrások felismerésének és azonosításának,
illetve a riasztás esetén követendő intézkedési terv
elkészítésének támogatására.**

Szerzők: Salik Ádám
Mihályi Dávid
Lajos Máté

Készült "Az atomenergia biztonságos alkalmazásának hatósági ellenőrzését szolgáló műszaki
megalapozó tevékenység (ABA MMT)"
program keretében az Országos Atomenergia Hivatal támogatásával

Budapest, 2019. március

Útmutató a sugárkapu-üzemeltetők számára talált radioaktív sugárforrások felismerésének és azonosításának, illetve a riasztás esetén követendő intézkedési terv elkészítésének támogatására.

Készítette:

Salik Ádám

Ellenőrizte:

Juhász László
osztályvezető

Jóváhagyta:

Dr. Sáfrány Géza
főosztályvezető

Készült *"Az atomenergia biztonságos alkalmazásának hatósági ellenőrzését szolgáló műszaki megalapozó tevékenység (ABA MMT)"* program keretében
az Országos Atomenergia Hivatal támogatásával

Budapest, 2019. március 31.

Tartalomjegyzék

1	Vezetői összefoglaló	4
2	Útmutató kivonat	5
2.1	Általános információk a radioaktív sugárzásokról	5
2.2	Radioaktív sugárzások mérésének lehetőségei	6
2.3	Radioaktív anyag keresése és a teendők megtalál esetén	7
2.4	A személyzet külső sugárterhelésének csökkentésére tett intézkedések	8
2.5	Radioaktív anyag megtalálásakor értesítendő szervezetek	9
3	Általános tájékoztató (Radioaktivitás, radioaktív sugárzás mérés alapjai).....	10
4	Sugárkapu alkalmazása radioaktív anyagok észlelésére	17
4.1	Radioaktív sugárzás mérési elve.....	17
4.2	Radioaktív anyagok ideiglenes tárolása	18
4.3	Sugárkapu üzemeltetés személyi állománya	18
4.4	Sugárkapu általános technikai bemutatása	18
4.5	Sugárkapu elhelyezés a telephelyen	20
5	Az eljárásrendek kialakításnak követelményrendszere.....	21
5.1	A sugárkapu eljárásrendjének célja	21
5.2	A sugárkaput kezelő személyzet teendői	23
5.3	A sugárkapu kezelőinek sugárvédelme:	27
6	Kéziműszer alkalmazása sugárkapu helyettesítésére	28
7	A műszer meghibásodása esetén szükséges teendők	31
8	Az azonosított radioaktív izotópot tartalmazó tárgyak további kezelése.....	31

1 Vezetői összefoglaló

Jelen dokumentum gyakorlati iránymutatást ad a sugárkapukkal detektált radioaktív anyagot tartalmazó tárgyak (vagy sugárforrások) kezelését illetően a sugárvédelmi ismeretekkel nem rendelkező munkavállalók számára is, értelmezhető és követhető módon. Az összeállítás a 490/2015 (XII.30.) Korm. rendeletben felsorolt létesítmények munkavállalói, valamint a sugárkapu-üzemeltetők számára talált radioaktív sugárforrások felismerésének és azonosításának elősegítését szolgálja, illetve a riasztás esetén követendő intézkedési terv elkészítésének támogatását.

A dokumentum összeállításánál figyelembe vettük a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által készített „IAEA Safety Standards, Control of Orphan Sources and Other Radioactive Material in the Metal Recycling and Production Industries for protecting people and the environment” (No. SSG-17) dokumentum ajánlásait.

2 Útmutató kivonat

2.1 Általános információk a radioaktív sugárzásokról

Radioaktív sugárzásnak nevezzük, amikor az atom átalakulása közben (az atomra jellemző) sugárzást bocsájt ki.

Radioaktív sugárzásoknak három fajtája van, alfa, béta és gamma. Áthatoló képességük szerint osztályozva a következő sorrend állítható fel:

- alfa-sugárzás: levegőben néhány cm, akár papírlappal is könnyen árnyékolható.
- béta-sugárzás: levegőben néhány 10 cm esetleg m, lehet, műanyaggal lehet hatékonyan árnyékolni.
- gamma-sugárzás: levegőben jellemzően néhány m, a távolság növelésével gyengül a sugárzás intenzitása, nagy sűrűségű anyagok, ólom, volfrám árnyékolják hatékonyan.

Radioaktív anyagokból kétfélet különböztetünk meg, természetest és mesterségest. Természetes radioaktív izotóp például a K-40 (kálium-40), mely a talajban is megtalálható és a műtrágyákban is gyakori. Továbbá a Th és U (tórium és urán) izotópjai, melyek építőanyagokban és az úgynevezett NORM/TENORM (lásd 13.oldal) anyagok (műtrágya, erőműi salak és pernye) fordulnak elő. Ezek a természetesnél magasabb koncentrációban tartalmaznak földkérgi radioaktív izotópokat. Ilyen jellemzően a műtrágya és erőműi salak-pernye. További. a természetben előforduló radioaktív anyagokat bedúsító iparágak, tevékenységek jegyzékét a 487/2015 (XII.30.) Kormányrendelet 6. sz. melléklete tartalmazza (pl. olaj- és gáztermelés; geotermikusenergia-termelés, -felhasználás; TiO₂-pigment előállítás; hevítéses foszforgyártás; cirkon- és cirkóniumipar mint cirkonhomok-felhasználás, kerámiagyártás; foszfátérc-feldolgozás, foszfátműtrágyák előállítás; cementgyártás, égetőkemencék karbantartása; szénbányászat, széntüzelésű erőművek, kazánok karbantartása; talajvízszűrő létesítmények; stb.)

Mesterséges radioaktív izotópok közül, a Cs-137 (cézium) és a Co-60 (kobalt) fordul elő a leggyakrabban, melyeket ipari technológiai folyamatokban használtak. Illetve a Ra-226 (rádium) izotóp is gyakori, mely „világító számlapú” műszerek egyik izotópja, ezen kívül még akár egy vízkőlerakódásban is megtalálható.

Az ipari és egészségügyi létesítmények széles skálája használ és alkalmaz jelenleg is radioaktív anyagokat. Az iparban például vastagságmérésre és töltésszint mérésre Co-60, Ra-226, Am-241 és Cs-137 zárt sugárforrásokat használnak, melyek csak szigorú hatósági felügyelet mellett használhatók. Ettől függetlenül előfordulhat ezen zárt sugárforrások „elvesztése”, emberi mulasztás miatti bekerülése a vashulladékok közé.

A beolvasztó műben egy radioaktív izotóppal történő szennyezés veszélyes és a szennyeződés eltávolítása rendkívül magas költségekkel jár.

Nagyon fontos, hogy sugárforrás soha ne maradjon a fémhulladékban, mert a beolvasztás során ezt a nagy mennyiségű fémeket, a kezelő személyzetet, illetve a környezetet elszennyezheti.

Radioaktív anyag előfordulhat katonai eszközök szabálytalan kezelése miatt a vashulladékban. Megjegyeznénk, hogy nagy számban alkalmaztak katonai műszerekben Ra-226 radioaktív izotópot (műszerek számlapján, melyet szcintillátor anyaggal keverve halvány zöldes fényvel világít). Ezen tárgyak szeparálása is fontos, a lakosság sugárvédelmének érdekében.

Továbbá az elmúlt évtizedekben az áruszállítás volumene megtöbbszöröződött. Gyógyhatásúnak vélt készítmények, ásványgyűjtők közti küldemények, régiségkereskedők küldeményei vagy a lomtalanítás során különböző múlt század közepéről származó hagyatékok, melyek radioaktív anyagot tartalmaznak, mind felbukkanhatnak szállítás közben a csomópontoknál. Zárt csomagok esetében a szállítmány fuvarokmányai is adhatnak tájékoztató információt.

Az előforduló radioaktív anyagokról képes összefoglalót az útmutatóhoz csatolt külön mellékletében találnak.

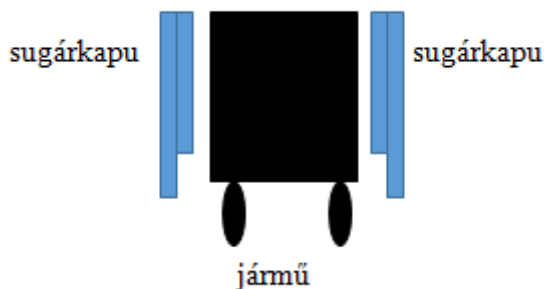
Részletesebb leírást lásd az útmutató 3. fejezetében

2.2 Radioaktív sugárzások mérésének lehetőségei

A radioaktív sugárzások emberi érzékszervekkel nem észlelhetők, kizárólag mérés technikai eszközökkel tudjuk detektálni.

A különböző szállítmányok radioaktív sugárzásának a mérésére az úgynevezett sugárkapuk a legalkalmasabbak. Telepíthetők akár közúti, akár vasúti pályák mellé.

A sugárkapunak nagy érzékenységűnek kell lennie, a természetes háttérsugárzástól már kis intenzitású sugárzást is meg kell tudnia különböztetni, erre a célra a legalkalmasabb típusok az úgynevezett szcintillációs detektorokat tartalmazó sugárkapu rendszerek.



Vasúti pálya mellé helyezett sugárkapu.

Amennyiben a sugárkapu radioaktív anyag tartalmat jelzett, kézi műszeres mérést is el kell végezni. A kézi műszeres mérés megkezdése előtt célszerű még egyszer áthaladni a járművel a sugárkapun, hogy meggyőződjünk róla, nem téves jelzés történt-e. A kézi műszeres mérés helyettesítheti is a sugárkapu alkalmazását.

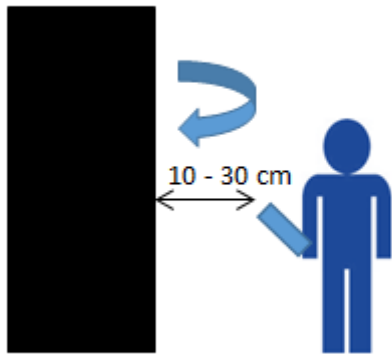
Részletesebb leírást lásd az útmutató 4., 5. és 6. fejezetében

Kézi műszeres vizsgálat dózisteljesítmény vagy felületi szennyezettség mérő alkalmazásával lehetséges.

2.3 Radioaktív anyag keresése és a teendők megtalálás esetén

A kézi műszeres sugárvédelmi méréseket mindig az úgynevezett természetes háttérsugárzás mérésével kezdjük, mely viszonyítási alapként is szolgál. Amennyiben nagyobb felületet (pl. több vagonot vizsgálunk) célszerű a háttérsugárzás mérését 5-10 m-enként megismételni.

Ezt követően a vizsgált jármű, teherautó rakomány, vasúti vagon, stb. mérését kell elvégezni.



Kézi műszeres sugármérés

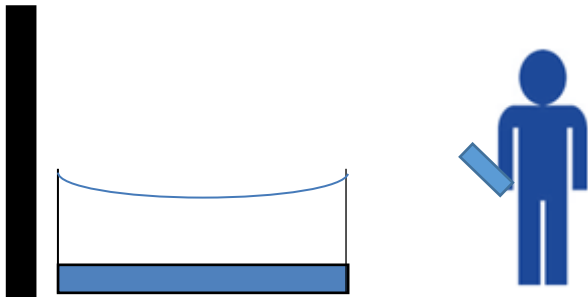
A méréseket a vizsgált felülettől 10-30 cm távolságra kell elvégezni, a teljes felületen pásztázó mozdulatokkal, kb. 1 négyzetméteres felület vizsgálata 20-30 másodperc legyen.

Mérés:

Egyes esetekben számítani lehet arra, hogy a mérendő jármű felszínén kisebb lesz (-20%) a mérhető sugárzás, mint a háttér. Ennek oka a jármű árnyékoló hatása.

Abban az esetben, ha a jármű felszínén a természetes háttérsugárzást 10%-kal meghaladó érték mérhető, feltételezhető, hogy a szállítmányban radioaktív anyag van. Meg kell kísérelni a sugárzást kiváltó tárgyat elkülöníteni a szállítmány többi részétől.

Az elkülönítéskor egyéni védőeszközök használandók, pormaszk, overál és gumikesztyű. Az elkülönítés helyét is célszerű védelemmel (takarófoliával) ellátni.



A kirakodási terület közvetlen környezetében csak azok tartózkodjanak, akik részt vesznek a munkálatokban.

Részletesebb leírást lásd az útmutató 5.2., 5.3. és 6. fejezetében

2.4 A személyzet külső sugárterhelésének csökkentésére tett intézkedések

A külső sugárterhelés elleni védekezés a gyakorlatban három módszerrel valósítható meg.

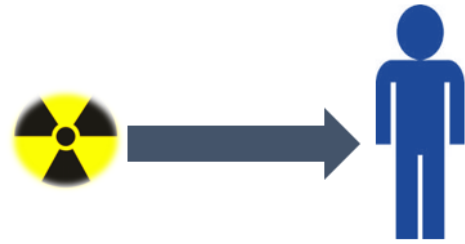
Idővédelem:

Minél kevesebb időt töltünk sugárzási térben, annál kisebb lesz a dózisunk, tehát a feltételezhetően radioaktív anyagot tartalmazó tárgyakat a lehetőségekhez mérten a leggyorsabban kell megtalálnunk és eljuttatni az ideiglenes tárolóhelyre. A tárgyakat kézben tartani csak a lehető legrövidebb ideig szabad, ha van rá lehetőség inkább valamilyen segédeszköz (rúd, kiskocsi, béka, targonca, stb.) használata javasolt.

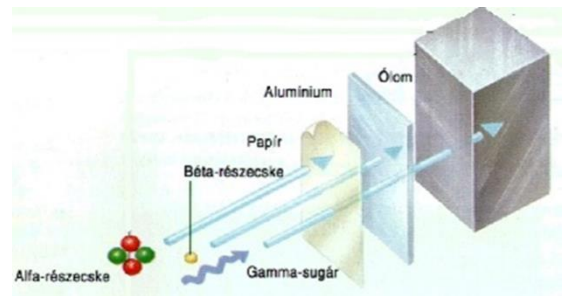


Távolságvédelem:

A gamma sugárzás intenzitása a távolsággal jelentősen csökken (a távolság négyzetével fordított arányban). Tehát a kiválogatott riasztást okozó tárgytól igyekezzünk minél távolabb tartózkodni (> 5 m).

**Árnyékoló anyagok használata:**

A nagy sűrűségű anyagok (pl.: ólom, volfrám) gyengítik hatékonyan a gamma sugárzás intenzitását. Lehetőség szerint a kiválogatott tárgyakat helyezzük ilyen anyagok mögé, szükség szerint használható vaslemez (1-2 mm) vagy beton (5-10 cm) is. Részletesebb leírást lásd az útmutató 5.3. fejezetében

**2.5 Radioaktív anyag megtalálásakor értesítendő szervezetek**

Ha egy anyagról feltételezhető, hogy az radioaktív anyag, illetve ilyen anyaggal szennyezett, haladéktalanul értesíteni kell a hivatásos katasztrófavédelmi szerv területileg illetékes szervét.

A katasztrófavédelmi szerv értesíti az országos tisztifőorvost (aki értesíti az Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálatot (OSKSZ)), az Energiatudományi Kutatóközpontot (EK), az Országos Atomenergia Hivatalt (OAH) és az Alkotmányvédelmi Hivatalt (AH).

A kiemelt sugárzó anyagot a szakember kiérkezéséig egy kizárólag erre a célra kijelölt tárolóban kell hagyni és biztosítani kell, hogy illetéktelenek ne férjenek hozzá.

Részletesebb leírást lásd az útmutató 8. fejezetében

3 Általános tájékoztató (Radioaktivitás, radioaktív sugárzás mérés alapjai)

Az anyag és energia létezésének egyik általános módja a sugárzás. A fizikai környezetünkhöz tartozó sugárzások (hő, fény, mikrohullám, ionizáló sugárzás, stb.) normál szintjei szorosan az élethez tartoznak, ugyanakkor megnövelt szintjei károsíthatják az élő szervezeteket.

A sugárzások típusai

Az elektromágneses sugárzások tartománya rendkívül széles és színes. A spektrumot sugárvédelmi szempontból a nem-ionizáló és az ionizáló sugárzások tartományára osztjuk. A lassan változó elektromos és mágneses mezők, a rádió- és mikrohullámok, a hő és optikai sugárzások a nem-ionizáló sugárzásokhoz, a röntgen-, a gamma- és a nagy energiájú kozmikus sugárzás az ionizáló sugárzásokhoz tartoznak. Az elektromágneses sugárzás fizikai természete kettős. Meghatározott körülmények között hullámként viselkedik, más körülmények között olyan, mintha részecskékből állna. Egyes kölcsönhatásokban az elektromágneses típusú röntgen- és a gammasugárzás úgy viselkedik, mintha a sugárzás „kvázi” részecskékből, fotonokból állna. A fotonok mindig fénysebességgel száguldanak.

Ionizáló sugárzás

A sugárzás-anyag kölcsönhatás kimenetelét a sugárzást alkotó részecskék, illetve kvázi részecskék, azaz fotonok (a továbbiakban: sugár-részecskék) energiája határozza meg. A kölcsönhatás mindig párjellegű, tehát a kölcsönhatás a sugár-részecske és az atom egyik alkotórésze, tipikusan az elektronhéj egyik elektronja, ritkábban az atommag között megy végbe. Azokat a sugárzásokat, amelyek közvetlenül vagy közvetett módon képesek arra, hogy az elektronhéjról elektront távolítsanak el, ionizáló sugárzásnak nevezzük.

Az ionizáló sugárzások közül ötféle sugárzást használunk fel széleskörűen, a röntgensugárzást, a neutron-sugárzást, valamint a háromféle radioaktív sugárzást (alfa, béta, gamma). A radioaktív bomlásakor keletkező radioaktív sugárzások, valamint a maghasadáskor keletkező neutron-sugárzás az atommagból lép ki, a röntgensugárzás az elektronhéjban keletkezik.

Atomszerkezet

A sugárzások keletkezésének, a sugárzás-anyag kölcsönhatásnak a leírásához a sugárvédelem a Bohr féle egyszerű atommodellt használja. Az atommagot elektronhéj rendszer veszi körül. Az anyag az atommagban elképesztő sűrűségű. A mag körüli elektronfelhő rendkívül ritka.

Az atommagot egységnyi pozitív töltésű protonok $\{p\}$ és a protonokkal közel egyező tömegű, töltés nélküli neutronok $\{n\}$ (magrészecskék, nukleonok) alkotják. Az atom kémiai jellegét (a kémiai elemet) a protonok száma (rendszám $\{Z\}$) határozza meg. A protonok plusz a neutronok száma adja a tömegszámot $\{A\}$. Egy kémiai elemnek különböző tömegszámú atomjai léteznek, ezeket a kémiai elem izotópjainak nevezzük. Az izotópok atommagjai lehetnek stabilak (stabil izotópok) és lehetnek instabilak (radioaktív izotópok). A radioaktív izotóp atommagja a radionuklid.

Az elektronfelhő elektronjai egységnyi negatív töltésű, a magrészecskékénél (nukleonok) közel kétezerszer kisebb tömegű részecskék. Számuk elektromosan semleges atomban megegyezik a protonok számával.

Gerjesztés, ionizáció

A sugárzási téréből az energiát az atomok elektronhéj szerkezete veszi fel. Az energiaközlés mindig egy sugár-részecske és a héjszerkezet egy elektronja között párjelleggel, diszkrét lépésekben történik. Az elnyelt energia következtében a héjszerkezet megváltozik, az atom gerjesztett állapotba kerül, valamint az energiaközlés következménye ionizáció is lehet, amikor elektronok szakadnak ki a héjszerkezetből.

A neutronok nem képesek az elektronokkal kölcsönhatásba lépni. Az atommagokon szóródnak és a meglökött atommagok révén közvetetten ionizálnak.

Radioaktivitás

A radioaktivitás az instabil atommagok (radionuklidok) magától végbemenő (spontán) átalakulásának (bomlásának) a jelensége. A természetben a spontán folyamatok iránya mindig a mélyebb, stabilabb energiaállapot felé mutat. Az instabil állapotokhoz képest a stabil állapotok száma csekély. Az ismert radioizotópok száma jelenleg mintegy 2500, ami nagyságrendileg több mint az ismert stabil izotópok száma. A radioizotópok túlnyomó többsége mesterséges eredetű. A természetes radioizotópok száma nem éri el a százat.

Minden anyag, beleértve saját szervezetünket is, tartalmaz radioizotópokat, éppen ezért sugárvédelmi jogszabály húzza meg azt a határvonalat, ami a hatósági felügyelet alá tartozó radioaktív anyagot a hatósági felügyelet alá nem tartozó anyagtól elválasztja.

Természetes radioizotópok

A természetes radioizotópok egy része a Földdel egyidős, ún. ősi (primordiális) radioizotóp, más része az ősi radioizotópok bomlása révén, illetve a kozmikus sugárzásnak köszönhetően folyamatosan termelődik.

Az elemek és azok izotópjai a csillagokban keletkeznek. A Föld kora 4,5 milliárd év, a szupernóva, aminek az anyagából a naprendszer is keletkezett ennél 1-2 milliárd évvel idősebb. A szupernóvában keletkezett radioizotópok közül a nagyon hosszú életidejű ősi radioizotópok ma is jelen vannak a környezetünkben. Közülük négynek van kiemelkedő jelentősége.

A K-40 (kálium 40) mindenhol jelen van a földkéregben és a táplálékláncban. A K-40 az emberi szervezet radioaktivitásának legnagyobb járulékat adja. Egy bomlással stabilizálódik.

Egyes nagytömegű radioizotópok egy bomlással nem képesek stabilizálódni. Az anyaelem bomlásakor keletkező leányelem maga is radioaktív, majd az ismételt bomláskor is radioizotóp keletkezik. Ilyen módon hosszú bomlási sorok keletkeznek. Az ősi radioizotópok közül három radionuklid (U-238, U-235 és Th-232; U: urán, Th: tórium) tart fent hosszú bomlási sort.

Legfontosabb bomlási sora az U-238-nak van, amelyben két fontos radioizotóp a Ra-226 (rádium 226) és a Rn-222 (radon 222) keletkezik. Az U-238 olyan lassan bomlik, hogy a föld keletkezésekor jelen lévő mennyiségének mintegy a fele a földben, sziklában ma is megtalálható.

A radioaktivitást 1896-ban H. Becquerel francia kutató fedezte fel, miután megfigyelte, hogy az uránsók sugárzása a fényképlemezt megfeketíti. Két évvel később Pierre és Marie Curie uránszurokérből kivonták az erősen sugárzó rádiumot. Ez hatalmas teljesítmény volt, mivel nyolc tonna uránérből 0,1 gramm rádium nyerhető ki. A radioizotópok felhasználása a rádium felfedezésével, kinyerésével és orvosi sugárterápiás célú alkalmazásával kezdődött.

Az ősi radioizotópok leányelemei mellett a környezetünkben más, folyamatosan termelődő radioizotópok is jelen vannak. A Napból és a világűrrel jövő kozmikus sugárzás nagyenergiájú részecskéi és a levegő közötti kölcsönhatásban többféle radioizotóp is keletkezik, amik közül a H-3 (trícium) és a C-14 (szén 14) a legfontosabbak.

NORM (TENORM) anyagok

NORM (TENORM) anyagnak nevezzük a természetben előforduló, földi eredetű radionuklidokat (urán, tórium, kálium) tartalmazó anyagot, amely természetes vagy mesterséges hatásra az átlagosnál magasabb természetes eredetű radioaktív anyag koncentrációval rendelkezik.

Mesterséges radioizotópok

A radioaktivitás az atommag különleges energiaállapota, amit csak magreakciókkal lehet előállítani. A mesterséges radioizotópok

- a) előállíthatók atomreaktorban stabil izotópok neutron besugárzásával;
- b) előállíthatók gyorsítóban, töltött részecskék ütköztetésével.

Aktivitás, aktivitáskoncentráció

Az anyag aktivitásának $\{A\}$ az időegység alatt bekövetkező spontán magátalakulások (bomlások) számát (vagy annak várható értékét) nevezzük. Az aktivitás egysége s^{-1} (1/másodperc), az egység neve becquerel (Bq). Mivel az egységnyi aktivitás túlságosan kis érték, prefixumokkal a többszöröseit képezzük. $kBq=10^3$ Bq, $MBq=10^6$ Bq, $GBq=10^9$ Bq, $TBq=10^{12}$ Bq.

A rádium korszakban az aktivitás egysége 1 g rádium aktivitása volt, amit curie-nek (Ci) neveznek. $1 Ci = 37 GBq$.

A hatósági felügyelet alá tartozó radioaktív anyagok és a felügyelet alá nem tartozó anyagok közötti ún. mentességi szinteket a vonatkozó jogszabály aktivitásban és aktivitáskoncentrációban adja meg. Az aktivitás koncentrációt értelmezhetjük az anyag egységnyi tömegére jutó aktivitással (mértékegysége Bq/kg).

Felezési idő

A radioaktív bomlás statisztikus jelenség. Egy radionuklidról lehetetlen megmondani, hogy mikor alakul át, a bomlásnak csak meghatározott számszerű valószínűsége van. Az aktivitás várható értéke arányos a még el nem bomlott radionuklidok számával és függ a radionuklidra jellemző bomlási állandótól.

A radioaktív bomlástörvény szerint a radioaktív anyagok aktivitása időben exponenciális jelleggel csökken. Azt az időtartamot, ami alatt a kezdeti aktivitás (és a még el nem bomlott radionuklidok száma) a felére csökken felezési időnek $\{T_{1/2}\}$ hívjuk. Az aktivitás exponenciális jellegű csökkenése azt jelenti, hogy a második felezési idő alatt a még el nem bomlott radionuklidok száma nem csökken nullára (lineáris jelleg esetében ez történe), hanem az aktivitással együtt ismét feleződik. Minden további felezési idő a maradék aktivitást (és az el nem bomlott radionuklidok számát) ismét tovább felezi.

A radionuklidok felezési ideje rendkívül különböző lehet, a másodperc tört részeitől sokmilliárd évig terjedhet. Egy adott típusú radionuklid felezési ideje olyan állandó, amit sem fizikai sem kémiai módszerekkel nem lehet megváltoztatni. A radioaktivitás oka az atommagban van, ahova a kémiai változások nem érnek el.

Radioaktív bomlások

Alfa(α)-bomlás. Az atommag rendkívül sűrű anyagát, a nukleonokat a magerők tartják össze. A magerő nagyon intenzív kölcsönhatás, ami sikeresen leküzdí az atommagban összepréselt pozitív töltések (protonok) között fellépő elektromos (Coulomb) taszítást. A magtömeg növelésének (a mind nagyobb rendszámú elemek felépítésének) határt szab, hogy amíg az egynemű töltések között fellépő taszító erők az egész atommagot áthatják, addig a magerők hatótávolsága rövid. A magtömeg növelésével az atommag egyre inkább instabillá válik. A $Z=85$ rendszámától fölfelé az elemeknek már nincs stabil izotópjuk. A természetben található legnagyobb rendszámú elem, az urán ($Z=92$) egyes izotópjai csak azért vannak környezetünkben jelen, mert rendkívül hosszú a felezési idejük. A U-238 felezési ideje $4,5 \cdot 10^9$ év, a U-235 felezési ideje $7,1 \cdot 10^8$ év.

A radioaktivitás egyik oka tehát az atommag túl nagy tömege. A radioaktív átalakulások közül az α -bomlás az atommag tömegszámát négygyel, a rendszámát kettővel csökkenti. A bomláskor kilépő α -részecske (Alfa sugárzás) két protonból és két neutronból álló hélium atommag.

Béta(β)-bomlás. Az atommag nukleonjait összetartó magerő nem állandó, intenzitása függ a protonok-neutronok arányától is. Az atommagok ideális proton-neutron aránya elemről-elemre más. A kisebb rendszámoknál fele-fele az arány, majd a rendszám növekedésével az arány a neutronok javára mindinkább eltolódik. A rendszámfüggő arány az elemek stabil magjainál mondható „ideálisnak”, amikor az egy nukleonra jutó magerő a lehetséges szomszédos állapotokhoz képest a legnagyobb. A stabil magok vannak a legmélyebb energia állapotban. A nem ideális proton-neutron arány miatt instabil radionuklidok β -bomlással tudják az arányt megváltoztatni. β -bomlásnál a mag rendszáma eggyel nő vagy csökken, új elem keletkezik. A β -bomlás következtében a mag tömegszáma nem változik, ugyanakkor megnő az egy nukleonra jutó kötési energia. Annak megfelelően, hogy a bomlásnál melyik nukleon alakul át, a β -bomlásnak két alapvető altípusa van (β^- , β^+).

A relatív neutron túlsúly miatt bekövetkező negatív β -bomlás a leggyakoribb bomlási mód, a könnyű elemektől a nehéz magokig a radionuklidok mintegy 80%-a negatív β -bomló. A bomlás során egy neutron egységnyi pozitív töltés felvételével protonná alakul. A pozitív töltés negatív párjával egy elektron tömegű részecske kilép a magból. A + és - töltéspár, valamint az elektron a bomláskor keletkezik.

A relatív proton túlsúly miatt bekövetkező pozitív β -bomlás hasonlóan megy végbe, de itt pozitív töltés leadásával egy proton bomlik neutronná. A pozitív töltést egy elektron tömegű részecske, a pozitron viszi magával. A proton neutronná alakulása úgy is megtörténhet, hogy a pozitív töltést egy, a legbelső K-héjről befogódó elektron semlegesíti. A mag átalakulásának ez a módja a K-befogás. A radionuklidok egy részénél a mag átalakulása mindkét módon megtörténhet, ilyenkor a K-befogás a pozitív β -bomlással konkurál.

Radioaktív sugárzások

Az α -bomláskor keletkező α -sugárzás kétszeres pozitív töltésű nehéz, töltött részecskékből, hélium atommagokból (${}^4\text{He}^{2+}$) álló sugárzás.

A negatív β -bomláskor keletkező β -sugárzás sugár-részecskéi egyszeres negatív töltésű, könnyű elektronok (e^-).

Radioaktív bomláskor energia szabadul fel. Az energia nagy részét elviszik a részecske sugárzások. β -bomlásnál mindig keletkezik neutrínókból álló sugárzás is, ami szinte megfoghatatlan, ezért van aki „kísértet” sugárzásnak nevezi.

Amennyiben a bomláskor keletkező leányelem atommagja gerjesztett állapotú, a fölösleges energiát a mag elektromágneses sugárzás formájában kisugarazza. A leányelem atommagjából kilépő elektromágneses sugárzást gamma(γ) sugárzásnak nevezzük.

A bomláskor keletkező magok gerjesztett állapotának az élettartama rendszerint nagyon rövid ($< 10^{-10}$ s). Az esetek többségében a gamma foton az α - vagy β -részecskével gyakorlatilag egy időben keletkezik. Van azonban néhány olyan radionuklid, amelyek bomlása után a leányelem gerjesztett állapota hosszabb időn át fennmarad, a gerjesztett állapot megszűnése mérhető felezési idővel történik. Az ilyen különösen hosszú (> 1 s) átmeneteket izomer átalakulásnak nevezzük.

A gerjesztett állapotú, izomer átalakulásra (tisztán γ -sugárzásra) képes instabil magokat, minthogy rendszámuk és tömegszámuk megegyezik a már stabilizálódott magokéval, „m” indexszel (metastabil) jelöljük. Az izotópdiaгностика legfontosabb jelző radionuklidja a metastabil technécium (Tc-99m).

Röntgensugárzás

Jelen útmutatónak nem tárgya a röntgenberendezésekkel kapcsolatos ismeretek bemutatása. Arra viszont felhívjuk a figyelmet, hogy bár a röntgensugárzás fizikai természetét tekintve megegyezik a gamma sugárzáséval, de kikapcsolást követően a röntgenső (berendezés) nem képes ionizáló sugárzás előállítására, a röntgen berendezések radioaktív anyagot nem tartalmaznak.

Sugárzás-anyag kölcsönhatása

Az ionizáló sugárzás, amennyiben valamilyen anyagon halad át, úgy az elnyelt energia döntő hányada az anyag molekuláinak, atomjainak a gerjesztésére és ionizációjára fordítódik.

A töltött részecskesugárzások (α - és β -sugárzás) az elektronsűrű elektronjaival ütközve közvetlenül ionizálnak.

Az elektromágneses sugárzások (röntgen- és γ -sugárzás) fotonjai közvetlenül, a fotoeffektus, a Compton-szórás és a párkeltés kölcsönhatásai útján ionizálnak. A kölcsönhatások során az azonos energiájú röntgen és gamma fotonok tökéletesen azonos módon viselkednek.

A gyors neutronok az atommagokon szóródva lelassulnak, majd az atommagba befogódva, az atommag tömegszámát eggyel növelve, új izotópot hoznak létre. Az új izotóp lehet radioaktív, a befogáskor befogási γ -sugárzás is felléphet.

A sugárzások hatótávolsága, detektálása

Az alfasugárzást kibocsátó radioaktív izotópok felderítése nehéz, mivel az alfasugárzás hatótávolsága kicsi, levegőben néhány cm, illetve egy papírlap is hatékonyan megfogja (árnyékolja). Megjegyeznék, hogy a sugárzások fellépésekor ritka a tisztán alfasugárzó izotóp, kísérőjelenségként többnyire gamma sugárzás is detektálható.

Béta sugárzás tulajdonságait tekintve, nagyobb eséllyel detektálható, mert a hatótávolsága is nagyobb, mint az alfasugárzásé. Az árnyékolása is könnyű elemekkel történik, mint például a vékony alumínium lemez, vagy műanyag.

Megjegyeznék, hogy a sugárzások előfordulásakor ritka a tisztán béta-sugárzó izotóp, kísérőjelenségként jóformán mindig gamma sugárzás is detektálható.

A gamma-sugárzás áthatolóképessége már jelentős, így a sugárkapuk nagyon hatékonyan detektálják. Árnyékolását magas rendszámú elemekkel, például ólommal lehet megvalósítani.

4 Sugárkapu alkalmazása radioaktív anyagok észlelésére

„Olyan automata berendezés, melynek célja a radioaktív anyagok áthaladásának észlelése az ellenőrzés helyén, és amely a kialakításától függően alkalmas lehet szállítmányok vagy személyek átvizsgálására és az elrejtett radioaktív anyagok felderítésére” (490/2015. (XII. 30.) Kormányrendelet).

A sugárkapu megnevezés megtévesztő lehet (szakmailag ez a pontos kifejezés a komplett egységet képező rendszerre), radioaktív anyagot nem tartalmaz, kizárólag a radioaktív anyagok sugárzásának mérésre szolgál. Tehát a sugárkapu nem jelent sugáregészségügyi kockázatot a munkavállalókra.

Egy sugárkapu vagy a kéziműszeres sugárzásszint ellenőrzése azt a célt szolgálja, hogy a lakosságot indokolatlan sugárterhelés ne érje, illetve a környezetbe ne kerüljön ki radioaktív anyag.

Megjegyzés: A rakományátvilágító (vagy csomagátvilágító) röntgenberendezések nem alkalmasak ionizáló sugárzás mérésére, így sugárkapunak sem nevezhetők.

4.1 Radioaktív sugárzás mérési elve

A sugárkapunak nagy érzékenységűnek kell lennie, a természetes háttérsugárzástól már kis intenzitású sugárzást is meg kell tudnia különböztetni, erre a célra a legalkalmasabb típusok az úgynevezett szcintillációs detektor(oka)t tartalmazó sugárkapu rendszerek.

A rendszer nagy érzékenyséű szcintillációs kristályból és fotoelektron-sokszorozóból áll, melynek impulzusait a beépített előerősítő felerősíti. A kristályban a radioaktív sugárzás fényfelvillanást okoz, melyet a fotoelektron-sokszorozó tovább erősít, így ezt követően mérhető elektromos jelet kapunk.

A detektorból a jármű haladási irányába mindkét oldalra el kell helyezni egyet-egyét.

A szcintillációs detektorokon kívül vannak Geiger-Müller számláló detektoros sugárkapuk is, melyek érzékenysége jóval alacsonyabb (a berendezések felépítéséből adódóan), így ezen berendezések kevésbé alkalmasak a sugárforrások felderítésére.

4.2 Radioaktív anyagok ideiglenes tárolása

A félreállítást biztosító terület környezetében ki kell jelölni egy ideiglenes tárolót, ahová a feltételezhetően riasztást adó tárgyat el lehet különíteni (a tároló nem lehet a sugárkapu 20 m-es körzetében). A tárolónak a közlekedési útvonalaktól legalább 5 m távolságra kell lenni, illetve rendszeres tartózkodási terület 10 m távolságon belül nem lehet.

A tároló csak telephelyen belül jelölhető ki, és abban az esetben, ha riasztást okozó tárgy kerül bele, el kell helyezni rajta a sugárveszély tárcsajelét.

4.3 Sugárkapu üzemeltetés személyi állománya

Egy berendezés felügyeletét legalább két munkavállalóval célszerű megvalósítani, lehet akár munkaköri kiegészítéssel, többletfeladatként. Ezen munkavállalóknak, bár nem kötelező a sugárvédelmi tanfolyam elvégzése, javasolt az alapfokú sugárvédelmi tanfolyami végzettség megszerzése. Megfelelő helyszíni ismerettel is kell rendelkezniük a forgalomirányításhoz.

4.4 Sugárkapu általános technikai bemutatása

Sugárkapu (angolul: Radiation Portal Monitors)

A sugárkapuk általában egy vagy több érzékelőből álló függőleges oszlopok, a foglaltságérzékelőkkel (fotocella) együtt, úgy elhelyezve, hogy azokon járművek tudjanak keresztülhaladni. A sugárkapu érzékenysége nagyban függ a (jármű és a detektor) távolságtól, a járműveknek olyan közel kell lennie a detektorhoz, hogy az még forgalmi szempontból biztonságos legyen. Továbbá, az érzékelőket úgy kell elhelyezni, hogy akadálytalanul láthassák a keresési területet.

A vizuális riasztási jelzéseket úgy kell kiválasztani és telepíteni, hogy azokat az ellenőrző ponton a személyzet tisztán lássa. Hasonlóképpen, a hallható riasztásjelzőket úgy kell választani és telepíteni, hogy azt a személyzet tisztán hallhassa az ellenőrzési ponton.

A sugárkapu használatánál figyelembe kell venni, hogy a jármű raktere anyagösszetételétől függően akár jelentős árnyékoló hatással is bírhat, mely a detektálási hatásfokot is befolyásolja. A mérési idő tartamát (áthaladási sebesség) és a detektor felület nagyságát ezek alapján kell kiválasztani.

Sugárkapu jellemző technikai paramétereit:

Dózis tartomány (opcionális): 0,01 – 250 $\mu\text{Sv/h}$

Energia tartomány (gamma): 30 keV – 2 MeV

Kijelzett mértékegység: cps (általában)

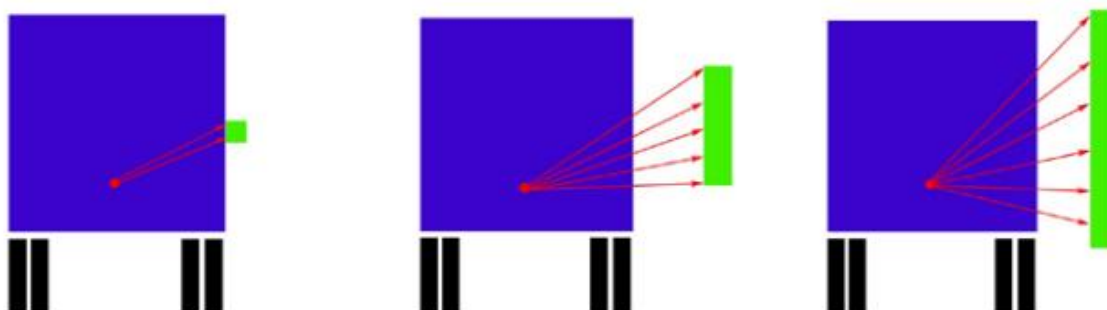
Megfelelő sugárkapu kiválasztása

A sugárkapu kiválasztásakor az érzékenység mértékének meghatározása az első lépés, melyet a sugárkapun áthaladó járművek és a forgalom függvényében kell meghatározni.

Az érzékenységet a szcintillációs detektor mérete határozza meg, melyet a gyártók jellemzően literben (l) adnak meg. A nagyobb a detektorfelület nagyobb érzékenységet takar.

Ajánlásaink:

Jármű tömeg (t)	Forgalom (db/ nap)	Szcintillációs detektor (det.) literben (l)
jármű $\leq 3,5$	≤ 100 db.	≤ 5
$3,5 < \text{jármű} \leq 7,5$	≤ 100 db	$5 < \text{det.} \leq 10$
$7,5 < \text{jármű}$	≤ 100 db	$10 < \text{det} \leq 20$
$7,5 < \text{jármű}$	> 100 db	>20



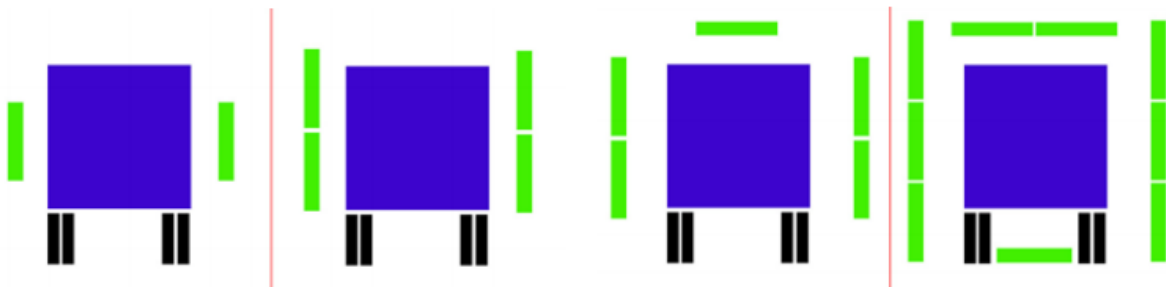
1. ábra. A sugárkapun áthaladó jármű megengedett legnagyobb sebessége jellemzően 5-10 km/h közötti.

4.5 Sugárkapu elhelyezés a telephelyen

A telepítés helyszínét úgy kell kiválasztani, hogy a sugárkapu ne akadályozza a forgalmat, lehetőség szerint a legkisebb mértékben csökkentse az áteresztőképességet. Javasolt a bejárat után közvetlenül elhelyezni a berendezést. Amennyiben több bejáratral rendelkezik a telephely, olyan helyszínen kell a sugárkaput felállítani, hogy a vizsgálni kívánt járművek számára megközelíthető legyen. Lehetőség szerint kerülni kell egy helyen több sugárkapu alkalmazását. Külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a riasztást adó jármű kiterelése gyorsan és rövid úton megoldható legyen (vészleálló parkolóhely). A parkolóhelynek biztosítani kell, hogy a jármű kéziműszerekkel hozzáférhető legyen, valamint, ha szükséges, a kirakodás elvégezhető legyen.

Helyigény:

A sugárkapu helyigénye körülbelül $2 \times 2 \text{ m}^2$, magassága 4,2 m (de nem szükséges, hogy magasabb legyen a telephelyre jellemzően behajtó járműveknél).



2. ábra A detektorok elvi elhelyezkedése a jármű körül.

Áramellátás:

Villamos tápellátást biztosítani kell a berendezéshez, de nem szükséges ipari áram, a legtöbb berendezés 230 V, 50 Hz elektromos hálózati csatlakozóról üzemeltethető. Célszerű szünetmentes tápegység telepítése is.

Internetelés:

Nem kötelező jellegű, de ajánlott, hogy a berendezés rendelkezzen internetes elérhetőséggel, a távoli vezérlést lehetővé téve. Megvalósítható akár mobil internet-hozzáférési lehetőséggel is.

Vezérlés:

A berendezések alap felszereltségei közé tartozik egy helyszíni kontrollámpa és hangjelző melyek a háttérsugárzás szintjét meghaladó értéket mérve egyértelmű jelzést adnak. Ezek

kiegészíthetők fotocellás érzékelőkkel, melyek csak akkor kapcsolják mérésre a berendezést, ha jármű halad át rajta. Továbbá kiegészíthető kamerarendszerrel, mely az áthaladó járművekről készít felvételt és riasztás esetén tárolja is.

Riasztási szint:

A sugárkapuknál beállítható érték, hogy mekkora sugárzás intenzitásnál adjon riasztást a háttérsugárzáshoz képest (növekmény 10%, 20% stb.).

Nemzetközi szinten a jelzésre leggyakrabban alkalmazott riasztási szint az úgynevezett „zéró tolerancia” a természetes háttérsugárzást a legkisebb mértékben történő meghaladás esetén is riasztást ad a rendszer. A berendezések jellemzően cps-ben (count per secundum, ritkábban cpm, count per minute) adják meg a kijelezett értékeket.

A cps jelentése: beütés szám másodpercenként, azaz a detektor felületre hány darab radioaktív bomlásból származó részecske (foton) jut. A természetes háttérsugárzásból származó beütésszám detektorméret függő, de akár az 5000 cps-t is elérheti.

5 Az eljárásrendek kialakításnak követelményrendszere

A sugárkapu üzemeltetéséhez eljárásrendet kell kialakítani, mely minden olyan releváns információt tartalmaz, ami az esetleges detektált sugárforrás(ok) biztonságos kiválogatásához szükséges.

A sugárkapu, vagy a kéziműszeres ellenőrzés lépéseit mindig munkahely és telephely specifikusan kell kialakítani.

5.1 A sugárkapu eljárásrendjének célja

Meghatározni mi a teendő sugárkapu riasztása esetén. Meghatározni, hogyan kell az ellenőrzést folytatni, az esetleges radioaktív vagy radioaktivitással szennyezett anyagot, sugárforrást biztonságosan megkeresni, kezelni, elkülöníteni. Meghatározni, mely szervezeteket és milyen elérhetőségeken keresztül kell értesíteni.

Az Eljárásrend szabályzat elkészítésénél figyelembe kell venni az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet és a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más

radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről szóló 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet előírásait.

A sugárkapu szakszerű üzemeltetéséhez szükséges eljárásrendnek az alábbi fejezeteket kell tartalmaznia

Alaprajz, melyen feltüntették a jármű haladási irányát és riasztás esetén a félreállítás helyét.

Meg kell határozni a jármű áthaladási sebességét, általánosan kijelenthető, hogy 5-10 km/h között változik. Nagyobb sebesség esetén a mérés hatékonysága jelentősen csökken.

Meg kell határozni, hogy a telephelyre történő behajtást követően mely járműveknek kell áthaladni a sugárkapun és melyek mehetnek be ellenőrzés nélkül.

Figyelmet kell fordítani a járművezetők előzetes tájékoztatására, melyben ismertetni kell velük teendőiket arra az esetre, ha nincs riasztás, illetve arra, amikor van.

A járművezetők teendői abban az esetben ha,

- nincs riasztás: tovább kell haladniuk, figyelve arra, hogy az esetleges utánuk érkező autó sugárkapuban történő mérését ne akadályozzák.

- riasztás van: a járművel tovább kell haladni arra a pontra, ami előzetesen kijelölésre került a további intézkedések számára (sugárzásmérés, kirakodás). A jármű vezetőfülkéjét zárni kell és a jármű vezetőjének a portán jelentkeznie kell a szállítási dokumentációkkal.

Visszatolás, újramérés nem szükséges, indokolt esetben viszont alkalmazható.

A járművezetőnek jeleznie kell a sugárkaput kezelő személy részére, ha olyan orvosi vizsgálaton esett át, ahol radioaktív anyagot is használtak.

A sugárkapu kezelői

A sugárkaput azok kezelhetik, akiket a sugárkapu kezelésére kiképeztek és ezt dokumentálták. A sugárkapu kezeléséhez a magyar nyelvű kezelési kézikönyvet kell ismerni, így az intézkedési szabályzat a sugárkapu technikai kezelésével nem foglalkozik.

A kezelő személyzet sugárvédelmi célú oktatása

A sugárkapu kezelői radioaktív anyaggal, radioaktivitással szennyezett anyaggal, gazdátlan sugárforrással kerülhetnek kapcsolatba, ezért a kezelőket sugárvédelmi ismeretekre, a radioaktivitásra, radioaktív anyagok és szennyezett felületek, valamint a gazdátlan

sugárforrások jellegzetességeire, a sugárbiztonsággal kapcsolatos alapvető ismeretekre ki kell oktatni. Ajánlott sugárvédelmi képzettséggel (alap- vagy bővített fokozatú) rendelkezniük és 5 évenként továbbképzésen kell részt venniük.

5.2 A sugárkaput kezelő személyzet teendői

Beérkező rakományok

A jármű áthaladási sebessége ajánlottan 10 km/h, ennél nagyobb sebesség esetén a sugárkapu nem mér megfelelő hatásokkal.

A járművezetők figyelmét fel kell hívni a sebességkorlát szigorú betartására.

A sugárkapu bekapcsolása általában automatizáltan történik, fotocellás érzékelők segítségével. Opcionálisan az áthaladó járműről videofelvétel készül, amennyiben a sugárkapu radioaktív anyagot észlel, fényképet készít a jármű azon pontjáról, ahol a forrás a detektor előtt halad el, ami a későbbi kéziműszeres azonosítást segíti.

Abban az esetben, ha a jármű nem okozott riasztást a sugárkapun (az esetek döntő többségében ezt várjuk), a sugárkaput kezelő személyzetnek teendője sugárvédelmi szempontból nincs.

Riasztás esetén teendő:

Riasztásnál a figyelmeztető fény- és hangjelzés megszólal, a sugárzás forrásának helye a sugárkapu által elkészített kép alapján azonosítható.

A közelítő behatárolást az teszi lehetővé, hogy a sugárzás szintjének az emelkedését a sugárkapu késedelem nélkül jelzi.

A kezelő a sugárkapu jelzéséről azonnal értesül, a kijelzőn megjelenik a riasztási esemény. A megjelenő beütésszámok értékelését el kell végezni.

Célszerű a járművet még egyszer újra átvezetni a sugárkapu előtt, ezzel kizárva a téves riasztást. Amennyiben a riasztást biztos, járművet félreállítják a külön erre a célra kijelölt helyen és körülhatárolják. A sugárkapu kezelői elvégzik a riasztást adó jármű kéziműszeres vizsgálatát. A járműtől legalább 10 m távolságra megméri a természetes háttérsugárzás értékét.

Az egyéb körülmények kizárása után az legyen a kiinduló feltételezés, hogy minden riasztás „valódi”, ezért a jármű rakományának ellenőrzését minden riasztás után el kell végezni.

A vizsgált jármű tartalmát szeparáltan kell vizsgálni, az adott tárgyakat egyesével leemelve (kézi vagy gépi erővel egyaránt lehet). A sugárzás szintet folyamatosan mérni kell.

Vizsgálat közben a sugárzásmérő kikapcsolás TILOS!

Amennyiben a riasztáskor a kijelezett **beütésszám (cps) a természetes háttérsugárzásnál 20%-kal magasabb, de kevesebb, mint a tízszerese:**

A járművet, illetve rakterét korlátozás nélkül meg lehet közelíteni, és a feltételezhetően riasztást adó tárgyat kiemelve, a járművet újra át kell vezetni a sugárkapun.

A továbbiakban át kell nézni a riasztás után automatikusan kinyomtatott riasztási protokollt. A kezelési kézikönyv segítségével meg kell próbálni eldönteni, hogy a riasztást pontszerű, vagy kiterjedt sugárforrás váltotta-e ki. Kiterjedt sugárforrás lehet a rakomány egésze, ami nagyobb aktivitáskoncentrációban tartalmaz természetes radioizotópokat. Például a műtrágyában lévő K-40 természetes radioizotóp sugárzása annyival meghaladja a háttérsugárzást, hogy az a legtöbb esetben riasztást vált ki.

Amennyiben nem történik újbóli riasztás, a jármű továbbengedhető.

Ha újból riasztás történik, meg kell kísérlni még egyszer a feltételezhetően sugárzást kibocsátó tárgyat kiemelni. Amennyiben a tárgy kiemelésére tett második próbálkozás sem jár sikerrel, az eljárást szüneteltetni kell a szakemberek megérkezéséig. A szakemberek kiérkezéséig a járművet elkülönítve kell parkoltatni.

Azokra az esetekre, amikor a riasztási protokoll alapján az valószínűsíthető, hogy a riasztást mesterséges sugárforrás váltotta ki és a sugárforrás pontszerű, fokozottan oda kell figyelni, mivel nem lehet kizárni valódi zárt (gazdátlan) sugárforrás felbukkanását. Ellenőrizni kell a riasztást kiváltó beütésszámot. Amennyiben az legalább két nagyságrenddel meghaladja az háttérsugárzás átlagát(lásd következő fejezet), kézi sugárzásmérővel haladéktalanul ellenőrizni kell a jármű környékén detektálható sugárzást (részletesebb leírást lásd az útmutató 6. fejezetében).

Ebben a mérési tartományban fordulhatnak elő az úgynevezett NORM /TENORM anyagok által okozott riasztások:

Azokon a telephelyeken ahol számítani lehet ilyen anyagok előfordulására, az eljárásrendet ki kell egészíteni az alábbiak szerint:

A sugárkapu riasztása a teljes raktérfelületre kiterjed, a beütésszám eloszlása egyenletes a teljes felületen. Mivel relatív alacsony a radioaktív izotóptartalom egy zárt sugárforráshoz képest, a beütésszám (és/vagy a dózisteljesítmény) maximum a természetes háttérsugárzás néhányszorosa.

Kézi műszeres vizsgálat esetén szintén a sugárzási tér egyenletes eloszlására kell számítani a vizsgált anyagok esetében.

Gyakran a fuvarokmányokból (amennyiben rendelkezésre áll) megállapítható, hogy a sugárkapu riasztást előidéző anyag NORM (TENORM) anyagok közé sorolható.

NORM (TENORM) anyag gyanúja esetén a megfelelő rutin kialakulásáig célszerű az OSKSz ügyeletesétől szakmai tájékoztatást kérni.

Amennyiben a riasztáskor a kijelzett **beütésszám (cps) a természetes háttérsugárzás tízszerese, de kevesebb, mint a százszorosa:**

A járművet, illetve rakterét fokozott figyelem mellett meg lehet közelíteni, és a feltételezhetően riasztást adó tárgyat kiemelve, a járművet újra át kell vezetni a sugárkapun.

Amennyiben nem történik újbóli riasztás, a jármű továbbengedhető.

Ha újból riasztás történik, járművet megközelítve figyelik a kézi műszer kijelzőjét, tekintettel a sugárzási értékre. Meg kell kísérelni még egyszer a feltételezhetően sugárzást kibocsátó tárgyat kiemelni. Amennyiben a tárgy kiemelésére tett második próbálkozás sem jár sikerrel, az eljárást szüneteltetni kell a szakemberek megérkezéséig. A szakemberek kiérkezéséig a járművet elkülönítve kell parkoltatni.

A kiemelt tárggyal átsétálni a sugárkapun vagy indokolatlanul kézbe venni szigorúan tilos!

Amennyiben a riasztáskor a kijelzett **beütésszám (cps) a természetes háttérsugárzás százszorosa vagy magasabb:**

A járművet kizárólag dózisteljesítmény-mérő kéziműszerrel szabad megközelíteni. A járművet el kell különíteni az erre a célra kialakított területen.

Amennyiben a dózisteljesítmény nagyobb, mint $20 \mu\text{Sv/h}$, (vagy a beütésszám a természetes háttér 100-szorosánál magasabb) a járművel semmilyen manipulációt nem szabad végezni, hanem riasztani kell az eljárásrendben szereplő szervezeteket. Szükség esetén a körülhatárolás

mértékét növelni kell (az elhatárolt területen kívül sehol nem lehet nagyobb a dózisteljesítmény, mint $20 \mu\text{Sv/h}$, vagy a beütésszám a természetes háttér 100-szorosánál magasabb).

Az dózisteljesítmény mérést csak a sugárkapu üzemeltetője által kijelölt személy végezheti vagy irányíthatja, aki rendelkezik a megfelelő sugárvédelmi ismeretekkel. Ebben az esetben a tevékenységet naplózni kell, mely tartalmazza:

- helyszínen tartózkodó személyek nevét,
- a helyszín pontos megnevezését
- a mérés leírását
- és idejét.

Ha nem áll rendelkezésre kézi dózisteljesítmény-mérő berendezés, a jármű rakterében történő manipuláció tilos. A keresés csak az OSKSZ szakembere irányítása alatt végezhető.

Amennyiben a dózisteljesítmény a raktér külső felületén kevesebb, mint $20 \mu\text{Sv/h}$, meg kell kezdeni a raktér átvizsgálást és kísérletet tenni a riasztást adó tárgy kiemelésére. Amennyiben a tárgy jól beazonosítható, ki kell emelni és az ideiglenes tárolóba juttatni.

Ezt követően a járművet újból alá kell vetni a sugárkapun történő áthaladásnak. Amennyiben nem történik újbóli riasztás, a jármű továbbengedhető.

Ha újból riasztás történik, meg kell kísérelni még egyszer a feltételezhetően sugárzást kibocsátó tárgyat kiemelni. Amennyiben a második próbálkozás sem jár sikerrel a tárgy kiemelésére, az eljárást szüneteltetni kell a szakemberek megérkezéséig. A szakemberek kiérkezéséig a járművet elkülönítve kell parkoltatni.

Amennyiben a dózisteljesítmény nagyobb, mint $20 \mu\text{Sv/h}$, a járművet a kijelölt tároló helyre kell irányítani és elzárni.

Ezt követően kizárólag az OSKSZ szakembere folytathatja a kivizsgálást. A sugárkaput kezelő személyzetnek biztosítani kell a járművet a szakemberek kiérkezéséig.

Kézi műszeres ellenőrzés

A kézi műszeres ellenőrzés első lépése a saját biztonság ellenőrzése. Ez dózisteljesítmény-méréssel történik. A GM csöves műszer a sugárvédelem gyakorlati dózisteljesítményének, a

környezeti dózisegyenérték teljesítménynek (H^*10) a mérésére alkalmas. Amennyiben a kézi műszeres vizsgálat is megnövekedett sugárzást mutat, egyértelmű, hogy valós veszély áll fenn.

Részletesebb leírást lásd az útmutató 6. fejezetében

Ha a talált anyagról feltételezhető, hogy az radioaktív anyag, illetve ilyen anyaggal szennyezett, az erre kijelölt személy haladéktalanul értesíti a hivatásos katasztrófavédelmi szerv területileg illetékes szervét, aki helyszíni méréseket végez, szükség szerint megteszi az azonnali lakosságvédelmi intézkedéseket, valamint a talált anyagot lefoglalja.

A hivatásos katasztrófavédelmi szerv területileg illetékes szerve értesíti az országos tisztifőorvost (OSKSZ), aki elvégzi a talált anyag azonosítását és meghatározza azokat az intézkedéseket, amelyekkel az anyag hatósági felügyelet alá helyezhető.

Az eljárásrendben ki kell térni arra, hogyha a berendezés meghibásodik, a javítás idejére mivel helyettesítik, illetve korlátozzák-e a belépési forgalmat.

5.3 A sugárkapu kezelőinek sugárvédelme:

A külső sugárterhelés elleni védekezés a gyakorlatban három módszerrel valósítható meg.

Idővédelem:

Minél kevesebb időt töltünk sugárzási térben, annál kisebb lesz a dózisunk, tehát a feltételezhetően radioaktív anyagot tartalmazó tárgyakat a lehetőségekhez mérten a leggyorsabban kell megtalálnunk és eljuttatni az ideiglenes tárolóhelyre. A tárgyak kézben tartani csak a lehető legrövidebb ideig szabad, ha van rá lehetőség inkább valamilyen segédeszköz (rúd, kiskocsi, béka, targonca, stb.) használata javasolt.

Távolságvédelem:

A gamma sugárzás intenzitása a távolsággal jelentősen csökken (a távolság négyzetével fordított arányban). Pontszerű sugárforrás esetén ha a távolságot háromszorosára növeljük, a dózisteljesítmény a kilenced részére fog csökkenni. Tehát, a kiválogatott riasztás okozót tárgytól igyekezzünk minél távolabb tartózkodni (> 5 m). Emellett az ideiglenes tároló helyét is úgy kell kijelölni, hogy a lehető legtávolabb legyen a közlekedési útvonalaktól és az olyan helyszínektől, ahol személyi tartózkodás lehetséges.

Árnyékoló anyagok használata:

A nagy sűrűségű anyagok (pl.: ólom, volfrám) gyengítik hatékonyan a gamma sugárzás intenzitását. Lehetőség szerint a kiválogatott tárgyakat helyezzük, ilyen anyagok mögé, szükség szerint használható vaslemez (1-2 mm) vagy beton (5-10 cm) is.

Ideiglenes tároló használata:

A tárolónak biztosítani kell, hogy a sugárzást kibocsátó anyag könnyen elhelyezhető legyen. A tárolónak csapadégmentesnek kell lennie. Tűz vagy robbanásveszélyes terület ilyen célra nem jelölhető ki. Biztosítani kell, hogy a betárolt sugárzást kibocsátó anyaghoz illetéktelenek ne férjenek hozzá.

Belső sugárterhelés csökkentése

A belső sugárterhelés azt jelenti, hogy radioaktív anyag kerül a szervezetbe. A szervezetbe kerülés történhet belégzéssel, lenyeléssel és bőrön keresztüli felszívódással.

Tekintettel arra, hogy a radioaktív anyagot tartalmazó tárgyakat nagy valószínűséggel érte mechanikai behatás, így ezen tárgyak már „szennyezettek”, a felszínükön is tartalmaznak radioaktív anyagot.

A belső sugárterhelés ellen egyéni védőeszközök használatosak:

A légzésvédelmet pormaszkkal lehet megvalósítani (EN 149:2001).

A bőr és ruházat elszennyeződését egyszer használatos gumikesztyűvel és egyszer használatos védőoverallal (EN 149:2001) kell megakadályozni.

Mindezek mellett az általános egyéni munkavédelmi eszközök használata is szükséges, mint pl. munkavédelmi cipő, fejtámasz sisak (szükség szerint).

A ruházatot a sugárforrás elkülönítését követően az ideiglenes tárolóba kell elhelyezni, felületi szennyezettség mérést követően eldönthető a további kezelés.

Szennyezettség esetén radioaktív hulladékként kezelendő.

6 Kéziműszer alkalmazása sugárkapu helyettesítésére

A 490/2015. (XII. 30.) Kormányrendelet szerint „*A sugárkapu használata helyett elfogadható a kézi dózisteljesítmény-mérő eszközökkel való mérés is, abban az esetben, ha a kézi mérések módszertanát a sugárvédelmi szakértő bevonásával kidolgozták, és a mérésekről jegyzőkönyvet vesznek fel, melyet egy évig meg kell őrizni.*”

Javasolt olyan kéziműszer kiválasztása, melynek detektora szcintillációs elven működik, valamint felületi szennyezettség és dózisteljesítmény-mérő funkciója is van.

A sugárvédelmi műszereknek érvényes hitelesítéssel kell rendelkezniük.

A telephelyen belül a kéziműszeres mérés helyszínének kiválasztása

A telephelyen ki kell jelölni egy olyan területet, melynél a kéziműszeres vizsgálat elvégezhető. Tekintettel arra, hogy egy vizsgálat a jármű méretétől függően akár 30 perc is lehet, célszerű olyan helyszínt választani, ami a forgalmi útvonalakon kívül esik, így a vizsgált jármű nem akadályozza a forgalmat.

A jármű rakterének könnyen körbejárhatónak kell lenni.

Sugárvédelmi mérések kéziműszerrel

A kéziműszert a vizsgálat megkezdése előtt 2 perccel be kell kapcsolni, a vizsgált járműtől legalább 10 m távolságra (természetes háttérsugárzás Magyarországon kb. 0,06-0,16 $\mu\text{Sv/h}$.) Mérés közben a műszer mérési hibája és a természetes háttérsugárzás minimális ingadozásából származóan $\pm 10\%$ dózisteljesítmény változás elfogadható.

A jármű vizsgálatának megkezdése előtt, a járművezetőnek ki kell szállnia.

A detektor érzékeny felületét kb. 10 cm távolságra kell tartani a jármű felszínétől és lassú pásztázó mozdulatokkal (1 m² kb. 30 s idővel, legalább két ponton 3 s-ig megállva) kell végezni. A műszer kijelzőjét folyamatosan figyelemmel kell kísérni, valamint a riasztási szint is beállítható, melynél fény- és hangjelzést ad a műszer.

Kézi sugármérővel egyedül is lehet mérést végezni.

Amennyiben az előzetesen megállapított természetes háttérsugárzás értékénél 10%-kal megnövelt értékénél kisebb értéket mutat a dózisteljesítmény-mérő, akkor feltételezhető, hogy nincs radioaktív anyagot tartalmazó anyag a járműben, így az továbbengedhető. Amennyiben az előzetesen megállapított természetes háttérsugárzás értékénél 10%-kal megnövelt értékénél nagyobb értéket mutat a dózisteljesítmény-mérő, akkor további mérések szükségesek.

Amennyiben az előzetesen megállapított természetes háttérsugárzás értékének kétszerese vagy 0,2 $\mu\text{Sv/h}$ -nál magasabb értéket mutat a dózisteljesítmény-mérő, akkor feltételezhető, hogy radioaktív izotópot tartalmazó tárgy van a járműben.

Ha a mért dózisteljesítmény értéke 0,2-20 $\mu\text{Sv/h}$ közé esik, a jármű rakterét nagy biztonsággal meg lehet közelíteni és a feltételezhetően riasztást adó tárgyat kiemelve, a járművet újra át kell vizsgálni a korábban leírt módon. Külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a kiemelt tárgy legalább 6 m távolságra legyen a vizsgált járműtől. Amennyiben a dózisteljesítmény érték a természetes háttérsugárzás $\pm 10\%$ -a, a jármű továbbengedhető.

Ha újból magasabb dózisteljesítmény érték mérhető, meg kell kísérelni még egyszer a feltételezhetően sugárzást kibocsátó tárgyat kiemelni. Amennyiben a második próbálkozás a tárgy kiemelésére sem jár sikerrel, az eljárást szüneteltetni kell a szakemberek megérkezéséig. A szakemberek kiérkezéséig a járművet elkülönítve kell parkoltatni.

A kiemelt tárggyal átsétálni a sugárkapun vagy indokolatlanul kézbe venni szigorúan tilos!

Amennyiben a méréskor a dózisteljesítmény nagyobb, mint 20 $\mu\text{Sv/h}$, a járművet el kell különíteni az erre a célra kialakított területre. A jármű rakterében történő manipuláció tilos. Csak szakember végezheti a további keresést.

A sugárkaput kezelő személyzetnek biztosítani kell járművet a szakemberek kiérkezéséig.

Mérési jegyzőkönyv tartalma:

Vizsgálat helye:
Időpontja: dátum, óra, perc
Vizsgálatot végző személy neve:
Vizsgált jármű rendszáma, (egyéb azonosítója, ha van):
Használt kéziműszer, típus, gyári szám:
Legalább 20 mérési ponton mért dózisteljesítmény érték: [$\mu\text{Sv/h}$]
Természetes háttér: [$\mu\text{Sv/h}$]
Radioaktív tárgy feltételezhető-e: igen - nem

Technikai jellemzők:

Mérés tartomány, $H^*(10)$:	0,2 $\mu\text{Sv/h}$ – 2 mSv/h
Mérési tartomány, beütés szám:	0-10 kcps
Energia tartomány:	20 keV – 2 MeV
Teleszkóp:	opcionális (> 2 m)
Beállítható riasztási szint jelzése:	hangjelzés (opcionális: fényjelzés).

7 A műszer meghibásodása esetén szükséges teendők

A berendezés használatához tartalék akkumulátor vagy elem kell, hogy rendelkezésre álljon.

Amennyiben a készülék meghibásodik, haladéktalanul gondoskodni kell a szervizeléséről, amennyiben a műszer 2 napnál tovább nem áll rendelkezésre, gondoskodni kell technikai paramétereivel megegyező helyettesítő műszerről.

8 Az azonosított radioaktív izotópot tartalmazó tárgyak további kezelése

Jogi értelemben azt tekintjük radioaktív anyagnak, melynek aktivitása a 487/2015. (XII. 30.) Kormányrendelet 1. számú mellékletének D oszlopában megadott „Specifikus mentességi aktivitás”-nál magasabb. Dózisteljesítmény-értékekből becsülhető az aktivitás, de a pontos meghatározás mindenképpen egy erre a feladatra alkalmas laboratóriumban történhet.

Ezért a kiválogatott radioaktív izotópot tartalmazó tárgyat radiológiai laboratóriumban kell bevizsgáltatni.

A kivizsgálásig a tárgyat az ideiglenes tárolóban kell tárolni.

Megjegyzés: abban az esetben is vizsgálatot kell kezdeményezni, ha nagy valószínűséggel specifikus mentességi aktivitás (vagy specifikus mentességi aktivitás koncentráció) alatti a tárgy.

Szakmai támogatást konkrét esetben az OSK SZ ügyeletesétől kaphatnak.

A laboratóriumban történő vizsgálatra való szállítást radioaktív anyag szállítására engedéllyel rendelkező szervezet végezhet az ADR előírásai alapján vagy az OSK SZ ügyeleti járműve.

Jogsabályi háttér

490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet

a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről

„7. § (1) Ha az engedélyes telephelyén kívül, bárki által talált anyagról feltételezhető, hogy az radioaktív anyag, illetve ilyen anyaggal szennyezett, a haladéktalanul értesített hivatásos katasztrófavédelmi szerv területileg illetékes szerve értesíti az országos tisztifőorvost, MTA EK-t, az OAH-t és az AH-t.

(2) A hivatásos katasztrófavédelmi szerv területileg illetékes szerve helyszíni méréseket végez, szükség szerint megteszi az azonnali lakosságvédelmi intézkedéseket, valamint a talált anyagot lefoglalja.

(3) Az országos tisztifőorvos elvégzi a talált anyag azonosítását és meghatározza azokat az intézkedéseket, amelyekkel az anyag hatósági felügyelet alá helyezhető.

(4) Ha az országos tisztifőorvos vizsgálata valószínűsíti, hogy a lefoglalt talált anyag nukleáris anyagnak minősül és ennek helyszíni megerősítése indokolt, erről azonnal értesíti az MTA EK-t, aki elvégzi a talált anyag kategorizálásához szükséges helyszíni vizsgálatokat.”

ELÉRHETŐSÉGEK

Országos Atomenergia Hivatal (OAH)

telefon: +36-1/436 -4800 (hivatali munkaidőben)
ügyelet: +36-20/547-5656
fax: +06-1-4364875
email: sg@haea.gov.hu

Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálat (OSKSz)

telefon: +36-1/482-2000 (munkaidőben)
ügyelet: +36-20/936-4847 (0-24h)
email: radbiol@osski.hu

Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF)

telefon: +36-1/469-4100

Országos Rendőr-főkapitányság (ORFK)

telefon: +36-1/443-5619, (hivatali munkaidőben)
főügyelet: +36-1/461-5130 (munkaidőn kívül)
fax: +36-1/443-5512 (hivatali munkaidőben)

Magyar Tudományos Akadémia Energiatudományi Kutatóközpont (MTA EK)

telefon: +36-1/395-9159

Alkotmányvédelmi Hivatal (AH)

telefon: +36-1/485-2300