

Hírsugár

Sugárvédelmi Kisokos

83.

**Az ELFT
Sugárvédelmi Szakcsoportjának
tájékoztatója**

83. szám

2020. augusztus

Hírsugár

Az ELFT Sugárvédelmi Szakcsoportjának tájékoztatója

83. szám (2020. augusztus)

ISSN 1417-8257

Felelős kiadó: Pesznyák Csilla, a Szakcsoport elnöke

Szerkesztők: C. Szabó István (felelős szerkesztő), Deme Sándor és Déri Zsolt

A Szakcsoport honlapja: <http://elftsv.hu/>.

A Sugárvédelem c. on-line folyóirat honlapja: <http://elftsv.hu/svonline/>

Facebook oldal: <https://www.facebook.com/elftsv>

A tartalom

ELŐSZÓ	3
MÉRTÉKEGYSÉGEK	4
DÓZISFOGALMAK	6
SUGÁRVÉDELMI SZABVÁNYOK	9
MÉRÉSKIÉRTÉKEK	15
SUGÁRVÉDELMI KÉPZÉS	24
SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYOZÁS	29
ADATBÁZISOK	40
HAZAI ÉS KÜLFÖLDI SUGÁRVÉDELMI ESZKÖZGYÁRTÓK	44

A szerkesztést 2020. augusztus 4-én zártuk le.

A Hírsugárba szánt cikkeket, híreket a felelős szerkesztőnek kérjük beküldeni cszaboi@npp

A Hírsugár összes eddigi száma és az aktuális szerzői indexe a Szakcsoport honlapján található

Rajzok: Déri Zsolt

Aki friss sugárvédelmi híreket szeretne e-mailben kapni, kérését Katona Tündének e-mailben jelezze (Katona@haea.gov.hu). Közzététel kéréssel szintén hozzá lehet fordulni.

Postázási cím változását kérjük a következő címekre egyidejűleg bejelenteni:

ELFT Titkárság <elft@elft.hu>, C. Szabó István <cszaboi@npp.hu>

Herman Attila <hermana@npp.hu>

ELŐSZÓ

Pesznyák Csilla, a Szakcsoport elnöke

Az ELFT Sugárvédelmi Szakcsoportjának vezetősége szeretné segíteni a Szakcsoport tagjait, valamint minden sugárvédelemben dolgozó szaktársat munkájuk végzésében. A biztonság egyik alapvető követelménye az indokolt alkalmazások következtében fellépő ionizáló sugárzások elleni megfelelő védelem kialakítása, amihez naprakész információkra van szüksége a szakembereknek.

Célunk egy olyan kiadvány összeállítása, ami napi szinten gyors tájékoztatást ad a jogszabályokban, méréstechnikában, segít eligazodni a különböző adatbázisok használatában, a megfelelő dozimetriai berendezések kiválasztásában.

Törekedtünk arra, hogy az egyes témákon belül az aktuális információkat ismertessük. Terveink szerint a szakcsoport honlapján elektronikus formában elérhető verziót folyamatosan frissítenénk.

A kiadvány tematikája - szakmánk interdiszciplináris jellegének megfelelően - a teljesség igénye nélkül felöleli a nukleáris ipar, az egyéb ipari alkalmazások és az egészségügy legfontosabb sugárvédelemhez kapcsolódó témaköreit.

A *Sugárvédelmi Kisokos* létrehozásáért köszönet a nagyszámú szerzőtársnak, a Sugárvédelmi Szakcsoport vezetőségének, a Hírsugár szerkesztőinek, valamint a Paksi Atomerőmű Zrt.-nek a papír alapú kiadvány támogatásáért.

MÉRTÉKEGYSÉGEK

Deme Sándor

A jelenleg használt sugárvédelmi mértékegységek

A 8/1976. (IV. 27) MT. sz. minisztertanácsi rendelet az SI kizárólagos, kötelező használatát (azaz más mértékegységek használatának tilalmát) 1980. január 1-jétől írta elő.

Az önálló nevű, sugárvédelemben használatos származtatott SI egységek

Jel	Név	Kifejezés más egységekkel	A jellemzett fizikai mennyiség
Bq	becquerel	s^{-1}	radioaktív sugárforrás aktivitása
Gy	gray	J/kg	elnyelt dózis
Sv	sievert	J/kg	dózisegyenérték

További, SI mértékegységrendszeren kívüli mértékegység az elektronvolt (eV); $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Korábban használt mértékegységek

Átszámítás a régi mértékegységről a törvényes mértékegységre:

A fizikai mennyiség	Átszámítás
hatáskeresztmetszet	$1 \text{ b (barn)} = 100 \text{ fm}^2$
a radioaktív sugárforrás aktivitása	$1 \text{ C (curie)} = 37 \text{ GBq}$
besugárzási dózis	$1 \text{ R (röntgen)} = 258 \mu\text{C/kg}$
elnyelt dózis	$1 \text{ rd (rad)} = 10 \text{ mGy}$
dózisegyenérték	$1 \text{ rem} = 10 \text{ mSv}$

Forrás: Törvényes mértékegységek. Az Országos Mérésügyi Hivatal kiadványa, 1978.

Mértékegységek többszörösei

E táblázat a mértékegységek törvényes többszöröseit közli

Prefixum	Jele	Szorzó
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^9

Prefixum	Jele	Szorzó
mega	M	10^6
kilo	k	10^3
hekto	h	10^2
deka	da	10^1
deci	da	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

Forrás: 8/1976.(IV. 27) MT. sz. minisztertanácsi rendelet



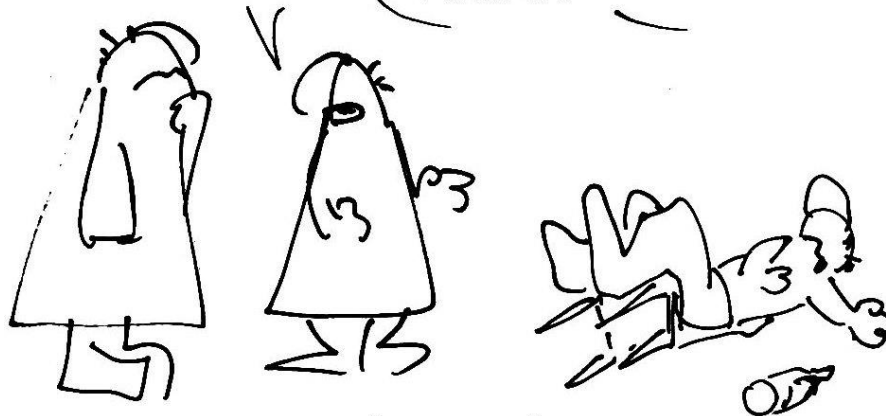
DÓZISFOGALMAK

Deme Sándor

487/2015. (XII. 30.) Korm. rendeletben definiált dózisok

effektív dózis: külső és belső sugárterhelés következtében a test összes szövetét és szervét érő egyenértékdózisoknak a w_T testszöveti tényezőkkel súlyozott összege; az effektív dózis jele E.

EZ AZ EGY ÜVEG BOR ÚGY KIÜTÖTTE,
MINTHA EGY LITER RUMOT IVOTT
VOLNA



EFFEKTÍV DÓZIS

egyenértékdózis: a T szövetet vagy szervet érő különböző típusú és minőségű sugárzásoknak a T szövetre vagy szervre átlagolt elnyelt dózisa megfelelő sugárzási minőségtényezőkkel súlyozott összege; az egyenértékdózis jele H_T .

EGYENÉRTÉK DÓZIS



egyenértékdózis-teljesítmény: A H_T egyenértékdózis dt idő alatti dH_T növekménye és az dt idő hányadosa, egysége: sievert per másodperc (Sv/s).

elnyelt dózis: az egységnyi tömegű anyagban elnyelt sugárzási energia; az elnyelt dózis jele D .



ELNYELT DÓZIS

ICRU gömb: az International Commission on Radiation Units and Measurements nemzetközi szervezet által bevezetett olyan, az ionizáló sugárzás energiájának elnyelődése szempontjából az emberi test modellezésére szolgáló tárgy, amely 30 cm átmérőjű, 1 g/cm³ sűrűségű, szövetegyenértékű szilárd anyagból áll (76,2 tömeg% oxigén, 11,1% szén, 10,1% hidrogén és 2,6% nitrogén).

környezeti dózisegyenérték: a környezeti kiterjedt sugárforrásokból eredő dózis az ICRU gömb d mélységű pontjában; jele: $H^*(d)$.

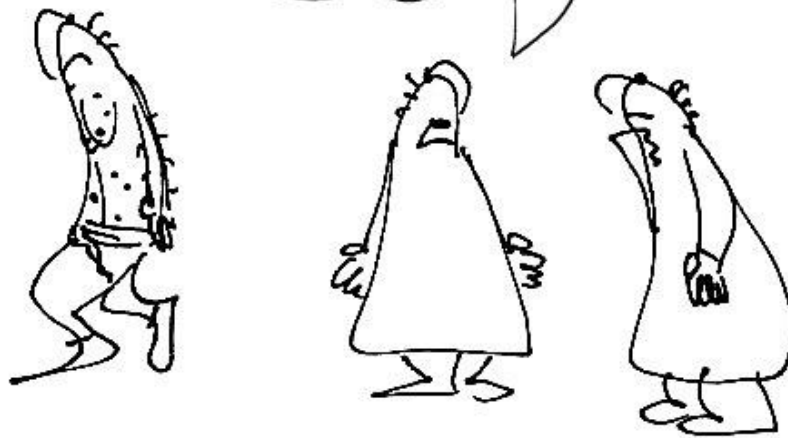
lekötött effektív dózis: jele $E(t)$, mértékegysége a sievert (Sv); az egy adott bevitel következtében az egyes szervekben és szövetekben lekötött $H_T(t)$ egyenértékdózisok megfelelő w_T testszöveti tényezőkkel képzett súlyozott összege.

lekötött egyenértékdózis: azon egyenértékdózis-teljesítmény idő (t) szerinti integráltja, amely egy adott bevitel következtében egy adott személy T testszövetében, vagy szervében kialakul; jele $H_T(t)$; a dóziskorlátok betartása érdekében felnőttek esetében $t = 50$ év, csecsemők és gyermekek esetében pedig a 70 éves korukig hátralévő idő.

személyi dózisegyenérték: a dózisegyenérték a testfelület egy meghatározott pontja alatt d mélységben elhelyezkedő lágy testszövetben; jele $H_p(d)$.

A felsorolt dózisfogalmak mellett további mennyiségek is vannak a sugárvédelemben, például fluens, a fluensteljesítmény, irány szerinti dózisegyenérték, a közölt dózis (Kerma), szervdózis, vonatkoztatási, levegőben közölt dózis. Ezek meghatározását a szakirodalom részletesen ismerteti (pl. Fehér István, Deme Sándor: Sugárvédelem, ELTE Kiadó, Somos Alapítvány, 2010).

KÖZÖLJÜK A BETEGGEL A DÓZIST ?



KÖZÖLT DÓZIS

BESUGÁRZÁSI DÓZIS



NYUGODJON MEG, SEMMI OK AZ
AGGODALOMRA ... NYUGODJON MEG,
SEMMI OK AZ AGODALOMRA ...

SUGÁRVÉDELMI SZABVÁNYOK

C. Szabó István

Érdemes a Magyar Szabványügyi Testület (MSZT) honlapján tájékozódni, megismerni azokat a történeti vonatkozásokat, amelyek a jelenlegi rendszer kialakulásához vezettek. Fontos tudni, hogy a nemzeti szabványosításról törvény (1995. évi XXVIII. törvény) rendelkezik.

Hihetetlenül sok szabvány van a világban, melyek folyamatosan megújulnak, egyre aktuálisabb tartalommal rendelkeznek. Mivel a szabványok az érintett szakmák legjelesebb képviselőinek konszenzusán alapulnak, a hatóságok eljárásaikban támaszkodnak rájuk. Így például az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) a Nukleáris Biztonsági Szabályzat 2-9. kötetében rögzített, a szabványok alkalmazására vonatkozó előírásoknak a hatóság által ajánlott teljesítési módjára vonatkozóan a 4.22-es útmutatójában felsorolta az általa figyelembe veendőket. Az itt felsorolt sugárvédelmi vonatkozású szabványokat, helyesebben azok **aktuális helyettesítő változatát** a 2020. július 1-i állapotnak megfelelően a későbbi táblázatokban **félkövér** betűkkel kiemeltük.

A szabványokat nem muszáj, de erősen ajánlott alkalmazni, ismerni pedig „kötelező”. Javaslom ezzel kapcsolatban a következő elérhetőségen a további tájékozódást:

<https://prod.mszt.hu/hu-hu/tevhitek-es-tenyek?;> www.mszt.hu/web/guest/gyik

Az MSZT tagja lehet bármely jogi személy, továbbá jogi személyiséggel nem rendelkező gazdálkodó szervezet, amely az alapszabályt magára nézve kötelezőnek elfogadja, és a nemzeti szabványosítás célkitűzéseit, intézkedéseit támogatni kívánja. (Ennek azért a bevételtől függő éves tagdíja van.)

Néhány **idézet** a honlapról:

„Miért érdemes az MSZT-n belül működő műszaki bizottságok/munkacsoportok (MSZT/MB; MSZT/MCS) tagjává válni?

- A szabványok kidolgozásakor a különböző szervezetek érvényesíteni tudják érdekeiket, ezáltal a szabványok tartalmi részére ráhatásuk van.
- Mindenkinél előbb értesülhetnek a nemzeti, az európai és a nemzetközi szabványok változásáról korszerűsítéséről, visszavonásáról, így időben felkészülhetnek a változásokra.
- Az európai (EN) és a nemzetközi (ISO, IEC) szabványok munkaanyagait a tagok megkapják, azokat véleményezhetik, érdekeiket érvényesíthetik, egyeztetve az MB, valamint az MCS tagjaival.
- A szabványtárgyalások során a szakértők tisztázhatják a számukra nem egyértelmű szabványrészeket az MB/MCS tagjainak segítségével, ezzel a megjelenő szabvány(ok) alkalmazása zökkenőmentesebbé válik.

Milyen kapcsolatban van a jogszabály és a szabvány?

A szabványok a jogszabályokban előírt általános követelmények teljesítésére adnak egy lehetséges megoldást. Tehát a szabványokban foglaltaktól el lehet térni, ha legalább azzal egyenértékű más megoldást alkalmazunk és az egyenértékűséget bizonyítani tudjuk. Ebből következik, hogy a vonatkozó szabványokat akkor is ismerni kell, ha nem azokat alkalmazzuk, hiszen csak annak ismeretében tudunk egyenértékű vagy jobb más megoldást alkalmazni.

Miként tájékozódhatok egy szabvány műszaki tartalmáról anélkül, hogy megvenném a szabványt?

Az MSZT Olvasótermében nyitvatartási időben lehetőség van a magyar nemzeti szabványok adatbázisában nyilvántartott szabványok (MSZ, MSZ EN, MSZ EN ISO, MSZ EN ISO/IEC, MSZ HD, MSZ ISO, MSZ IEC, MSZ ISO/IEC stb.), valamint az európai (CEN, CENELEC, ETSI), a nemzetközi (ISO, IEC) és a külföldi nemzeti szabványügyi szervezet (DIN) által kibocsátott bizonyos szabványok és szabvány jellegű dokumentumok helyben olvasására.

(Utóbbiak esetében szíveskedjen előre egyeztetni munkatársainkkal a megtekinteni kívánt dokumentumokról a szabvanyinfo@mszt.hu e-mail-címen.)

Ha a szabványt nem találom a Szabványkeresőben, akkor hol keressem?

Az MSZT honlapján található Szabványkereső, Webáruház, Online Szabványkönyvtár csak az MSZ-szabványok (MSZ kibocsátói jellel ellátott, magyar nemzeti szabványok) keresésére alkalmas.

Ha itt nem találja a keresett szabványt, tekintse meg a szabvány kibocsátói jelét (a szám előtti betűjelek) és használja a szabványt kiadó szervezet honlapján közvetlenül elérhető szabványkeresőt. Pl.:

<u>ISO-szabványkereső</u>	(nemzetközi)
<u>IEC-szabványkereső</u>	(nemzetközi)
<u>CEN-szabványkereső</u>	(európai)
<u>CENELEC-szabványkereső</u>	(európai)
<u>DIN-szabványkereső</u>	(német)
<u>ÖNORM-szabványkereső</u>	(osztrák)
<u>BS-szabványkereső</u>	(Egyesült Királyság)

Ezek a szabványkeresők csak bibliográfiai adatokat tartalmaznak.

Szabványok bibliográfiai adatainak keresése a Szabványjegyzékben (katalógusban)

A Szabványjegyzékben a magyar nemzeti szabványok adatbázisában nyilvántartott szabványdokumentumok halmazában lehet keresni, amelyhez a belépés után ki kell választani a keresés módját az alábbi lehetőségek közül:

a "hivatkozási szám" vagy a "szabványcímbe előforduló kulcsszó", illetve ezek által tartalmazott részlet (karakterlánc) ismeretében,

vagy pedig

a szakterületeket felsoroló Szabványok Nemzetközi Osztályozási Rendszere (ICS) alapján.

A sugárvédelemhez tartozóan különböző csoportosításokban, szakterületeken, vagy munkabizottságokban (MB) találhatjuk a szabványokat.

ICS	Elnevezés
13.280	Sugárzás elleni védelem
17.240	Sugárzásmérések
vagy	
MB	
719	Ionizáló sugárzás elleni védelem
901	Minőségirányítás és minőségbiztosítás
912	Atomenergetikai szabványok
410	Roncsolásmentes vizsgálatok

Ez nem jelenti azt, hogy csak itt lehetnek a figyelembe vehető szabványok.”

A teljesség igénye nélkül a 2020. 07. 01-én érvényes lényegesebb szabványok munkabizottságokként, amelyek közül **félkövér** betűvel megjelöltük az OAH 4.22. útmutatóban szereplőket:

MB/410 – Roncsolásmentes vizsgálatok

MSZ EN ISO 9712:2013	Roncsolásmentes vizsgálat. Roncsolásmentes vizsgálatot végző személyzet minősítése és tanúsítása (ISO 9712:2012)
---------------------------------	---



**SUGÁRZÁS ELLENI VÉDELEM ORVOSI
RÖNTGEN MUNKAHELYEKEN**

MB/719 – Ionizáló sugárzások elleni védelem

MSZ 14341:2017	Külső röntgen- és gamma-sugárzások dozimetriája
MSZ 14344-1:2004	Radioaktív hulladékok. Fogalommeghatározások és osztályozás
MSZ 14344-2:1989	Radioaktív hulladékok. Kezelés
MSZ 14345-1:1983	Nukleáris terminológia. Általános fogalmak
MSZ 62-2:2017	Az ionizáló sugárzások elleni védelem. 2. rész: A foton- és elektronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-3:2017	Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 3. rész: A neutronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-4:2017	Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 4. rész: Sugárvédelem nagy aktivitású gamma-távbesugárzó berendezések és orvosi lineáris gyorsítók alkalmazásakor
MSZ 62-6:1999	Ionizáló sugárzás elleni védelem. Sugárvédelmi előírások a zárt sugárforrások közelterápiás felhasználásakor (brachy-terápia)
SZ 62-7:2017	Az ionizáló sugárzás elleni védelem. 7. rész: Sugárvédelem nyitott radioaktív anyagok alkalmazásakor
MSZ 824:2017	Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken
MSZ 836:2017	Sugárzás elleni védelem röntgenberendezést és/vagy gamma-sugárforrást alkalmazó ipari radiográfiai munkahelyen
MSZ EN 60325:2005	Sugárzásvédelmi mérőműszerek. Alfa-, béta- és alfa/béta (béta-energia > 60 keV) szennyezettségmérők és monitorok (IEC 60325:2002, módosítva)
MSZ EN 61005:2017	Sugárvédelmi mérőműszerek. A neutronsugárzás környezeti dózisegyenértékének (-teljesítményének) mérőműszerei (IEC 61005:2014, módosítva)
MSZ EN 61526:2013	Sugárvédelmi műszerek. Hp(10) és Hp(0,07) személyi dózisegyenértékek mérése röntgen-, gamma-, neutron- és béta-sugárzások esetén. Közvetlen leolvasású személyi dózisegyenérték-mérők (IEC 61526:2010, módosítva)
MSZ EN 62244:2011	Sugárvédelmi műszerek. Államhatárra telepített sugárkapuk radioaktív és különleges nukleáris anyagok felderítésére
MSZ EN ISO 2919:2015	Sugárvédelem. Zárt radioaktív sugárforrások. Általános követelmények és osztályozás
MSZ EN ISO 361: 2016	Az ionizáló sugárzás alapvető szimbóluma (ISO 361:1975)
MSZ ISO	Sugárvédelem. Zárt radioaktív sugárforrások.

9978:2012	Zártságvizsgálati módszerek.
-----------	------------------------------

MB/901 – Minőségirányítás és minőségbiztosítás

MSZ EN 62264	A vállalatirányítás rendszerintegrációja (1.-5. rész)
MSZ EN ISO 14001:2015	Környezetközpontú irányítási rendszerek. Követelmények és alkalmazási irányelvek
MSZ EN ISO 9000:2015	Minőségirányítási rendszerek. Alapok és szótár
MSZ EN ISO 9001:2015	Minőségirányítási rendszerek. Követelmények
MSZ EN ISO 9004:2018	Minőségirányítás. A szervezet minősége. Útmutató a tartós siker eléréséhez (ISO 9004:2018)
MSZ EN ISO/IEC 17021:2019	Környezetközpontú irányítási rendszerek. Követelmények és alkalmazási irányelvek

MB/912 – Atomenergetikai szabványok

MSZ 27003	Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabálya (0.-9. rész)
MSZ 27011	Atomerőművi komponensek időszakos ellenőrzésének szabályai (1.-9. rész)
MSZ 27020	Atomerőművek üzemeltetése és karbantartása (1.-9. rész)
MSZ EN 60671:2012	Atomerőművek. Biztonság szempontjából fontos mérés- és irányítástechnikai rendszerek. Ellenőrző vizsgálat
MSZ EN 60709:2019	Atomerőművek. Biztonsági szempontból fontos műszerezettség és irányítástechnikai rendszerek. Szétválasztás
MSZ EN 60780-323:2018	Nukleáris létesítmények. Biztonság szempontjából fontos villamos berendezések. Minősítés
MSZ EN 61226:2011	Atomerőművek. Biztonság szempontjából fontos mérés- és irányítástechnikai rendszerek. A mérés- és irányítástechnikai funkciók besorolása
MSZ IEC 60231:2011	Atomerőművek műszerezettségi alapelvei
MSZ IEC 60768:2011	Atomerőművek. Biztonság szempontjából fontos műszerezettség. A technológiai rendszerekben fellépő radioaktivitás folyamatos, üzem közbeni monitorozását szolgáló berendezések normál üzemi és üzemzavari állapotokra
MSZ IEC 60951:2011	Atomerőművek. Biztonság szempontjából fontos műszerezés. Sugárzás-ellenőrzés baleseti és baleset utáni

	körülmények között. (2.-4. rész)
MSZ IEC 61031:2012	Az atomerőművek üzemi területén használatos, a normálüzemben és a feltételezett üzemi események során fellépő gamma-sugárzás dózisteljesítményét monitorozó berendezések tervezési, elhelyezési és alkalmazási feltételei
MSZ IEC/TR 62235:2011	Nukleáris létesítmények. Biztonság szempontjából fontos mérés- és irányítástechnikai rendszerek. Rendszerek a kiégett nukleáris fűtőelemek és a radioaktív hulladék átmeneti tárolására és végső elhelyezésére

MÉRÉSKIÉRTÉKELÉS

Jakab Dorottya

Az alábbi fejezetben a sugárvédelmi mérések kiértékelésének rövid áttekintése olvasható, kitérve benne a mérési bizonytalanság és a karakterisztikus limitek (döntési küszöbérték, kimutatási határ) meghatározásának általános módszereire, valamint az eredményközlés helyes formátumára. A mérés kiértékelés gyakorlati implementálását a számláláson alapuló aktivitáskoncentráció meghatározásának számszerű példáján illusztráljuk.

MÉRÉSI BIZONYTALANSÁG-ÉRTÉKELÉS

Az Y mérendő mennyiség (kimenő mennyiség) közvetlen méréssel vagy N számú, azt befolyásoló $X_1, X_2, \dots, X_N$ bemenő mennyiségből határozható meg. A mérendő mennyiség y becslése (várható értéke) ekkor a bemenő mennyiségek $x_1, x_2, \dots, x_N$ becsléseinek (várható értékeinek) függvényében fejezhető ki:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (1)$$

A mérési bizonytalanság a mérendő mennyiség legjobb becsléséhez, a mérési eredményhez társított paraméter, amely a mérendő mennyiségnek megalapozottan tulajdonítható értékek szóródását jellemzi. A mérési bizonytalanságot a mérendő mennyiséget befolyásoló paraméterek bizonytalansága határozza meg, így a kimenő és a bemenő mennyiségek közti függvénykapcsolatnak minden olyan mennyiséget tartalmaznia kell, amely (nem elhanyagolható mértékben) hozzájárulhat a mérési eredményhez és annak bizonytalanságához. Az x_i bemenő becslések $u(x_i)$ standard bizonytalanságának értékelésére alkalmazhatunk az észlelési sorozatok (ismételt mérések) statisztikai elemzésén alapuló módszert (A típusú értékelés), vagy becsülhetjük ettől eltérő, a mennyiségre vonatkozóan rendelkezésre álló ismereteken (pl. korábbi mérési adat, gyártói specifikáció, kalibrálási vagy bizonylatolt adat, kézikönyvi adatoknak tulajdonított bizonytalanság) alapuló módszerrel (B típusú értékelés). A bemenő mennyiség maga is függhet több, azt befolyásoló mennyiségtől, ekkor „köztes” adatként becsülendő értéke és bizonytalansága – a mérendő mennyiséghez hasonlóan – az őt befolyásoló mennyiségek statisztikai összegzésével határozható meg. A nukleáris analitikai módszerek bizonytalansági forrásainak értékelését és számszerűsítését mérés-technika-specifikus példákon keresztül pl. a NAÜ 1401-es Technikai Dokumentuma [1] mutatja be.

A mérendő mennyiséghez társított, eredő standard bizonytalanság megadására általánosan bevett eljárás az Útmutató a mérési bizonytalanság kifejezéséhez [2] (továbbiakban – angol elnevezésének rövidítéséből – GUM) c. dokumentumban bevezetett bizonytalanságterjedési módszer. A bizonytalanságterjedés általános szabálya szerint az eredő standard bizonytalanság a bemenő mennyiségek standard bizonytalanságának $(u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_N))$ az f függvény x_i bemenő mennyiség szerinti elsőrendű parciális deriváltakkal – érzékenységi együtthatókkal – súlyozott összegzésével adható meg a következők szerint:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)} \quad (2)$$

amely statisztikailag független bemenő mennyiségek (x_i, x_j) esetén – amikor az $r(x_i, x_j)$ korrelációs együttható értéke 0 – a következő formára egyszerűsödik:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 u^2(x_i)} \quad (3)$$

A mérési eredmények összehasonlíthatóságának érdekében a GUM javaslatot tesz a kiterjesztett bizonytalanság használatára, amely a mérési eredmény körüli olyan tartományt (megbízhatósági intervallumot) meghatározó mennyiség, amely a mérendő mennyiségnek észszerűen tulajdonítható értékek eloszlásának nagy hányadát magában foglalja adott megbízhatósági valószínűség mellett. Az U kiterjesztett bizonytalanság az $u(y)$ eredő standard bizonytalanság és a k kiterjesztési tényező szorzataként fejezhető ki:

$$U = ku(y) \quad (4)$$

A kiterjesztési tényezőre konvencióként a $k = 2$ értéket határozták meg, ez az érték, a kimenő mennyiség valószínűség-eloszlásának normális eloszlással való közelítésekor, ~95%-os megbízhatósági valószínűséget biztosít.

A sugárvédelmi mérésekben alapértelmezetten használt GUM bizonytalansági keretrendszer a legtöbb esetben megbízhatóan alkalmazható. A GUM 1. kiegészítése [3] azonban leír olyan alkalmazhatósági korlátokat (pl. nem-lineáris mérési modell, a kimenő mennyiség normális vagy Student-eloszlással nem közelíthető valószínűségi eloszlása), amelyek esetében a bizonytalanságterjedés módszere esetleg nem nyújt pontos becslést, és ekkor alternatív bizonytalanságértékelési eljárás, a valószínűség-eloszlások terjedésén alapuló módszer alkalmazását javasolja.

A mérendő mennyiség, az azt befolyásoló mennyiségek és a köztük fennálló függvénykapcsolat (mérési modell) a mérés típusától függ. A számláláson alapuló aktivitáskoncentráció meghatározása esetén az általános mérési modell:

$$A = r_n \cdot w = (r_t - r_0) \cdot w = \left(\frac{n_t}{t_m} - \frac{n_0}{t_0}\right) \cdot w \quad (5)$$

ahol a w arányossági tényező képezi az A aktivitáskoncentráció mennyiségét a „nettó”, háttérkorrigált jelzésből (a mérőeszköz kijelzésétől függően n_n beütésszám vagy r_n intenzitás), amely a méréshez tartozó teljes jelzés ($r_t = n_t/t_m$) és a kompenzációs céllal végzett háttérmérés jelzésének ($r_0 = n_0/t_0$) különbségeként adható meg. Az arányossági tényező az összesalfa-/béta-számlálás esetén tipikusan az ε detektálási hatásfokot és az m mintamennyiséget foglalja magában: $w = \frac{1}{\varepsilon \cdot m}$. Radionuklid-specifikus mennyiségi meghatározás esetében (pl. folyadékszintillációs számlálás) azonban az arányossági tényezőben további, a mérendő radionuklidra jellemző paraméterek figyelembevétele is szükséges, pl. az adott radionuklid egyes elkülöníthető időszakok (mintavétel és a mérés megkezdése között, a mérés időtartama alatt, a mintavétel időtartama alatt) során

végbement bomlásához tartozó bomláskorrekciós faktorok.

A számláláson alapuló aktivitáskoncentráció meghatározására felírható mérési modellből kifejezett parciális deriváltak: $\frac{\partial A}{\partial r_t} = w$; $\frac{\partial A}{\partial r_0} = w$; $\frac{\partial A}{\partial w} = (r_t - r_0)$, az eredő standard bizonytalanság így a (3) egyenletnek megfelelően:

$$\begin{aligned} u(A) &= \sqrt{w^2 \cdot [u^2(r_t) + u^2(r_0)] + (r_t - r_0)^2 \cdot u^2(w)} = \\ &= \sqrt{w^2 \cdot [u^2(r_t) + u^2(r_0)] + A^2 \cdot \frac{u^2(w)}{w^2}} \end{aligned} \quad (6)$$

A spektrometriai aktivitáskoncentráció mérések esetében a radionuklidhoz társított jelzés a radionuklidra jellemző energiá(k)nál detektált „nettó” csúcs területéből határozható meg, amely a csúcstartomány folytonos alapvonalának, valamint jelenlétük esetében a háttércsúcs és az átfedő csúcsok járulékának levonását követően kerül megadásra. A radionuklidhoz társított jelzés és a radionuklid mintázott közegre jellemző aktivitáskoncentrációja között kapcsolatot teremtő arányossági tényező pl. gamma-spektrometriai mérések esetében a következő mennyiségeket foglalja magában: a mintamérés időtartama, a detektálási hatásfok, a mérendő minta mennyisége, a fotonemissziós gyakoriság és a korrekciós faktorok (a minta és a kalibráló forrás közti különbségek kiküszöbölésére szolgáló hatásfokkorrekciós faktor, bomláskorrekciós tényező, koincidencia-korrekciós tényező, önabszorpciók korrekciós tényező). A gamma-spektrometriai mérések bizonytalansági forrásainak számszerűsítésének kérdéskörével a szakirodalom [4], [5] részletesen foglalkozik.

Számítási példa

Példaként egy egyszerű, de a sugárvédelmi környezetellenőrzésben gyakori, monitorozási céllal végzett mérési problémát vizsgálunk: a levegő aeroszol aktivitáskoncentrációjának meghatározását összes-béta méréssel, amely eljárással az aeroszolhoz kötött béta-sugárzó izotópok levegőben mért együttes aktivitáskoncentrációját határozzuk meg. Ehhez a mintázott levegőben lévő aeroszolat megkötő szűrő mérését (mintamérés), továbbá a háttér zavaró hatásának kompenzációja érdekében végzett külön háttérmérést hajtunk végre. A detektálási hatásfok meghatározása referenciaforrással végzett kalibrációs mérés útján történik, amely forrás adott referencia időpontra vonatkoztatva tartalmaz ismert aktivitásban béta-sugárzó (esetünkben $^{90}\text{Sr} + (^{90}\text{Y})$) izotópot. A mintában mért aeroszol aktivitáskoncentrációt a mintavétel időtartama alatt szűrőn átszívott levegő térfogatára, mint mintamennyiségre vonatkoztatva, tipikusan Bq/m^3 egységben kerül megadásra.

1. táblázat: A számítási példában szereplő bemenő mennyiségek, azok értékének és bizonytalanságának meghatározási módja, valamint a mérés során mért és származtatott értékek

Bemenő mennyiség	Érték	Standard bizonytalanság
r_t	$r_t = \frac{n_t}{t_m} = \frac{347}{3600 \text{ s}} = 0,096 \text{ 1/s}$ ahol n_t a szűrőn mért teljes beütésszám, t_m a mintamérés időtartama	Bizonytalanság-összetevők kombinációjával: $u(r_t) = \sqrt{\frac{r_t}{t_m}} = \sqrt{\frac{n_t}{t_m^2}} = \frac{\sqrt{n_t}}{t_m} = 0,005 \text{ 1/s}$
r_0	$r_0 = \frac{n_0}{t_0} = \frac{175}{3600 \text{ s}} = 0,049 \text{ 1/s}$ ahol n_0 a háttérben mért beütésszám, t_a a háttérmérés időtartama	Bizonytalanság-összetevők kombinációjával: $u(r_0) = \sqrt{\frac{r_0}{t_0}} = \sqrt{\frac{n_0}{t_0^2}} = \frac{\sqrt{n_0}}{t_0} = 0,004 \text{ 1/s}$
ε	$\varepsilon = \frac{\frac{n_{kal,t}}{t_{kal}} \cdot \frac{n_{kal,0}}{t_{kal,0}}}{\frac{A_{ref} \cdot K_{kal}}{\frac{n_{kal,t}}{t_{kal}} \cdot \frac{n_{kal,0}}{t_{kal,0}}}} = \frac{1}{A_{ref} \cdot e^{\left(-\ln(2) \cdot \frac{(T_{kal} - T_{ref})}{T_{1/2}}\right)}}$ $= \frac{\frac{10439}{100 \text{ s}} \cdot \frac{163}{3600 \text{ s}}}{239,8 \text{ Bq} \cdot e^{\left(-\ln(2) \cdot \frac{1,68 \text{ a}}{28,80 \text{ a}}\right)}} = 0,453$ ahol $n_{kal,t}$ és $n_{kal,0}$ a t_{kal} időtartamú kalibrációs mérés és a $t_{kal,0}$ időtartamú háttérmérés során mért beütésszámok; $A_{kal} = A_{ref} \cdot K_{kal}$ a forrás kalibrációs mérés időpontjában valós, bomláskorrigált aktivitása, A_{ref} a referencia időpontban jellemző aktivitása; $(T_{kal} - T_{ref})$ a kalibráló mérés és a referencia időpont között eltelt idő, $T_{1/2}$ a forrásban lévő radionuklid felezési ideje (utóbbi két mennyiség 1 a = 365,242 198 nap mértékegységben kifejezve)	Bizonytalanság-összetevők kombinációjával: $u(\varepsilon) = \sqrt{\left(\frac{1}{A_{kal}}\right)^2 \cdot [u^2(r_{t, kal}) + u^2(r_{0, kal})] + \varepsilon^2 \cdot \frac{u^2(A_{kal})}{A_{kal}}}$ $u(\varepsilon) = 0,012$ ahol $u(r_{kal,t}) = \frac{\sqrt{n_{kal,t}}}{t_{kal}} = 1,022 \text{ 1/s}$; $u(r_{kal,0}) = \frac{\sqrt{n_{kal,0}}}{t_{kal,0}} = 0,004 \text{ 1/s}$; $u(A_{kal}) = A_{kal} \sqrt{\frac{u^2(A_{ref})}{A_{ref}^2} + \frac{u^2(K_{kal})}{K_{kal}^2}} =$

		$=$ $230,3 \text{ Bq} \sqrt{\frac{(6,0 \text{ Bq})^2}{(239,8 \text{ Bq})^2} + \frac{(0,0001)^2}{(0,9604)^2}} =$ $= 5,8 \text{ Bq}$
m	$m = 89,0 \text{ m}^3$	B típusú értékeléssel, gyártói specifikáció alapján: $u(m) = 1,8 \text{ m}^3$

Az 1. táblázatban szereplő adatok alapján az így mért levegő aeroszol aktivitáskoncentráció értéke és annak mérési bizonytalansága:

$$A = \frac{(r_t - r_0)}{\varepsilon \cdot m} = \frac{0,096 \text{ 1/s} - 0,049 \text{ 1/s}}{0,45 \cdot 89,0 \text{ m}^3} = 1,2 \times 10^{-3} \text{ Bq/m}^3 \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
u(A) &= \sqrt{\left(\frac{1}{\varepsilon \cdot m}\right)^2 \cdot [u^2(r_t) + u^2(r_0)] + A^2 \cdot \left[\left(\frac{u(\varepsilon)}{\varepsilon}\right)^2 + \left(\frac{u(m)}{m}\right)^2\right]} = \\
&= \sqrt{\left(\frac{1}{0,453 \cdot 89,0 \text{ m}^3}\right)^2 \cdot \left[\left(0,005 \frac{1}{s}\right)^2 + \left(0,004 \frac{1}{s}\right)^2\right] + \left(1,2 \times 10^{-3} \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3}\right)^2 \cdot \left[\left(\frac{0,012}{0,453}\right)^2 + \left(\frac{1,8 \text{ m}^3}{89,0 \text{ m}^3}\right)^2\right]} = \\
&= 1,6 \times 10^{-4} \text{ Bq/m}^3 \quad (8)
\end{aligned}$$

KIMUTATÁSI HATÁR SZÁMÍTÁS

A karakterisztikus limitek meghatározására nézve az ISO 11929 szabványsorozat [6] terminológiájának és jelölésrendszerének megfelelően az alábbi fogalom-meghatározások és matematikai definíciók bevezetése szükséges:

- **Döntési küszöbérték/kritikus szint:** az a közvetlenül mért mennyiség, amelynek elérése esetén igazoltnak tekintjük az adott radionuklid jelenlétét a vizsgált mintában. A döntési küszöbérték megadása:

$$y^* = k_{(1-\alpha)} \cdot u(0) \quad (9)$$

ahol $k_{(1-\alpha)}$ a standardizált normális eloszlás kvantilise $(1 - \alpha)$ valószínűségre, $u(0)$ a háttér bizonytalanságának becslése.

- **Kimutatási határ:** adott mérési eljáráshoz tartozó közvetlenül mérhető mennyiség, amely, ha jelen lenne a mintában, β -nál nem nagyobb valószínűséggel eredményezne y^* -nál kisebb, tehát a jelenlét elutasítását maga után vonó mért nettó jelszámot. A kimutatási határ megadása, melyre mindig érvényes, hogy $y^\# \geq y^*$:

$$y^\# = y^* + k_{(1-\beta)} \cdot u(y^\#) = k_{(1-\alpha)} \cdot u(0) + k_{(1-\beta)} \cdot u(y^\#) \quad (10)$$

ahol $k_{(1-\beta)}$ a standardizált normális eloszlás kvantilise $(1 - \beta)$ valószínűségre, $u(y^\#)$ a kimutatási határ értékéhez társított bizonytalanság.

A gyakorlati számítások során α elsőfajú hiba valószínűségének értékét a β másodfajú hiba valószínűségével egyenlőnek, tipikusan $\alpha = \beta = 0,05$ -nek választjuk meg, ekkor a kvantilisek $k_{(1-\alpha)} = k_{(1-\beta)} = k = 1,645$ értéket vesznek fel.

A számláláson alapuló aktivitáskoncentráció meghatározása esetében a döntési küszöbérték és a kimutatási határ – az ISO 11929:2010-es szabványban [6] alapértelmezetten használt, bizonytalanságterjedésen alapuló meghatározás esetében – a következő összefüggések szerint kerülnek megadásra:

$$y^* = k \cdot u(0) = k \cdot \sqrt{\left(\frac{w}{t_m}\right)^2 \cdot \frac{t_m}{t_0} \cdot n_0 + \left(\frac{w}{t_m}\right)^2 \cdot \left(\frac{t_m}{t_0}\right)^2 \cdot u^2(n_0)} = k \cdot \frac{w}{t_m} \cdot \sqrt{\frac{t_m}{t_0} \cdot \left(\frac{t_m}{t_0} + 1\right) \cdot n_0} \quad (11)$$

ahol most $u^2(n_0) = n_0$, kis beütésszámok ($n < 100$) esetében azonban – a Bayes-statisztika értelmében – $u^2(n_0) = (n_0 + 1)$ (lásd [7]); és

$$y^\# = y^* + k \cdot u(y^\#) = y^* + k \cdot \sqrt{\frac{w}{t_m} \cdot y^\# + \left(\frac{w}{t_m}\right)^2 \cdot \frac{t_m}{t_0} \cdot n_0 + \left(\frac{w}{t_m}\right)^2 \cdot \left(\frac{t_m}{t_0}\right)^2 \cdot u^2(n_0) + y^{\#2} \cdot \frac{u^2(w)}{w^2}} \quad (12)$$

amely másodfokú polinom megoldása $u^2(n_0) = n_0$ behelyettesítésével:

$$y^\# = \frac{k \cdot \frac{w}{t_m} \cdot \left[k + 2 \sqrt{\frac{t_m}{t_0} \cdot \left(\frac{t_m}{t_0} + 1\right) \cdot n_0} \right]}{1 - k^2 \cdot \frac{u^2(w)}{w^2}} \quad (13)$$

Ha a minta- és a háttértermelési idők megegyeznek ($t_m = t_0 = t$), a karakterisztikus limitek megadására felírt összefüggések a következő formára egyszerűsödnek:

$$y^* = k \cdot \frac{w}{t} \cdot \sqrt{2n_0} \quad (14)$$

$$y^\# = \frac{k \cdot \frac{w}{t} \cdot [k + 2\sqrt{2n_0}]}{1 - k^2 \cdot \frac{u^2(w)}{w^2}} \quad (15)$$

Számítási példa

A karakterisztikus limitek meghatározását ugyanazon mérési példán keresztül mutatjuk be. Kiindulva az 1. táblázatban szereplő adatokból, adott mintavételi és mérési körülményekre nézve a levegő aeroszol aktivitáskoncentráció összes-béta mérésének döntési küszöbértéke és kimutatási határa:

$$y^* = k \cdot \frac{1}{t \cdot \varepsilon \cdot m} \cdot \sqrt{2n_0} = 1,645 \cdot \frac{1}{3600 \text{ s} \cdot 0,453 \cdot 89,0 \text{ m}^3} \cdot \sqrt{2 \cdot 175} = 2,1 \times 10^{-4} \text{ Bq/m}^3 \quad (16)$$

$$y^\# = \frac{k \cdot \frac{1}{t \cdot \varepsilon \cdot m} \cdot [k + 2\sqrt{2n_0}]}{1 - k^2 \cdot \left[\left(\frac{u(\varepsilon)}{\varepsilon} \right)^2 + \left(\frac{u(m)}{m} \right)^2 \right]} = \frac{1,645 \cdot \frac{1}{3600 \text{ s} \cdot 0,453 \cdot 89,0 \text{ m}^3} \cdot [1,645 + 2\sqrt{2 \cdot 175}]}{1 - (1,645)^2 \cdot \left[\left(\frac{0,012}{0,453} \right)^2 + \left(\frac{1,8 \text{ m}^3}{89,0 \text{ m}^3} \right)^2 \right]} = 4,4 \times 10^{-4} \text{ Bq/m}^3 \quad (17)$$

EREDMÉNYKÖZLÉS

Mérési eredmény közlése

A mérési eredmény értelmezhetősége érdekében szükséges, hogy annak közlésekor a mérendő mennyiség értékének y becsléséhez társított $u(y)$ eredő, vagy U kiterjesztett standard bizonytalanságot (a kiterjesztési tényező értékének feltüntetésével) is megadjuk. Ha csak az ettől való eltérés nem indokolt, valamely mennyiség számértékét és bizonytalanságát úgy kell felírni, hogy fizikai mértékegységük azonos legyen.

A mérési eredmény közlésekor a mérési eredmény szignifikáns értékes számjegyeinek¹ megválasztása a mérendő mennyiséghez társított bizonytalanságnak megfelelően kell, hogy történjen: pl. 1%-os relatív bizonytalanság nagyságrendjében a mérési eredmény tipikusan három számjegyre történő megadás indokolt, míg 10%-os relatív bizonytalanság nagyságrendjében maximum két értékes jegyre való megadás javasolt. A bizonytalanság utolsó értékes számjegye ugyanolyan nagyságrendű legyen, mint a mérési eredmény legutolsó értékes számjegye. Az értékes számjegyek kiírása a vizsgált számpélda esetében következőképpen értelmezhető: mivel $u(A)/A = 14\%$, a mérési eredmény két értékes jegynél többre való megadása nem lenne indokolt. A $1,2 \times 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$ mennyiségnek két értékes számjegye van, ezen írásmód értelmezése szerint az egész számok és a tizedek tekinthetők biztosnak. A szám valódi értéke ekkor lehetne $1,17 \times 10^{-3}$ vagy $1,23 \times 10^{-3}$, de a kerekítés szabályainak megfelelően nem lehetne $1,12 \times 10^{-3}$ vagy $1,29 \times 10^{-3}$.

Kimutatási határ és az alatti adatok közlése

Amennyiben a vizsgált hatáshoz (pl. radionuklid jelenléte) tartozó jelzés döntési küszöbérték alatti ($y < y^*$), a kérdéses mennyiség nem detektálható. Ha azonban az adott radionuklid által okozott jelzés értéke meghaladja a döntési küszöbértéket ($y > y^*$), értéke megkülönböztethető a háttérjeltől. Mivel ekkor igazoltnak tekintjük az adott radionuklid jelenlétét a vizsgált mintában, javasolt a ténylegesen mért, „nyers” adatok feltüntetése annak érdekében, hogy a mérési adatok további számításokban felhasználhatóak legyenek, ezzel biztosítva a mérési adatsorok statisztikáinak (pl. átlag, empirikus szórásnégyzet) minél kisebb mértékű torzulását. Ha a döntési küszöbértéket meghaladó, de a kimutatási határ alatti értéket kaptunk ($y^* < y < y^\#$), az adott hatás a vizsgált mintában megfigyelhető (vagyis azonosítható), mennyisége az adott mérési eljárással azonban nem kvantifikálható. A kimutatási határ alatti érték $< y^\#$ formátumban való közlésével ekkor azt állítjuk, hogy a vizsgált radionuklid a mért mintában vagy a mintázandó közegben a kimutatási határnál kisebb mennyiségben van jelen. Fontos azonban kiemelni, hogy az erre vonatkozó információtartalom csak akkor értelmezhető, ha magának a kimutatási határnak a számszerű értékét is megjelöltük.

Számszerűleg a kimutatási határt egyértelműen meghaladó ($y > y^\#$) értékek közölhetők, mivel ekkor az adott radionuklid azonosítható és mennyiségileg is meghatározható lesz – ahogyan ezt a vizsgált számpélda esetében is láttuk. A mérési eredmény közlésének formája ekkor célszerűen: $y \pm u(y)$ vagy $y \pm U$ (k kiterjesztési tényező értékének feltüntetésével). A további számítások elvégezhetőségéhez azonban javasolt a döntési küszöbértéket meghaladó, ténylegesen mért adatok feltüntetése is, hogy a mérési adatsorok matematikai statisztikai értékelése során a nyers adatok, így a kimutatási határ alatti értékek is figyelembe vehetők legyenek. (A kimutatási határt meghaladó, de ahhoz közeli,

¹ „Egy adott szám értékes számjegyei azok, amelyek balról a nullával nem egyenlő első számjegytől kezdődnek és jobbra az utolsó leírt számjegyig terjednek.” [8]

nagy bizonytalanságú mérési adatok speciális esetének kezelésével itt nem foglalkozunk, ehhez lásd [7], [9], [10].)

Forrásjegyzék

- [1] IAEA, 2004. IAEA-TECDOC-1401 – Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. International Atomic Energy Agency, Vienna. ISBN 92 0 108404-1401
- [2] JCGM 100:2008, 2008 (javított kiadás: 2010). Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement
- [3] JCGM 101:2008, 2008. Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the „Guide to the expression of uncertainty in measurement” – Propagation of distributions using a Monte Carlo Method
- [4] Lépy, M.C., Pearce, A., Sima, O., 2015. Uncertainties in gamma-ray spectrometry. Metrologia, 52, S123-S145. <https://doi.org/10.1088/0026-1394/52/3/S123>
- [5] Dovlete, C., Povinec, P.P., 2004. Quantification of uncertainty in gamma-spectrometric analysis of environmental samples. IAEA-TECDOC-1401 – Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. International Atomic Energy Agency, Monaco. 103-126.
- [6] ISO 11929:2010, 2010. Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application
- [7] IAEA, 2017. Determination and Interpretation of Characteristic Limits for Radioactivity Measurements – Decision Threshold, Detection Limit and Limits of the Confidence Interval. Analytical Quality in Nuclear Applications Series No. 48. International Atomic Energy Agency, Vienna. ISSN 2074-7659.
- [8] MSZ 316:1977, 2005 (3. kiadás). A számok írási és kerekítési szabályai
- [9] De Felice, P., Jerome, S., Petrucci, A., 2017. Practical implementation of ISO 11929:2010. Applied Radiation and Isotopes, 126, 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2017.02.004>
- [10] Currie, L.A., 2004. Uncertainty in measurements close to detection limits: detection and quantification capabilities. IAEA-TECDOC-1401 – Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. International Atomic Energy Agency, Monaco. 9-33.



SUGÁRVÉDELMI KÉPZÉS

Kristóf Krisztina és Pesznyák Csilla

A sugárvédelmi megbízott által ellátott feladatok közé tartozik a sugárveszélyes munkahelyen dolgozók oktatásának megszervezése, valamint az oktatásban való részvétel nyilvántartása. Az alábbiakban ezen feladat ellátásához szeretnénk széleskörű tájékoztatást nyújtani az *ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről* szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet alapján.

Az atomenergia alkalmazási körébe tartozó tevékenységet csak megfelelő fokozatú és szakirányú sugárvédelmi képzettséggel és a tevékenységének gyakorlásához szükséges, jogszabályban meghatározott szakmai képesítéssel rendelkező személy végezhet.

A sugárvédelmi képzettség (képesítés) szintjei:

- alpfokozatú;
- bővített fokozatú;
- átfogó fokozatú;
- szakértői kiegészítő képzés (átfogó fokozatúra épülve).



Legalább alapfokozatú sugárvédelmi képzettséggel kell rendelkezniük azoknak, akik

- a) sugárterhelésnek kitett munkavállalók, akik radioaktív sugárforrással nem dolgoznak, de munkaköri kötelességük teljesítése keretében tervezett sugárterhelésnek lehetnek kitéve;
- b) a III. sugárvédelmi kategóriába sorolt tevékenység során sugárforrással dolgoznak, vagy ilyen tevékenységet közvetlenül felügyelnek, irányítanak;
- c) radioaktív anyagok telephelyen kívüli szállítására vonatkozó előírások alapján sugárvédelmi képzésre kötelezettek;
- d) veszélyhelyzet-elhárítási tervben vagy veszélyhelyzet-kezelési rendszerben meghatározott veszélyhelyzeti munkavállalók.

Legalább bővített fokozatú sugárvédelmi képzettséggel kell rendelkezniük azoknak, akik

- a) orvosi sugárterhelést vagy nem orvosi képalkotással járó besugárzást eredményező tevékenységeket végeznek, vagy ilyen tevékenységet közvetlenül felügyelnek vagy irányítanak;
- b) kiemelt létesítményben, az I. vagy a II. sugárvédelmi kategóriába sorolt tevékenység során sugárforrással dolgoznak, vagy ilyen tevékenységet közvetlenül felügyelnek vagy irányítanak;
- c) a II. vagy a III. sugárvédelmi kategóriába sorolt tevékenység sugárvédelmi szempontú felügyeletét szervezeti szinten irányítják;
- d) a veszélyhelyzet-elhárítási tervben vagy veszélyhelyzet-kezelési rendszerben meghatározott veszélyhelyzeti munkavállalók azon csoportjába tartoznak, akik a veszélyhelyzettel érintett területen a helyszíni védelmi intézkedések közvetlen végrehajtását irányítják;
- e) zárt sugárforrásnak nem minősülő, csomagolatlan radioaktív készítménnyel folytatott tevékenységet közvetlenül felügyelnek, irányítanak, kivéve, ha a radioaktív anyag olyan – a munkahelyi sugárvédelmi szabályzatban meghatározott – csomagolóeszközben van, amely a normál munkakörülmények között megtartja tartalmát.

Átfogó fokozatú sugárvédelmi képzettséggel kell rendelkezniük azoknak, akik

- a) kiemelt létesítményben vagy az I. sugárvédelmi kategóriába sorolt tevékenységek során a sugárveszélyes munkavégzést tervezik vagy a sugárveszélyes tevékenységet végző szervezeti egységet közvetlenül irányítják;
- b) kiemelt létesítmény vagy az I. sugárvédelmi kategóriába sorolt sugárvédelmi szempontú felügyeletet ellátó szervezeti egységet közvetlenül irányítják;
- c) orvosefizikusként, orvosi fizikus szakértőként vagy klinikai sugárfizikusként sugárterápiás tervezést végeznek;
- d) sugárveszélyes tevékenységek sugárvédelmi hatósági ellenőrzését vagy engedélyezését végzik;
- e) alapfokú, bővített fokozatú vagy átfogó fokozatú sugárvédelmi tanfolyamokon oktatnak vagy vizsgáztatnak;

f) a kiemelt létesítmények, az I. sugárvédelmi kategóriába tartozó sugárveszélyes munkahelyek, továbbá az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszer veszélyhelyzet-elhárítási terveiben vagy veszélyhelyzet-kezelési rendszerében meghatározott azon munkavállalók, akik veszélyhelyzeti sugárzási helyzet sugárvédelmi következményeinek értékelését végzik, valamint a sugárterhelés csökkentésére irányuló védelmi intézkedésekre javaslatot adnak.

Az átfogó fokozatú sugárvédelmi képesítés mellett sugárvédelmi szakértői kiegészítő képzettséggel is kell rendelkezniük azoknak, akik

a) sugárveszélyes munkahelyek kialakításának sugárvédelmét vagy a már engedélyezett sugárvédelmi rendszer hatósági engedélyezéshez köthető átalakítását tervezik, vagy

b) egyéb sugárvédelmi szakértői tevékenységet folytatnak.

Valamennyi sugárvédelmi képzettségi igazolás az eredményes vizsga letételétől számított 5 évig érvényes.

A sugárvédelmi képzettség megújítása az időközben tett újabb sugárvédelmi képzettséget adó képzésen, vagy továbbképzésen való részvétellel, és az azon tett eredményes vizsgával igazolható. Továbbképzésen csak az vehet részt, aki érvényes, a továbbképzés szakirányának megfelelő sugárvédelmi képzettséggel rendelkezik, vagy legutóbbi képzettségnek érvényessége 1 éven belül járt le.

A sugárvédelmi képzések és továbbképzések végzéséhez az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) engedélye szükséges, mely szintén 5 évig érvényes. Az OAH a hatósági ellenőrzés rendjére tekintettel a honlapján köteles közzétenni és naprakész állapotban tartani a sugárvédelmi képzésre és továbbképzésre engedéllyel rendelkezők listáját (elérhető a <https://www.haea.gov.hu> oldalon a Kezdőoldal/Feladatok/Sugárvédelem fül alatt).

Ugyanitt érhető el az egyes képzési szintekhez tartozó írásbeli és szóbeli kérdések listája is. Az írásbeli vizsga 30 tesztkérdésből áll (egyszerű feleletválasztós kérdések 4 lehetséges válasszal), melyből a sikeres vizsga feltételeként minimálisan 20 kérdésre kell helyes választ adni. Amennyiben a vizsgázó nem felelt meg az írásbeli vizsgán, a szóbeli vizsgát nem kezdheti meg. A szóbeli vizsga részeként két tételt (egy általános és egy szakirányos kérdést) kell húzni és a vizsgabizottság előtt elmondani. A vizsgabizottság elnökét az OAH jelöli ki az általuk vezetett sugárvédelmi szakértői névjegyzékből. A vizsga sikeres teljesítését a képzés, továbbképzés szervezője által kiadott bizonyítvány igazolja.

Lehetséges szakirányok:

- alap- és bővített fokozatú sugárvédelmi képzés esetében
 - egészségügyi alkalmazások, beleértve oktatást és kutatást
 - nem nukleáris ipari alkalmazások, beleértve oktatást és kutatást
 - radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetése
 - nukleáris létesítmények üzemeltetése
 - ipari szakirányok együttesen

- átfogó fokozatú sugárvédelmi képzés (és szakértői kiegészítő képzés) esetében
 - egészségügyi alkalmazások, beleértve oktatást és kutatást
 - nukleáris és egyéb ipari alkalmazások, beleértve oktatást és kutatást

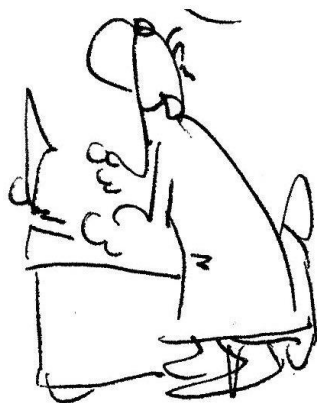
A sugárvédelmi képzések és továbbképzések tematikáját a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet 4. mellékletében található rendelkezések alapján kell összeállítani, az alábbi minimális óraszám követelmények figyelembevételével.

Képzési szint	(kezdő) képzés		továbbképzés (5 évente)	
	az oktatási napok száma	minimális óraszám*	az oktatási napok száma	minimális óraszám*
alapfokozatú	1	9	1	6
bővített fokozatú	4	32	2	15
átfogó fokozatú	8	65	3**	32
szakértői (kiegészítő modul)	2	16	1	8

*egy választott szakirány esetén

** szerzői megjegyzés: ez a minimális óraszám-követelmény a gyakorlatban csak 4 nap oktatási nap alatt teljesíthető

ÍME A 4. KATEGÓRIÁJÚ MAZOCHISTA (ORVOS FIZIKUS (MMP) MASOCHISTIC MEDICAL PHYSICIST



A sugárvédelmi képzés és továbbképzés szervezője köteles az OAH felé bejelenteni:

- a sugárvédelmi képzés és vizsga időpontját, helyszínét, a képzés fokozatát, az oktatók nevét, vagy ezen adatok megváltozását legalább 15 nappal a vizsga tervezett időpontját megelőzően;
- a képzés vagy továbbképzés teljesítését 8 napon belül a vizsgáztatásról szóló jegyzőkönyv, valamint a kiállított bizonyítványok adatainak közzétevése által.

A képzések, továbbképzések szervezőjére vonatkozóan további követelmények (pl. oktatókra, vizsgabizottságra, tiszteletdíjakra és a dokumentációra vonatkozó előírások) megtalálhatóak a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet 21. §-ban, illetve az OAH honlapján:

https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_12



SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYOZÁS

Földi Anikó

A sugárvédelmi szabályozás legfontosabb nemzetközi szervezetei

- **ICRP – International Commission on Radiological Protection, Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság:** A sugárvédelmi jogszabályok megalkotásához ad iránymutatást. (A hazai jogszabályok például az ICRP 103 és ICRP 116 közlemény ajánlásait veszik figyelembe.)
Honlapja: <http://www.icrp.org>
- **ICRU – International Commission on Radiation Units and Measurements Radiológiai Egységek és Mérések Nemzetközi Bizottsága**
A sugárvédelemben használatos mennyiségek és mértékegységek pontos meghatározására, mérési módszereire, valamint a kiértékelésükhöz szükséges fizikai állandók értékeire tesznek javaslatot.
Honlapja: <http://www.icru.org>
- **UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations.** Az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) külön bizottságot hozott létre, mely az ionizáló sugárzás hatásait vizsgálta, ez az **Egyesült Nemzetek Atomsugárzás Hatásai Tudományos Bizottsága**.
Honlapja: <http://www.unscear.org>
- **OECD NEA – Organisation for Economic Cooperation and Development, Nuclear Energy Agency, Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet Nukleáris Energia Ügynöksége**
Honlapja: <https://www.oecd-neo.org/>
- **IAEA – International Atomic Energy Agency, Nemzetközi Atomenergia Ügynökség.** Az ENSZ égisze alatt működő nemzetközi szakosított szervezet, amelynek egyik feladata az emberek és a környezet védelme az ionizáló sugárzások hatásaival szemben. Csak ajánlásokat fogalmaz meg, kötelező érvényű előírásokat nem tehet. Tagjaitól azonban elvárja, hogy az ajánlásaival összhangban lévő hazai jogrendszert hozzanak létre.
Honlapja: <http://www.iaea.org>

Az IAEA szabályozási dokumentumok egy háromszintű hierarchia alapján csoportosíthatóak, a legfelső szinten a Fundamental Safety Principles áll, ezt követik a hierarchia következő szintjén elhelyezkedő követelmények, majd az útmutatók. Meg kell még említeni az úgynevezett Safety Glossary-t is, ami az egyes dokumentumok közös értelmezését segíti.

URL: <https://www.iaea.org/publications/11098/iaea-safety-glossary-2018-edition>, az IAEA Safety Glossary elektronikus verziója:
<https://www.iaea.org/resources/safety-standards/safety-glossary>

A sugárvédelmi alapszabályzat tartalmazza, a NAÜ BSS-ként is emlegetett dokumentum: Radiation Protection and Safety of Radiation Sources – International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3., URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf

Példaként néhány kiadvány:

- Occupational Radiation Protection, General Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. GSG-7, URL: <https://www.iaea.org/publications/11113/occupational-radiation-protection>
- Radiation Protection of the Public and the Environment, General Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. GSG-8, URL: <https://www.iaea.org/publications/11183/radiation-protection-of-the-public-and-the-environment>
- Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, Specific Safety Requirements, [IAEA Safety Standards Series](#) No. SSR-6 (Rev.1), URL: <https://www.iaea.org/publications/12288/regulations-for-the-safe-transport-of-radioactive-material>
- Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation, Specific Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. SSG-46, URL: <https://www.iaea.org/publications/11102/radiation-protection-and-safety-in-medical-uses-of-ionizing-radiation>
- Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.3, URL: <https://www.iaea.org/publications/5742/assessment-of-occupational-exposure-due-to-external-sources-of-radiation>
- Radiation Protection Programmes for the Transport of Radioactive Material, Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.3, URL: <https://www.iaea.org/publications/7576/radiation-protection-programmes-for-the-transport-of-radioactive-material>
- Assessment of Occupational Exposure Due to External Sources of Radiation, Safety Guide, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.3, URL: <https://www.iaea.org/publications/5742/assessment-of-occupational-exposure-due-to-external-sources-of-radiation>

További publikációk elérhetősége:

<https://www.iaea.org/publications/search/topics/radiation-protection>

Néhány további fontos nemzetközi szervezet:

Az ENSZ további szakosított szervezetei, mint a **WHO – World Health Organization, Egészségügyi Világszervezet** (pl.: WHO Handbook on indoor radon, a WHO kézikönyve a beltéri radonról, World Health Organisation, 2009, ISBN 978 92 4 154767.), a **FAO – Food and Agricultural Organization of the United Nations, Egyesült Nemzetek Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete,**

illetve az **ILO – International Labour Organization, Nemzetközi Munkaügyi Szervezet**.

A nemzetközi szervezetek bővebb listája:

https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=07&submenu=7_5

Az Európai Unió sugárvédelmi szabályozása

Az Európai Unió jogrendjének elsődleges jogforrásai a szerződések, melyeket az alapító országok alkottak, a később csatlakozó országok pedig belépésükkel magukra nézve kötelezően elfogadtak.

Az 1958. január 1-én lépett életbe a "Szerződés az Európai Atomenergia-közösség létrehozásáról", röviden "**EURATOM Szerződés**" mely szakmai szempontból számunkra a legfontosabb.

Másodlagos, szintén kötelező erejű jogszabálytípusok:

- a rendelet (közvetlenül hatályosul, azaz nem igényli a tagállamonkénti külön jogszabályozást),
- az irányelv (a célok megvalósításának mikéntjét és saját jogrendszerbe való illesztést a tagországokra bízva)
- a határozat (konkrét ügyekre vonatkozó aktus, mely meghatározott címzetthez szól és kötelezi).

Nem kötelező erejű ajánlások, vélemények.²

Az EU sugárvédelmi szabályozásának főbb dokumentumai:

- **Euratom Szerződés egységes szerkezetbe foglalt változata**, URL: <https://www.consilium.europa.eu/media/29762/qc0115106hun.pdf>
- **A Tanács 2013/59/Euratom irányelve** (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32013L0059>
- **A Tanács 2013/51/Euratom irányelve** (2013. október 22.) a lakosság egészségének az emberi fogyasztásra szánt vízben található radioaktív anyagokkal szembeni védelmére vonatkozó követelmények meghatározásáról, URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2013.296.01.0012.01.HUN

² URL: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0019_1A_Orvosi-biologiai_izotoplaboratoriumok_sugarvedelme/ch03.html

- A Tanács 1048/2009/EK rendelete (2009. október 23.) a csernobili atomerőműben történt balesetet követően a harmadik országokból származó mezőgazdasági termékek behozatalára irányadó feltételekről szóló 733/2008/EK rendelet módosításáról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=CELEX:32009R1048>
- A Bizottság 1635/2006/EK rendelete (2006. november 6.) a csernobili atomerőműben történt balesetet követően a harmadik országokból származó mezőgazdasági termékek behozatalára irányadó feltételekről szóló 737/90/EGK tanácsi rendelet alkalmazására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1635-20130701>
- A Bizottság 1609/2000/EK rendelete (2000. július 24.) a csernobili atomerőműben történt balesetet követően a harmadik országokból származó mezőgazdasági termékek behozatalára irányadó feltételekről szóló 737/90/EGK tanácsi rendelet alkalmazásából kizárt termékek jegyzékének létrehozásáról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32000R1609>
- A Tanács (Euratom) 2016/52 rendelete (2016. január 15.) a nukleáris balesetet vagy egyéb radiológiai veszélyhelyzetet követően az élelmiszerek és a takarmányok radioaktív szennyezettsége maximális megengedett szintjeinek megállapításáról, valamint a 3954/87/Euratom rendelet, a 944/89/Euratom bizottsági rendelet és a 770/90/Euratom bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=CELEX%3A32016R0052>
- A Tanács 1493/93/Euratom Rendelete (1993. június 8.) a radioaktív anyagok tagállamok közötti szállításáról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:31993R1493>
- A Tanács 2006/117/Euratom irányelve (2006. november 20.) a radioaktív hulladékok és a kiégett fűtőelemek szállításának felügyeletéről és ellenőrzéséről, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0117>
- 2008/312/Euratom: A Bizottság határozata (2008. március 5.) a 2006/117/Euratom tanácsi irányelvben előírt, a radioaktív hulladékok és a kiégett fűtőelemek szállításának felügyelete és ellenőrzése céljából alkalmazandó egységes formanyomtatvány megállapításáról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32008D0312>
- A Tanács 2011/70/Euratom irányelve (2011. július 19.) a kiégett fűtőelemek és a radioaktív hulladékok felelősségteljes és biztonságos kezelését szolgáló közösségi keret létrehozásáról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32011L0070>

- A Bizottság ajánlása (2008. december 4.) a radioaktív hulladékok és a kiégett fűtőelemek harmadik országokba való kivitelére alkalmazandó kritériumokról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32008H0956>
- A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak az ionizáló sugárzás gyógyászati alkalmazásáról és a nukleáris gyógyászati felhasználásra szánt radioizotópokkal való ellátás biztonságáról, URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hu/TXT/?uri=CELEX:52010DC0423>

A hazai sugárvédelmet meghatározó jogforrások, jogszabályok, közjogi szervezetszabályozó eszközök és útmutatók

- Magyarország Alaptörvénye, URL http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=140968.376083

Törvények

- A mérésügyről szóló 1991. évi XLV. törvény, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=15456.338402
- Az illetékekről szóló 1990. évi XCIII. törvény, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=13511.376975
- Az atomenergiáról 1996. évi CXVI. törvény, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=27331.376692
- Az általános közigazgatási rendtartásról szóló 2016. évi CL. törvény, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=199170.362806

Kormányrendeletek

- A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=139313.353898
- A mérésügyről szóló törvény végrehajtásáról szóló 127/1991. (X. 9.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=15840.370714
- A radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=170223.380336
- A nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet esetén végzett lakossági tájékoztatás rendjéről szóló 165/2003. (X. 18.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=76651.379524

- Az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről szóló 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=133110.377513
- A Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás „A” és „B” melléklete kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről szóló 178/2017. (VII. 5.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=202925.377611
- Az atomenergia alkalmazása körében eljáró független műszaki szakértőről 247/2011. (XI. 25.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=140083.380333
- A fővárosi és megyei kormányhivatal, valamint a járási (fővárosi kerületi) hivatal népegészségügyi feladatai ellátásáról, továbbá az egészségügyi államigazgatási szerv kijelöléséről szóló 385/2016. (XII. 2.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=199000.378030
- Az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=193420.380338
- A lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről szóló 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=193422.380340
- 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, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=193423.380341

Miniszteri rendeletek

- Az Országos Atomenergia Hivatal egyes közigazgatási eljárásaiért és igazgatási jellegű szolgáltatásaiért fizetendő díjakról szóló 4/2016. (III. 5.) NFM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=194362.372322
- A nukleáris anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének szabályairól szóló 7/2007. (III. 6.) IRM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=108892.356458
- A belügyminiszter irányítása alá tartozó szervek sugárvédelmi ellenőrző rendszerének működési szabályairól szóló 7/2012. (III. 7.) BM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=146660.363308

- Az egészségügyi ágazat radiológiai mérő és adatszolgáltató hálózata felépítéséről és működéséről szóló 8/2002. (III. 12.) EüM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=64311.360020
- A radioaktív anyagok nyilvántartásának és ellenőrzésének rendjéről, valamint a kapcsolódó adatszolgáltatásról szóló 11/2010. (III. 4.) KHEM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=130597.356459
- Az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről szóló 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=56073.333620
- Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=48362.360016
- Az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitett személyek egészsége védelmének szabályairól szóló 21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=209325.360064
- A radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról 51/2013. (IX. 6.) NFM rendelet, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=162855.356460

Közzégi szervezetszabályozó eszközök

- A Nemzeti Radon Cselekvési Terv végrehajtását szolgáló intézkedésekről szóló 1862/2017. (XI. 29.) Korm. határozat, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=205470.346861
- A Nemzeti Radon Cselekvési Terv elfogadásáról szóló 1114/2019. (III. 13.) Korm. határozat, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=213270.365788
- 5/2020. (I. 31.) ITM utasítás miniszteri biztos kinevezéséről, URL: http://njt.hu/cgi_bin/njt_doc.cgi?docid=217985.383349

Sugárvédelmi útmutatók az OAH honlapján

[SV-1 Radioaktív anyagok alkalmazásiengedély-kérelmének összeállítása](#)

- [SV-1 1.sz. melléklet: Adatlap radioaktív anyagok alkalmazására irányuló engedélykérelemhez](#)
- [SV-1 2. sz. melléklet: A Sugárvédelmi Leírás tartalmi követelményei](#)
- [SV-1 3. sz. melléklet: A Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat tartalmi követelményei](#)

[SV-2 Ionizáló sugárzást létrehozó berendezés üzemeltetésiengedély-kérelmének](#)

összeállítása

- SV-2 1. sz. melléklet: Adatlap az ionizáló sugárzást létrehozó berendezések üzemeltetésére irányuló engedélykérelemhez
- SV-2 2. sz. melléklet: A Sugárvédelmi Leírás tartalmi követelményei
- SV-2 3. sz. melléklet: A Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat tartalmi követelményei

SV-4 Nem helyhez kötött sugárveszélyes szolgáltatási tevékenység végzési engedélykérelem összeállítása (feltöltés alatt az OAH honlapján)

- SV-4 1.sz. melléklet: Adatlap a nem helyhez kötött sugárveszélyes tevékenység végzésére irányuló engedélykérelemhez

SV-6 Sugárvédelmi képzések és továbbképzések

- SV-6. 1. sz. melléklet: Formanyomtatvány sugárvédelmi képzés és továbbképzés, valamint záróvizsga előzetes bejelentéséhez
- SV-6. 2. sz. melléklet: Formanyomtatvány sugárvédelmi képzést és továbbképzést záró vizsga jegyzőkönyvéhez és eredményének bejelentéséhez

SV-7 A sugárveszélyes munkakörben dolgozó munkavállalók személyi monitorozásával és az Országos Személy Dozimetriai Nyilvántartással összefüggő követelmények teljesítése

- SV-7 1.sz. melléklet: Hatósági személyi dózismérő igénylő/lemondó/változás bejelentő formalap
- SV-7 2.sz. melléklet: Adatlap hatósági személyi dózismérők és a munkavállalók összerendelésére
- SV-7 3.sz. melléklet: A hatósági személyi doziméterek rendeltetésszerű használatának szabályai
- SV-7 4.sz. melléklet: Formalap a hatósági személyi dózismérők kiértékelési eredményének közlésére

SV-8 Az atomenergia alkalmazása körében sugárvédelmi szakértői tevékenység folytatásához szükséges engedélykérelem összeállítása

- SV 8. 1.sz. melléklet: Formanyomtatvány az atomenergia alkalmazása körében sugárvédelmi szakértői tevékenység folytatásához szükséges engedélykérelem benyújtásához
- SV 8. 2.sz. melléklet: Formanyomtatvány sugárvédelmi szakértő nyilvántartott adataiban bekövetkezett változás bejelentéséhez

SV-17 Jegyzet alapfokozatú sugárvédelmi képzésekhez

SV-18 Bővített fokozatú sugárvédelmi képzéseken és továbbképzéseken oktatandó témakörök

SV-19 Átfogó fokozatú sugárvédelmi képzéseken és továbbképzéseken oktatandó témakörök

SV-20 Sugárvédelmi szakértői kiegészítő képzéseken és továbbképzéseken oktatandó témakörök

SV-21 Javaslat a sugárkapu-üzemeltetők részére a riasztások esetén követendő intézkedési terv készítéséhez

- SV-21 1. sz. melléklet: Útmutató a sugárkapu-üzemeltetők számára talált radioaktív sugárforrások felismerésének és azonosításának, illetve a riasztás esetén követendő intézkedési terv elkészítésének támogatására
- SV-21 2. sz. melléklet: Jellemző radioaktív tárgyak fényképei

SV-22 Radioaktív sugárforrások felismerése és kezelése

- SV-22 1. sz. melléklet: Talált sugárforrások fényképei

A sugárvédelmi útmutatók között szerepel egy adatlap is:

Berendezés Adatlap ionizáló sugárzást létrehozó berendezések regisztrációjához

Nem közvetlenül sugárvédelmi, de a sugárvédelmi szakembereket érintő jogszabályokról, előírásokról (pl.: fizikai védelem, nukleáris védetség stb.) bővebben az OAH honlapján lehet tájékozódni: „Jogi szabályozás, Útmutatók” menüpont,

URL:<https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/web?openagent&menu=04&submenu=4>

A Nemzeti Népegészségügyi Központ Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Főosztályának honlapján elérhető Módszertani Útmutatók listája és elérhetősége (Kérjük ezek esetében mindig vegyék figyelembe a publikálás évszámát, az azóta megváltozott jogszabályi környezetet!):

- Ballay László: [Orvosi besugárzó-helységek sugárvédelme](#). OSSKI Módszertani Útmutató (2015.)

[I.sz. Függelék](#)

[II.sz. Függelék](#)

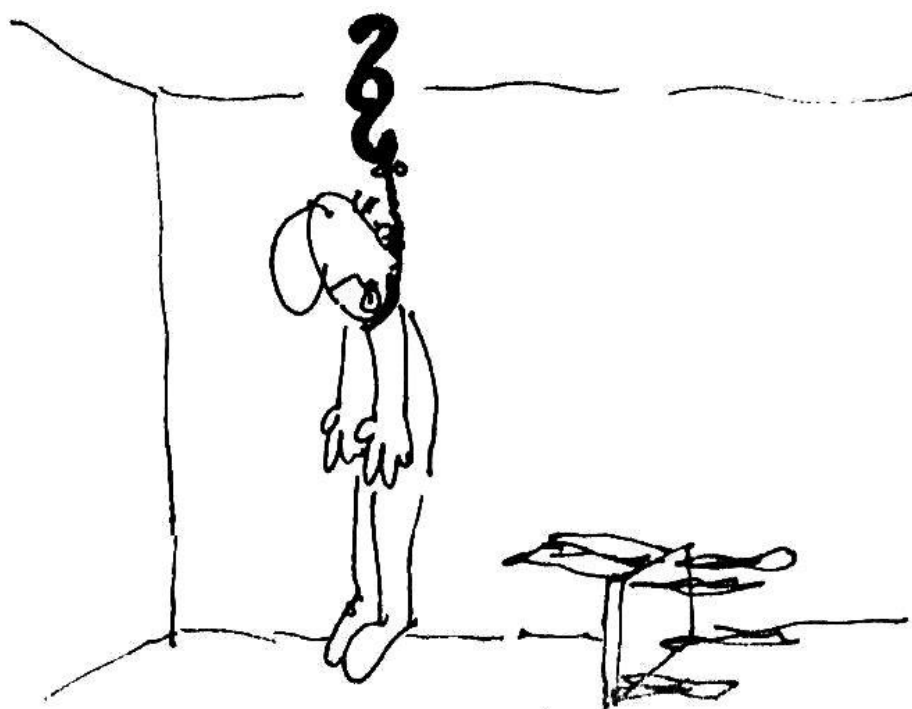
- Ballay László: [Izotópos munkavédelmi szabályzat](#). OSSKI Módszertani Útmutató (2011.)
- Turák Olivér, Dr. Ballay László, Dr. Turai István: [Telepített ipari izotópos berendezések sugárvédelmi ellenőrzése](#). OSSKI Módszertani Útmutató (2010.)
- Turai István szerk.: [A sugársérültek ellátásának minimum követelményeiről](#) OSSKI Útmutató (2007.)

Porubszky Tamás szerk.: [Állandósági vizsgálatok diagnosztikai röntgenberendezéseken](#). OSSKI Módszertani Útmutató (2006.)

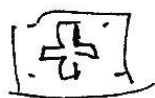
- Turai István szerk.: [Radioaktív anyagokkal szennyeződött személyek sugármentesítése \(dekontaminálása és dekontaminációja\)](#) OSSKI Módszertani Útmutató (2006.)
- [Belső sugárterhelés ellenőrzése](#). Útmutató az ÁNTSZ Sugáregészségügyi Decentrumok részére. 2. változat. OKK-OSSKI. 2002.

A **SUGÁRVÉDELMI SZABÁLYOZÁS** fejezet nem tekinthető teljesnek, elsősorban a gyakran használt jogszabályokat, ajánlásokat, útmutatókat igyekezett ismertetni a szerző. Külön fejezetet érdemelne a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség dokumentumainak rendszere, vagy épp a hazai nukleáris és radioaktív anyagok csomagolását és szállítását meghatározó, sugárvédelemhez kapcsolódó szabályozási környezete, és az egészségügyet meghatározó sugárvédelmi szabályozás részletes bemutatása is.





FÜGGELÉK



BESZÚRTAK EGY
PARAGRAFUST ...



ADATBÁZISOK

Déri Zsolt, Elek Richárd, Pesznyák Csilla és Petrányi János

NEMZETKÖZI ADATBÁZISOK

Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA)

<https://www.nds.iaea.org/>

A legtöbb nukleáris vonatkozású információ felül, a honlapon megtalálható többek között néhány, a sugárvédelemmel szorosabban összefüggő adatbázis is. Ezek közül kiemelendő a „LiveChart”, amely révén egy interaktív „nuklid-kolbász” érhető el az egyes nuklidok tulajdonságaival:

<https://www.nds.iaea.org/relnsd/vcharthtml/VChartHTML.html>

Kissé átdolgozott formában elérhető ugyanez különböző okostelefon platformokon:

Android: <https://play.google.com/store/apps/details?id=iaea.nds.nuclides&hl=hu>
iOS: <https://apps.apple.com/us/app/isotope-browser/id943890538>

A fenti honlapon még további, elsősorban reaktorfizikai számításokhoz használható program és egyéb megjelenítő, lekérdező szoftverek érhetők el.

Az IAEA adatbázisa a sugárterápiás központokról elérhető a „DIRAC” rendszerben: <https://dirac.iaea.org/>

Az IAEA által működtetett nukleáris balesetelhárítási adatbázisok platformja: <https://www.iaea.org/resources/databases/emergency-preparedness-and-response-resources>

Az IAEA orvosi fizikával és egyes gyógyászati alkalmazásokkal összefüggő információs platformja a Human Health Campus, amely a kézikönyveket, információs füzeteket, leírásokat, valamint további információkat lajstromoz: <https://humanhealth.iaea.org/HHW/index.html>

Az előbbivel összefügg még a páciens sugárvédelmi platform (RPOP), amelyen keresztül az IAEA oktatási anyagokat, híreket és szakembereknek, illetve betegeknek tájékoztatására egyaránt sok hasznos információt közöl: <https://www.iaea.org/resources/rpop>

Az IAEA radiológiai és nukleáris balesetekkel kapcsolatos gyors tájékoztatási rendszere (INES) elérhető:

<https://www.iaea.org/resources/databases/international-nuclear-and-radiological-event-scale>

Az IAEA nukleáris információs platformja (INIS), amelyen keresztül közlemények és egyéb kiadványok érhetőek el, tehát egyfajta könyvtára itt érhető el: <https://inis.iaea.org/search>

További, az IAEA által felépített adatbázisok elérhetőek még itt: <https://www.iaea.org/resources/nucleus-information-resources>

Az IAEA elektronikus oktatási platformjai:

<https://elearning.iaea.org/m2/>

<https://www.iaea.org/resources/databases/cyber-learning-platform-for-network-education-and-training-clp4net>

Megjegyzés: ezek ingyenesen hozzáférhetőek, egyes esetekben azonban regisztrációt igényelhetnek.

További nemzetközi információs portálok

On-line, többnyelvű, interaktív periódusos rendszer, részletes adatokkal:

<https://www.ptable.com/?lang=hu#Property/State>

Az egyes anyagok foton-sugárgyengítési együtthatói elérhetőek az Amerikai Egyesült Államok Mérésügyi Hatósága (NIST) honlapján:

<https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients>

A francia sugárvédelmi hatóság (IRSN) által jelenleg üzemeltetett, korábban életre hívott adatbázis (ESOREX) a személyi dozimetriáról itt érhető el:

<https://esorex-platform.org/>

Az EURADOS, elsősorban személyi dozimetriával kapcsolatos információi, eredményei, jelentései és tevékenységének ismertetője a honlapjukon érhető el:

<https://eurados.sckcen.be/>

Európa környezeti sugárzás-mérő hálózatainak online adatai, valamint térképek természetes forrásból származó sugárzási adatokról:

<https://remap.jrc.ec.europa.eu/>

A Nukleáris Energetikai Ügynökség (NEA, OECD ügynöksége) honlapja:

<https://www.oecd-nea.org/>

Az előbb említett szervezetnek több állandó és időszakos munkacsoportja működik, amelyek jelentéseket tesznek közzé. Ezek közül egy az ISOE, amely információs portálként szolgál (elsősorban az atomerőművi) foglalkozási sugárterhelések adatairól: <http://www.isoe-network.net/>

Külön érdemes említeni az OECD NEA számítógépes szoftveradatbázisát, amelyen keresztül a sugárvédelemmel és a nukleáris fizikával kapcsolatos számítási modellek érhetőek el: <https://www.oecd-nea.org/dbcps/>

A Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság (ICRP) honlapján érhetőek el a szervezet publikációi, illetve egyesekhez a szoftvermellékletek, amelyekkel a közleményeikben megadott táblázatok szoftveresen kereshetők (pl. ICRP 107):

<https://www.icrp.org/index.asp>

Az UNSCEAR portáljáról elérhetőek mindazok a jelentések, amelyeket közzétettek a '60-as évek óta a sugárvédelem egyes alapvető kérdéseiről:

<https://www.unscear.org/>

Az NCRP, vagyis az Amerikai Egyesült Államok (USA) Nemzeti Sugárvédelmi Bizottságának honlapján elérhetőek e szervezet igen sokrétű, hasznos kézikönyvei és egyéb publikációi: <https://ncrponline.org/>

Az USA néhány tudományos kutatólaboratóriuma közzétesz szoftvereket és egyéb információkat, ilyen például a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratórium (LLNL) és annak terjedésszámításokkal foglalkozó szakosztálya, ahol több ingyenes szoftver is elérhető: <https://narac.llnl.gov/>

Az egyes munkacsoportjai által összeállított szakmai útmutatókat és eredményeket az Amerikai Orvosfizikus Társaság (AAPM) megosztja, illetve tagjainak hozzáférhetővé teszi az ICRU kiadványait is: <https://www.aapm.org/>

A Rad Pro Calculator számos, a sugárvédelemben hasznos nukleáris számítást hajt végre online. A honlapról letölthető a program ingyenes, PC-n, illetve okostelefonon is futtatható verziója is. <http://www.radprocalculator.com/>

Az XRAYBARR program segítséget jelent a röntgenberendezések árnyékolásának méretezésében. A program az NCRP REPORT No. 147 kiadványban ismertetett számításokat használja.

<https://sites.google.com/site/dsimpkinmedicalphysics/home/shielding/xraybarr>

Az ANS (American Nuclear Society) Radiation Dose Calculator on-line program bizonyos, előre meghatározott paraméterek felhasználásával egy személy természetes és mesterséges eredetű éves sugárterhelését számolja ki.

<https://ans.org/pi/resources/dosechart/msv.php>

Az „Oak Ridge Associated Universities Health Physics Historical Instrumentation Museum Collection” virtuális gyűjtőhelyként szolgál és számtalan érdekességet fellelhetünk itt a radioaktivitás és a sugárzás történelméből.

<https://www.ornl.gov/ptp/museumdirectory.htm>

Interaktív oktatási anyagok a képzéskészítésről (képek, animációk) érhetőek el az alábbi honlapon: <http://xrayphysics.com/>

Magyar nyelvű portálok

NNK SSFO, Nemzeti Népegészségügyi Központ, Sugárbiológiai és Sugár-egészségügyi Főosztály: <http://www.osski.hu/> és <https://www.nnk.gov.hu/>

Országos Atomenergia Hivatal: <http://www.oah.hu/>

Magyar Szabványügyi Testület: <https://prod.mszt.hu/hu-hu/>

Országos Gyógyszerészeti és Élelmezés-egészségügyi Intézet (OGYÉI): <https://ogyei.gov.hu/>

Nemzeti Élelmiszer-biztonsági Hivatal: <https://portal.nebih.gov.hu/nyitooldal>

Budapest Főváros Kormányhivatala, Kereskedelmi, Haditechnikai, Exportellenőrzési és Nemesfémhitelesítési főosztály, Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály: <https://mkeh.gov.hu/>

A típusvizsgálaton átesett, hitelesítési engedéllyel rendelkező műszerekről kiadott határozatok a Kormányhivatal ezen oldalán kereshetők:

<https://mkeh.gov.hu/meresugy/engedelyek/eszkozfajtak>

Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság: <https://www.katasztrofavedelem.hu/>

Országos Meteorológiai Szolgálat: <https://www.met.hu/>

Szakmai Kollégium Nukleáris Medicina Tagozata és Tanácsa (NMSZK, útmutatók, ajánlások, állásfoglalások, vizsgálati adatbázis):

<http://www.nmc.dote.hu/nmszk/>

Nemzeti jogszabálytár: <http://www.njt.hu/>

EUR-Lex, EU-s jogszabályok: <https://eur-lex.europa.eu/homepage.html>

Semmelweis Egyetem Sugárvédelmi Szolgálat Sugárvédelmi Füzetek:

<https://semmelweis.hu/sugarvedelem/sugarvedelmi-fuzetek/>

HAZAI ÉS KÜLFÖLDI SUGÁRVÉDELMI ESZKÖZGYÁRTÓK

Hülber Tímea és Petrányi János

Hazai sugárvédelmi eszközgyártók

Ebben a fejezetben gyűjtöttük össze azokat a cégeket, amelyek Magyarországon tudomásunk szerint sugárvédelmi eszközök gyártásával foglalkoznak. A cégeket megkerestük és az általuk elkészített rövid bemutató szöveget közöljük a webcímükkel együtt.

RADOSYS Kft. [1]

A cég 1997 óta foglalkozik sugárzásvédelmi mérőeszközök fejlesztésével és gyártásával, valamint azok értékesítésével. www.radosys.com

Főbb mérőeszközeik és azok alkalmazási területei:

- Szilárdtest nyomdetektor alapú passzív technológiához szükséges mérő detektorok, valamint a kiértékelésükhöz szükséges berendezések (maratókád, automata mikroszkóp) többféle alkalmazásra:
 - Környezeti és lakossági radon sugárzásméréshez
 - Kombinált radon-toron méréshez
 - Személyi gyors neutron sugárzásméréshez.
- Akusztikus buborék detektor neutron sugárzás mérésére:
 - Szinkrotronok neutron sugárzásának monitorozására
- Automata mikronukleusz számláló rendszer:
 - Retrospektív baleseti dózis meghatározásra

GAMMA Zrt. [2]

A több mint 100 éves múltra visszatekintő cég sugárvédelmi monitoring és felderítő műszerek, egyéni védőeszközök, valamint mentesítő rendszerek gyártása mellett kalibrálási, hitelesítési és vizsgálati szolgáltatásokat vállal. www.gammatech.hu

Főbb sugárvédelmi termékek:

- Sugárvédelmi monitoring eszközök

Nukleáris és/ vagy radioaktív anyagokkal, ionizáló sugárzást kibocsátó eszközökkel végzett tevékenységek monitorozására.

- Kézi sugárzásmérő műszerek

Helyszíni, terepi ionizáló sugárzás mérésekhez hiteles dózis-, dózisteljesítmény- illetve felületi szennyezettség-mérők, kézi sugárforrás keresők, izotóp azonosítók.

- Járműfedélzeti sugárfelderítő eszközök

Légi- és gépjárműre szerelhető mérőeszközök, nagy területek gyors ellenőrzésére.

- Szennyezettségmérő műszerek

Ruházaton, testfelületen, környezeti mintákon, tárgyakon megtapadt radioaktív szennyeződéseket érzékelő, minősítő berendezések.

- Személyi dózismérők

Személyek sugárterhelésének ellenőrzésére, megemelkedett sugárzási térbe történő belépés esetén figyelmeztető kisméretű, ruhára csíptethető készülékek.

- Sugárkapuk

Járművek vagy személyek által szállított sugárzó anyagok kiszűrésére szolgáló rendszerek

- Környezeti monitoring állomások

A természetes háttérsugárzást, levegőben lévő radioaktív anyagok aktivitáskoncentrációját és meteorológia paramétereit mérő állomások, és ezek kezeléséhez szükséges adatközpontok.

- Kibocsátás ellenőrző rendszerek

A radioaktív kibocsátással járó technológiák monitorozására szolgáló mérőrendszerek.

- Szcintillációs kristályok és detektorok

Energiaszelektív, nagy érzékenységgű szcintillációs kristályok és ezekből építhető detektorok, kutatás-fejlesztésre, egyedi rendszerek kiépítésére alkalmas eszközök.

- Egyéni és kollektív védőeszközök

Légzésvédelmi eszközök, vegyvédelmi védőruházatok, valamint kollektív védelmi rendszerek.

- Mentésítő rendszerek

Radioaktív és vegyi szennyezések eltávolításához szükséges technikai eszközkészletek.

- Kalibrálás, hitelesítési, vizsgálati szolgáltatások

Sugárzásmérő műszerek kalibrálása, hitelesítést helyettesítő minősítése, radioaktív szennyezések keresése, vizsgálata, behozott vagy postai úton feladott tárgyak, anyagminták laboratóriumi vizsgálata, helyszíni radiológiai mérések elvégzése, ipari területek komplex radiológiai felmérése, radon mérés (emanáció, exhaláció, radonpotenciál, levegőben mérhető radon aktivitáskoncentráció).

Isotoptech Nukleáris és Technológiai Szolgáltató Zrt. [3]

Az Isotoptech 1998-ban kezdte meg működését. A cég fő tevékenységi köre a műszaki kutatás és fejlesztés. Alaptevékenységei közé tartozik az atomerőművek és radioaktív hulladék-tárolók monitoring jellegű ellenőrzése, a létesítmények környezeti hatásainak vizsgálata, szennyeződésterjedési, hidrológiai modellek felállítása és karbantartása. Kutatási tevékenységei főként a kis és közepes aktivitású hulladékok elhelyezésével, a hulladékok gáztermelésével és degradációjával, illetve a hulladéklerakók biztonsági elemzésével kapcsolatos vizsgálatok köré épül. Emellett sugárvédelmi monitoring eszközök gyártásával és mérés szolgáltatással is foglalkozik. www.isotoptech.hu

Főbb sugárvédelmi termékek:

- Sugárvédelmi monitoring és mintavevő eszközök:

- Kombinált radiokarbon-trícium mintavevő egység
- ⁸⁵Kr mintavevő egység
- Levegő monitoring állomás

Online mérés: gamma-dózisteljesítmény, radon koncentráció, páratartalom és hőmérséklet.

Mintavétel a következő laboratórium mérésekhez: aeroszol aktivitás koncentráció, trícium, valamint radiokarbon aktivitáskoncentráció szerves és szervetlen fázisból.

- Radaqua v2.0, vízmintavevő berendezés
- Radaqua v4.0, felszíni vizek monitoringására kifejlesztett berendezés
- Fall out - wash out mintavevő berendezés
- Primerköri vízmintavevő egység
- Primerköri gázmintavevő egység
- Vízminta dózisteljesítmény mérő berendezés
- Gáz monitoring és mintavevő rendszer kis és közepes aktivitású hulladék tároló hordóhoz

Mérés szolgáltatás

- Radiokémiai mérések
 - Alfa-, béta- és gamma-spektrometriai mérések
 - Nehezen mérhető izotópok radiokémiai elválasztása és mérése
- Vízkémiai/elemanalitikai vizsgálatok
- Quadropole tömegspektrometria
- Izotópanalitikai vizsgálatok
 - Gyorsító tömegspektrométer radiokarbon mérésekhez,
 - Nemesgáz tömegspektrometria
 - ICP-MS
 - Stabilizotóparány-mérés

BFKH Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály (MMFF) [4]

A BFKH MMFF Magyarország Nemzeti Metrológiai Intézete. Tevékenységei közé tartozik a tudományos és a törvényes metrológiai feladatok magas szintű ellátása, valamint egyéb, nagy pontosságot igénylő mérések elvégzése. Ionizáló sugárzásokkal a **Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály Sugárfizikai és Kémiai Mérések Osztálya (SKMO)** foglalkozik.

Az MMFF hatósági feladatait a 365/2016 (XI.29.) Korm. rendelet határozza meg.

Fontosabb feladatok:

- **Etalon fenntartás.** Három országos etalon kapcsolódik az ionizáló sugárzásokhoz: A levegőben közölt dózis, a vízben elnyelt dózis és a radioaktivitás primer etalonjai. A BFKH MMFF velük vagy a róluk lezármaztatott etalonokkal történő mérési képességei a BIPM honlapján megtalálhatók www.bipm.org
- **Radioaktív hiteles anyagminták (RHA) készítése.** A Radioaktivitás Országos Etalon fenntartásának elengedhetetlen részét képezik a radioaktív anyagminták. Az etalon által meghatározott radioaktivitás mértékének továbbszármaztatási eszköze. Szolgáltatásként készítésük, forgalmazásuk is az SKMO feladata. A külföldi forgalmazókkal szemben előny a felhasználói igények szem előtt tartása: rugalmas aktivitás értékek, egyedi kivitelezési forma, országos etalonra való visszavezettség. Az RHA-ról további információ a következő linken kérhető: skmo@bfkh.gov.hu

- **Ionizáló sugárzás mérőeszközeinek típusvizsgálata, hitelesítése.** Az 1991. évi XLV. mérésügyről szóló törvény végrehajtási utasítása, a 127/1991 Korm. rendelet felsorolja azokat a mérőeszközöket, amelyek kötelező hitelesítésűek. Ide tartoznak a „**Sugárvédelmi és gyógyászati alkalmazású dózismérők és felületiszenyezettség-mérők, radon-mérő eszközök**” is. A típusvizsgálat célja, hogy megállapítsa, a mérőeszköz eleget tesz-e a rá vonatkozó metrológiai előírásoknak, valamint a gyártó által megadott paramétereknek. Az adott mérőeszközt hitelesíteni csak sikeres típusvizsgálatot követően lehet. A hitelesítés érvényének időtartamát a típusvizsgálat eredménye határozza meg, maximális értéke 2 év. A hitelesítési engedéllyel rendelkező mérőeszközök listája a következő linken található: <https://mkeh.gov.hu/meresugy/engedelyek/eszkozfajtak>
- **Nemzetközi képviselet.** Az MMFF látja el Magyarország képviseletét a nemzetközi metrológiai fórumokon. Ionizáló sugárzások esetében ilyen fórumok a **BIPM CCRI** (Ionizáló Sugárzások Tanácsadó Bizottság), és az **EURAMET TC-IR** (Ionizáló Sugárzások Technikai Bizottság) www.euramet.org.

Az SKMO részt vesz az EURAMET-EU EMPIR programjának projektjeiben, nemzetközi összehasonlító mérésekben, valamint kalibrálja a kórházak és egészségügyi intézmények aknás ionizációs kamráit, engedélyezi, felügyeli és ellenőrzi az MVM Paksi Atomerőmű Metrológiai Laboratóriumának hitelesítést helyettesítő minősítői tevékenységét.

IZOTÓP INTÉZET Kft. [5]

Az Izotóp Intézet Kft. 1993-ban alakult, míg jogelődje 1959-ben Izotóp Intézet néven. A cég radioaktív izotópok és egyéb termékek kutatásával, fejlesztésével és gyártásával foglalkozik, melyeket széles körben alkalmaznak, főként az egészségügy, a kutatás és az ipar területén. A Sugártechnika üzletága ezenkívül ipari, kutatási célú és kalibráló besugárzókat, valamint egyéb sugárvédelmi eszközöket kínál megrendelőinek. <http://www.izotop.hu>

A Sugártechnika üzletág főbb termékei:

- Besugárzó berendezések gyártása és szervizelése:
 - ipari: élelmiszer besugárzás, orvosi eszközök sterilizálása
 - kutatási célú: öregedés vizsgálatok, orvosi eszközök sterilizálása
 - kalibráló: doziméterek kalibrálása, mérőeszközök vizsgálata és ellenőrzése
 - dózistérkép készítése
 - a besugárzó berendezésekhez szükséges, jogszabályi előírásoknak megfelelő infrastrukturális és sugárvédelmi rendszerek tervezése, kiépítése
- Sugárvédelmi berendezések és eszközök gyártása:
 - radioaktív anyag szállítására alkalmas tároló és szállító konténerek (A és B(U) típusú)

- forrófűlkék és trezorok
- sugárvédelmi ajtók és falak tervezése és gyártása
- Kézi sugárásmérő műszerek:
 - ionizáló sugárzás mérésére alkalmas hitelesíthető dózisteljesítmény mérő gyártása
- A sugárzás hatásának vizsgálata speciális körülmények között:
 - minták besugárzása
 - morfológiai vizsgálatok
 - öregedésvizsgálatok
 - fizikai paraméterek vizsgálata
- Radioaktív anyagok és hulladékok szállítása saját konténereinkkel és autóinkkal, valamint radioaktív hulladékok kondicionálása, felkészítése végleges elhelyezéshez

RADCHEM Kft. [6]

Ionizáló sugárzás biztonságos alkalmazásához kínál megoldásokat.

www.radchem.hu

Főbb szolgáltatások

- Radioaktív anyag kereskedelme
- Radioaktív anyag gyártására, kezelésére szolgáló létesítmények teljeskörű tervezése, valamint a kapcsolódó technológia fejlesztése
- A tevékenység engedélyezéséhez szükséges szakértelem biztosítása
- Sugárhatáskémiai technológia fejlesztések
- Szerviz biztosítása

Főbb termékek

- Béta- és gamma-sugárzó izotópokat, illetve röntgensugárzást alkalmazó berendezések
 - Ipari besugárzók
 - Metrológia célú hitelesítő, kalibráló rendszerek
 - Kutatási célú berendezések
- Egyedi dekontamináló állomások. Nukleáris és nem-nukleáris alkalmazásból származó hulladékok kezelésére szolgáló egyedi berendezések
- Radioaktív anyagok kezeléséhez és tárolásához szükséges eszközök tervezése és gyártása (konténerek, manipulációs eszközök stb.)
- Ipari izotópos és röntgen mérőrendszerek (csomagvizsgálók, szintjelzők, sűrűségmérők)
- Sugárvédelmi rendszerek
- Egyedi vezérlő és adatgyűjtő rendszerek gyártása

Külföldi sugárvédelmi eszközgyártók [7-13]

Ebben a fejezetben azokat a külföldi sugárvédelmi eszközgyártókat ismertetjük, amelyek kiállítottak valamely európai regionális vagy nemzetközi IRPA, vagy WNE kongresszuson az elmúlt 10 évben, rendelkeznek élő weboldallal, valamint a

weboldalukon szerepel, hogy foglalkoznak sugárvédelmi eszközgyártással. Mivel több cégnek is széles termékkínálata van és nem kerestük meg a cégeket, hogy mely csoportba szeretnének kerülni, ezért a cégek csoportosítása nem történt meg.

Adelaide Convention Centre <https://www.adelaidecc.com.au/>

AMT-SYBEX <https://www.amt-sybex.com/>

ARPS / IRPA 2028 <http://www.arps.org.au>

Atkins <https://www.atkinsglobal.com/en-GB>

ATOMTEX <https://atomtex.com/>

Automess Gmbh <https://www.automess.de/>

Baltic Scientific Instruments <http://bsi.lv/en/>

Becquerel & Sievert Co., Ltd. <http://www.bqsv.com>

Berthold Technologies GmbH & Co. KG <https://www.berthold.com/en/>

Bertin & Kyongshin <http://www.bertin-instruments.com>

BRIGHTSPEC <https://www.brightspec.be/>

BSI - BALTIC SCIENTIFIC INSTRUMENTS <http://www.bsi.lv>

CAENsys <http://www.caensys.com>

CHIYODA TECHNOL CORPORATION <http://www.c-technol.co.jp/eng>

CM Nuclear Systems CC <http://www.cmuclear.co.za/>

Croft Associates Ltd <http://www.croftltd.com/>

Doseco Oy <https://www.doseco.fi/>

DOSEXPART <http://www.dosimetrie-expert.com>

Dosimetries <http://www.dosimetries.de/>

Eckert & Ziegler Isotope Products <http://www.ezag.com>

Else Nuclear <http://www.elsenuclear.com/en/>

EnergySolutions EU Ltd <http://www.energysolutions.com/>

ENVINET GmbH <http://www.envinet.com>

F&J SPECIALTY PRODUCTS, INC. <http://www.fjspecialty.com>

Facilia AB <https://www.ecolego.se/>

Forma Bohemia Ltd <https://www.foma.cz/en>

GammaData Finkand Oy <https://www.gammadata.se/fi/etusivu/>

GEMINI TECHNOLOGY <http://www.geminitechnologyltd.com/>

Georadis s.r.o <http://www.georadis.com/cs>

GnG Radiation Consulting Co., Ltd <http://www.gngradcon.co.kr>

GIHMM GMBH <https://www.gihmm.at/>
GRAETZ Strahlungsmeßtechnik GmbH <http://www.graetz.com/>
Hanil Nuclear <http://www.hanilnuclear.co.kr>
H3D-CGITEC <https://cgitec.com/>
HeBei YuHe Technology Co., Ltd <http://www.hebeiyuhe.cn>
Helmholtz Zentrum München
<https://www.helmholtz-muenchen.de/ueber-uns/service/kontakt/index.html>
Hidex Oy <https://hidex.com/>
Hopewell Designs, Inc. <https://www.hopewelldesigns.com/>
IDB Holland <https://www.idb-holland.com/>
IRSN <https://www.irsn.fr/FR/Pages/Home.aspx>
James Fisher Nuclear <https://www.jfnl.co.uk/>
John Caunt Scientific <http://www.johncaunt.com>
KeeplyShields <https://www.keeply.com/>
KIRAMS <http://www.kirams.re.kr>
KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER <http://www.khnp.co.kr>
Kromek <https://www.kromek.com/>
Lab Impex Systems <https://www.ultra.group/>
LabLogic Systems Ltd and Southern Scientific Ltd <https://lablogic.com/>
LANDAUER <https://www.landauer.com/dosimeter-badges>
LANDAUER Europe <https://www.landauer.eu/>
LAONURI <http://www.laonuri.com>
LUDLUM Measurements, Inc. <http://ludlums.com>
Mecosa <https://www.mecosa.co.za/>
Mirion Technologies <http://www.mirion.com>
NATS, Inc. <https://www.nats-usa.org/>
NRG <https://www.nrg.eu/>
Nucare Inc. <http://www.nucaremed.com>
Nuclear Power Outfitters (Eichrom Technologies LLC) <https://www.eichrom.com/>
NUVIA nuviatech-instruments.com
ORTEC (Advanced Measurement Technology) www.ortec-online.com
Panasonic Dosimetry <https://eu.industrial.panasonic.com/>
POLIMASTER <http://www.polimaster.com>

Premium Analyse <http://www.premium-analyse.com/en/>
 PTW <http://www.ptw.de>
 RADECO INC. <http://www.radecoinc.com>
 Radiation Detection Company www.radetco.com
 RADOSYS Kft <http://www.radosys.com>
 RADPRO INTERNATIONAL GmbH <http://www.radpro-int.com>
 RITVERC JSC <http://www.ritverc.com>
 Rolls-Royce www.rolls-royce.com/nuclear
 S&W Technologies Inc <http://swtechnologies.com/>
 SARAD GmbH <https://www.sarad.de/>
 Scientific Technical Centre RADEK Ltd <https://www.southernscientific.co.uk/>
 SDEC <https://www.sdec-france.com/>
 SI Detection <http://www.sidetection.com>
 Southern Scientific <https://www.southernscientific.co.uk/>
 Thermo Fisher Scientific <http://www.thermofisher.com>
 Tracerco <http://www.tracerco.com/monitors>
 UniTech Services Group, Inc www.UniTechUS.com
 Versant Medical Physics and Radiation Safety <http://www.versantphysics.com>
 VF Nuclear <https://www.vf.eu/en/>
 Wardray Premise Ltd www.wardray-premise.com
 WINS (World Institute for Nuclear Security) www.wins.org

Forrásmunkák

- [1] Hülber, T. (2020.06.02). RADOSYS Méréstechnikai Kereskedelmi és Szolgáltató Korlátolt Felelősségű Társaság tájékoztatója alapján.
- [2] Ádám, B., & Petrányi, J. (2020.05.22). GAMMA Műszaki Zártkörű Részvénytársaság tájékoztatása alapján.
- [3] Rinyu, L. (2020.05.26). Isotoptech Nukleáris és Technológiai Szolgáltató Zrt. tájékoztatása alapján.
- [4] Szűcs, L. (2020.05.26). BFKH Metrológiai és Műszaki Felügyeleti Főosztály (MMFF) tájékoztatása alapján.
- [5] Mohácsi, Z. (2020.05.27). IZOTÓP INTÉZET Kft. tájékoztatása alapján.
- [6] Pálfi, T. (2020.05.26). RADCHEM Kft. tájékoztatása alapján.
- [7] Dutch Society for Radiation Protection (NVS). (2020. 06 02). 5th European

- IRPA Congress. Forrás: <https://irpa2018europe.com/exhibitors/>
- [8] Fifth European IRPA Congress. (2018). Letöltés dátuma: 2020. 06 08, forrás: <https://irpa2018europe.com/exhibitors/>
- [9] German-Swiss Radiation Protection Association (FS). (2014). Fourth European IRPA Congress. Letöltés dátuma: 2020. 06 08, forrás: <https://web.archive.org/web/20150603122034/http://www.irpa2014europe.com/exhibition-sponsoring/>
- [10] Nordic Society for Radiation Protection. (2010). Third European IRPA Congress. Forrás: http://www.irpa2010europe.com/pdfs/Programme_-_Third_European_IRPA_Congress_2010.pdf
- [11] South African Radiation Protection Association (SARPA). (2016). 4th Congress of the International Radiation Protection Association. Letöltés dátuma: 2020. 06 08, forrás: <https://web.archive.org/web/20170724085511/http://www.irpa2016capetown.org.za/Exhibition/StandSOLD.asp>
- [12] The Society for Radiological Protection (SRP). (2013). 13th International Congress of the International Radiation Protection Association. Letöltés dátuma: 2020. 06 08, forrás: <http://www.irpa.net/members/IRPA13-final-programme.pdf>
- [13] World Nuclear Exhibition (WNE) 3rd edition, June 26-28, 2018 Paris https://www.world-nuclear-exhibition.com/content/dam/sitebuilder/ref/wne/pdf/WNE2018_e-catalogue.pdf



UNIVERZÁLIS MÉRŐESZKÖZ



HÁT AMI AZT ILLETI ... EZ A
(PASSZÍV DETEKTOR ELÉG GÉ AKTÍV !)



ÍME MR. HOLMES !
Ő AZ ÚJ NYOMDETEKTORUNK !

