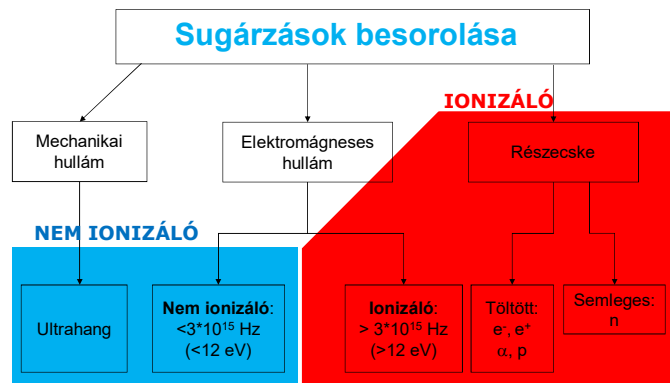


DÓZISKORLÁTOK RENDSZERE



Orvosi Képző Intézet
Nukleáris Medicina Tanszék

Varga József
2023



Varga J. 2023

Dóziskorlátok

2

A sugárvédelem alapelvei – ICRP (International Consortium for Radiation Protection)

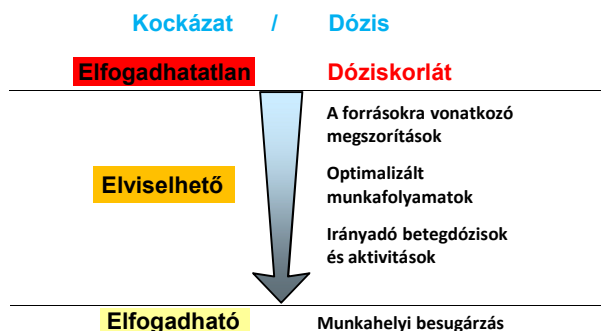
- Indokoltság:**
a sugárhatás járjon együtt valamilyen belőle származó haszonnal
- Optimalizálás:**
a haszon legyen nagyobb a kockázatnál
„ALARA” = As Low As Reasonably Achievable”
- Korlátozás:**
az egyéni dózis nem haladhatja meg az előre meghatározott, a körülményeknek megfelelő törvényes korlátot.

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

3

A védelem optimalizálása



Varga J. 2023

Dóziskorlátok

4

ALARA

= „As Low As **Reasonably** Achievable”

Egy filozófia, hogy a személyzeti sugárterhelést és a radioaktív anyagok kibocsátását a környezetbe **jóval az alkalmazási határértékek alatt** kell tartani.

Módszerek:

- jó sugárvédelmi terv készítése
- oktatás
- adminisztratív ellenőrzés
- biztonságos laboratóriumi gyakorlat

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

5

A szabályozás szintjei

A sugárveszéllyel járó tevékenység szabályozása a magyar jogrendszerben négy szinten történik:

- törvény
- rendeletek
- szabványok
- munkahelyi sugárvédelmi szabályzat

Törvény: 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról

A szabályozás alapja, mely az atomenergia mindenféle békés célú felhasználására vonatkozik. (Módosult: 2023.01.01.)

Az EU Tanácsa 2013/59/EURATOM irányelve

Az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások (2013.12.05.)

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

6

1. Közvetlenül ránk vonatkozó rendeletek:

2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet: az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (2022.05.01.)

487/2015. (XII. 30.) Kormányrendelet

21/2018. (VII. 9.) EMMI rendelet: az egészségügyi szolgáltatások nyújtása során ionizáló sugárzásnak nem munkaköri kötelezettségük keretében kitétt személyek egészsége védelmének szabályairól (módosult: 2021.01.01)

190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet: az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről (módosult: 2022.07.01.)

16/2000 EüM rendelet: 2016-tól már csak az Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálatról és sugársérültek ellátásáról (módosult: 2023.01.01)

33/1998. (VI. 24.) NM rendelet: a munkaköri, szakmai, illetve személyi higiénés alkalmasság orvosi vizsgálatáról és véleményezéséről (módosult: 2023.01.01)

(2) Izotópos Munkavédelmi Szabályzat (OSSKI, 2011):

http://www.nmc.dote.hu/mont/docs/IzotoposMunkavedelmiSzabalyzat_OSSKI_MU_2011.doc

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

7

A 2/2022 OAH rend. mellékletei

(korábban 487/2015 Korm.)

1	Radionuklidok általános és specifikus mentességi aktivitás-koncentrációja, valamint specifikus mentességi aktivitása
2	Az értelmező rendelkezésekhez tartozó képletek
3	Sugárzási és testszöveti súlytényezők
4	Sugárvédelmi képzések és továbbképzések tematikája
5	Ionizáló sugárzást létrehozó berendezések sugárvédelmi besorolása
6	Sugárvédelmi szempontból ellenőrizendő építőanyagok
7	A Sugárvédelmi Leírás tartalmi követelményei + adatlapok
8	A Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat tartalmi követelményei
9	Sugárvédelmi szakértői tevékenység feltételei
10	Elemzés radioaktív anyag alkalmazásának befejezésekor
11	Adatlap ionizáló sugárzást létrehozó berendezések regisztrálásához
12	Radioaktív hulladékok osztályozása

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

8

Egyéb vonatkozó rendeletek

- 508/2020. (XI.18.) Korm. rendelet:** Veszélyes áruk nemzetközi közúti szállításáról szóló megállapodás (ADR) (módosult: 2021.01.01)
- 387/2021. (VI. 30.) Korm. rendelet:** az Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló megállapodás „A” és „B” melléklete belföldi alkalmazásáról (2021.07.01)
- 51/2013. (IX. 6.) NFM rendelet:** a radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról (módosult: 2023.01.01)
- 65/1999. (XII. 22.) EüM rendelet:** a munkavállalók munkahelyen történő egyéni védőeszköz használatának minimális biztonsági és egészségvédelmi követelményeiről (módosult: 2023.01.01)
- 15/2001. KöM rendelet:** az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről (módosult: 2017.01.01)
- 489/2015. (XII. 30.) Korm. Rendelet:** a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről (módosult: 2022.07.01)

Szabványok

A szabványok az Európai Unióban nem minősülnek kötelező jogszabálynak. A nemzeti szabvány alkalmazása önkéntes, kivéve, ha jogszabály kötelezően alkalmazandónak nyilvánítja.

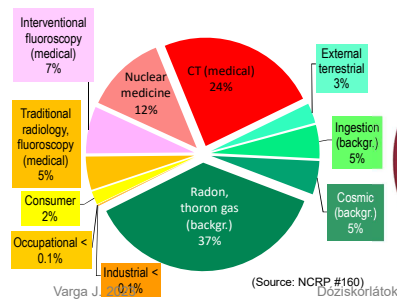
Ennek megfelelően a sugárvédelemre vonatkozó magyar szabványok, elsősorban az MSZ 62, „Ionizáló sugárzás elleni védelem” című szabványcsoport (melynek 1-7. fejezete először 1989 és 1999 között jelent meg) is olyan **ajánlásnak tekintendő**, amelynek alkalmazása esetén a jogszabályi előírások teljesülnek.

Általános sugárvédelmi szabványok

Szám	Szabványcím
MSZ 62	Ionizáló sugárzás elleni védelem
MSZ 62-1:1989	Általános előírások
MSZ 62-2:2017	A foton- és elektronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-3:2017	A neutronsugárzás elleni védelem
MSZ 62-4:2017	Sugárvédelem nagy aktivitású gamma-távbesugárzó berendezések és orvosi lineáris gyorsítók alkalmazásakor
MSZ 62-5:1994	Sugárvédelmi előírások zárt radioaktív sugárforrások mérés-technikai és automatizálási célú alkalmazásakor
MSZ 62-6:1999	Sugárvédelmi előírások a zárt sugárforrások közelterápiás felhasználásakor (brachy-terápia)
MSZ 62-7:2017	Sugárvédelem nyitott radioaktív anyagok alkalmazásakor
MSZ EN ISO 361:2016	Az ionizáló sugárzás alapvető szimbóluma (ISO 361:1975)

Dózis (mSv)	Háttér	Orvosi	CT	NM
USA (2006)	3.2	3.0	1.47	0.77
UK (2010)	2.3	0.44	0.27	0.03
Magyaró.	3.1			

A kollektív effektív dózis forrásai, USA 2006



Fizikai dózisfogalmak

- Elyelt dózis: $D = \frac{dE}{dm}$; $[D] = 1 \text{ gray (Gy)} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
- (Elyelt) dózisteljesítmény: $D' = \frac{dD}{dt}$; $[D'] = 1 \frac{\text{Gy}}{\text{s}} = 1 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{s}}$
a gyakorlatban: $\mu\text{Gy/h}$ (mGy/h)
- Háttérsugárzás intenzitása Mo-on: $< 0.1 \mu\text{Gy/h}$
 $365 \text{ nap} \cdot 24 \frac{\text{h}}{\text{nap}} \cdot 0.09 \frac{\mu\text{Gy}}{\text{h}} = 0.79 \text{ mGy}$
- Természetes eredetű éves lakossági dózis Mo-on: **3.1 mSv**

Dózisfogalmak

Dózisfajta	Definíció	Képlet	Egység
Elyelt dózis	elyelt energia tömegegységenként	$D = \frac{dE}{dm}$	1 gray (Gy) = $1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
Dózisintenzitás	időegységenkénti dózis	$D' = \frac{dD}{dt}$	$\mu\text{Gy/h}$; mGy/h
Egyenértékűdózis (szervekenként)	röntgen/gamma dózis azonos biológiai hatással	$H_T = D_{T,R} \cdot W_R$	1 sievert (Sv) = $1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$
Effektív dózis (egész testre)	összegzés a szervek sugárérzékenységeivel súlyozva	$E_{eff} = \sum_T w_T \cdot H_T$	1 sievert (Sv) = $1 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

szöveti súlytényező w_T sugárzási súlytényező W_R

Dózisok összegzése

Mértékegység: 1 Sv = 1 J/kg

$$H_T = \sum_R H_{T,R} = \sum_R D_{T,R} \cdot W_R$$

$$E_{eff} = \sum_T w_T \cdot H_T$$

Sugárzási súlytényezők (w_R)

$\beta, \gamma, \text{röntgen}$	1
n	5-20
p	2
α	20

Szöveti súlytényezők (w_T)

Csontvelő (vörös), emlő, vastagbél, tüdő, gyomor	0,12
Ivszervek	0,08
Hólyag, emlő, máj, nyelőcső, pajzsmirigy	0,04
Bőr, csontfelszín, ideg	0,01
Maradék (minden más)	0,12

* ICRP 103, 2007

Egységes mérőszám: Effektív dózis

a) Külső sugárzás:

Egyenértékű-dózis:

$$H_{T,R} = D_{T,R} \cdot W_R$$

W_R : sugárzási súlytényező

Effektív dózis:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T$$

w_T : szöveti súlytényező

LET-érték és minőségi tényező összefüggése

LET érték (keV/um)	w_R
3.5-7	1
7-23	1-2
23-53	5-10
53-175	10-20

b) Belső (szervezetbe bekerült radioizotóptól származó) sugárzás:

Lekötött egyenértékű dózis:

$$H_T(\tau) = \int_0^{\tau} H'_T(t) dt$$

Lekötött effektív dózis:

$$E(\tau) = \sum_T w_T \cdot H_T(\tau)$$

Mire használatos az effektív dózis?

- a sugárvédelmi **dóziskorlátok** elsődleges mennyisége
 - a várható dózis értékelésére, optimalizálására és a szabályok betartásának ellenőrzésére
- a **kockázat** közelítő megítélése
- az **alacsony dózisu besugárzások** (és kockázatok) egyszerű **összegzése**
 - a test és szövetek inhomogén besugárzásakor
 - kevert sugárzási típusokra
 - belső és külső sugárforrásokra
 - különböző időbeli eloszlásokra (dózisintenzitás, frakcionálás)

Az effektív dózis nem használható:

- az egyéni dózisek és kockázatok pontos visszamenőleges értékelésére
- betegség-elterjedési vizsgálatokra
- a hatás valószínűségének megállapítására a besugárzott személyekben

(ICRP ajánlás, 2007)

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

17

Kik sugárvédelme?

- Dolgozók: dóziskorlátok alkalmazása (20 mSv/év)**
 - determinisztikus** hatás kiküszöbölése
 - sztochasztikus** hatások: ne haladják meg más foglalkozási ágak társadalmilag elfogadott kockázatát.
 - „A” besorolás: személyi doziméter
- Betegek: nincs dóziskorlát!**
 - irányadó** dózis- (radiológia) és **aktivitásszintek** (nukl. med.)
 - „ALARA”**: „as low as reasonably achievable”
 - diagnosztikánál: dózisbecslés átlagos paraméterekkel
 - terápiánál: személyre szabott dozimetria
- Lakosság: dóziskorlátok alkalmazása (1 mSv/év)**
 - kísérők** (váróterem kialakítása)
 - tömegközlekedési eszközök használata
 - izotópterápiát kapott betegek családtagjai
 - magzat**



Varga J. 2023

Dóziskorlátok

18

Éves dóziskorlátok

Terület	Dolgozók	Tanulók >16 év	Lakosság
Effektív dózis	20 mSv	6 mSv	1 mSv
Bőr*, kéz egyenértékű dózis	500 mSv	150 mSv	50 mSv
Szem egyenértékű dózis	20 mSv	15 mSv	15 mSv

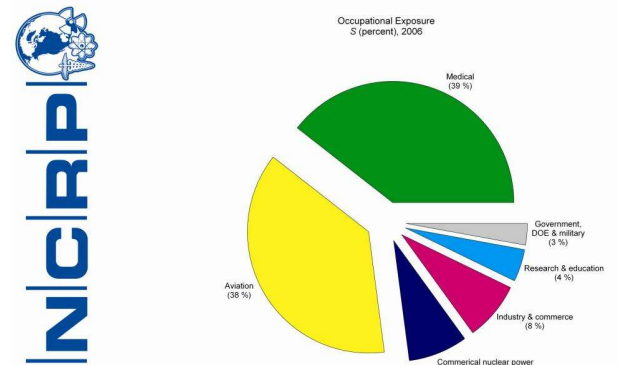
*a bőrfelület tetszőleges 1 cm²-ére számított átlag

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

19

Population Dose (person-Sv) from Occupational Exposure



Varga J. 2023

Dóziskorlátok

20

Dolgozók besorolása

2/2022 OAH Rendelet

„A”: ha a várható foglalkozási dózis meghaladhatja a 6 mSv/évet
 ⇒ **személyi dozimetria** szükséges (termolumineszcens; film)



„B” sugárveszélyes munka, 6 mSv/év alatti várható dózissal

Közvetlenül leolvasható (elektronikus) doziméter:
 ha egy **helyiségben** egy periódus (2 hó) alatt a foglalkozási dózis meghaladhatja a 6 mSv-et

Kritikus pontok

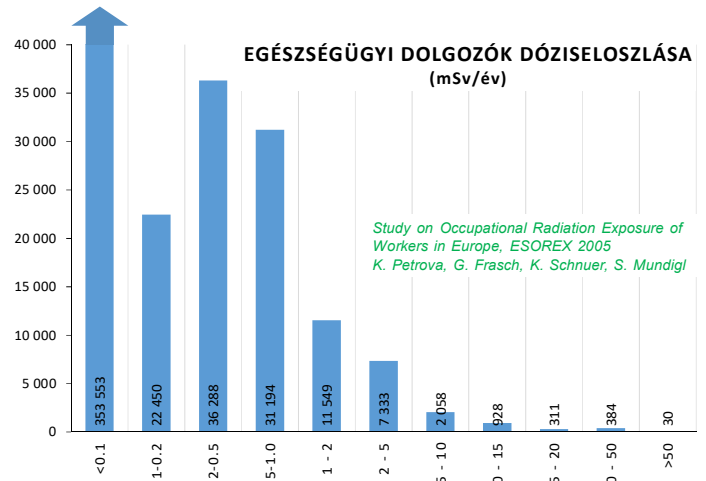
- a kedvezményiek megvonásától félve a „B” besorolás a reálisnál ritkább,
- a személyi dozimetria költségei és „in vitro” laborban gyakori értelmetlensége ellenére

Természetes háttérsugárzás dózisa: 2.4 mSv/év (világszerte)

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

21



Varga J. 2023

Dóziskorlátok

22

1 / 1 000 000 halálozási kockázat:

0.1 mSv sugárzás = 1-3 hét „in vivo” izotóplaborban vagy 1 hónap röntgen-munkahelyen végzett munka kockázata (rákos megbetegedésre) egyenlő:

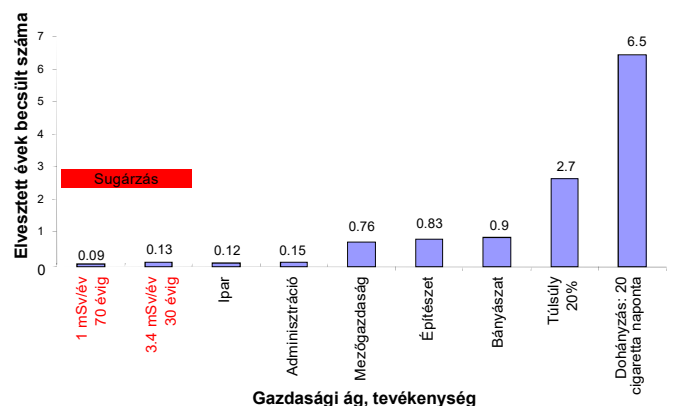
- 1.4 cigaretta elszívása (tüdőrák)
- 40 evőkanálogyoróvaj elfogyasztása (májrák)
- 2 nap eltöltése New York Cityben (légszennyeződés)
- 64 km autózés (baleset)
- 4000 km repülőgépen (baleset)
- 6 perc kenuzás (baleset)

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

23

Becsült élettartam-rövidülés



Varga J. 2023

Dóziskorlátok

24

Munkahelyi intézkedési szintek

Egy mérési időszakban (2 hó) mért dózisa:

- Munkahelyi kivizsgálás: > 2 mSv
 - Hatósági (OAH) ellenőrzés: > 6 mSv
vagy > szervdózis-korlát 3/10-e
szem: >6 mSv
kéz (bőr): >150 mSv
- vagy > évi 20 mSv

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

25

Vészhelyzeti dóziskorlátok

Vészhelyzet, balesetelhárítás:	50 mSv
A népesség jelentős sugárterhelésének megakadályozása:	100 mSv
Életmentés:	250 mSv

Mikor lépnek életbe lakossági vészhelyzeti intézkedések?

Ha a legfeljebb 2 nap alatti előre jelzett sugárterhelés:

- egésztetben vagy a csontvelőben: >1 Gy
- szemlencsében: >2 Gy
- bőrben vagy ivarmirigyekben: >3 Gy
- pajzsmirigyben: >5 Gy
- tüdőben: >6 Gy

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

26

Ellenőrzés

Személyi

effektív dózis, kéz, szem dózis
testfelület, ruházat szennyeződése



Munkahelyi

külső sugárzás dózisintenzitása;
szennyeződés

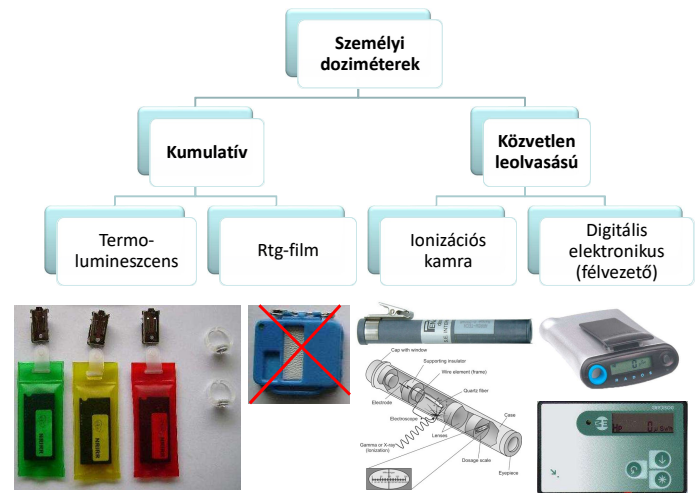


Varga J. 2023

Dóziskorlátok

27

Személyi doziméterek



Varga J. 2023

Dóziskorlátok

28

Kéz- és szemdózis mérése

- A beavatkozást végző / segítő személy keze a nyálbél útjában vagy közelében nagy dózist kaphat.
- Ezt méri a **gyűrűdoziméter** (TLD).
- A szemlencse különösen sugárérzékenynek bizonyult
- A szemdózis foglalkoztatási korlátját 150 mSv-ről 20 mSv-re csökkentették (2007)



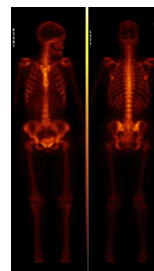
Személyi és tárgyi

Varga J. 2023

29

Mitől védjük a betegeket?

Szükségtelen vizsgálat, kezelés	indokoltság
Szükségtelen mértékű sugárterhelés irányadó diagnosztikai dózis- és aktivitásszintek	optimalizálás
Nem megfelelő minőségű vizsgálat, mely hibás vagy hiányos leletet eredményez	optimalizálás



Módszerek a nem vizsgálandó szervek radiofarmakon-felvételének blokkolására és a kiürülés gyorsítására, ahol lehet:

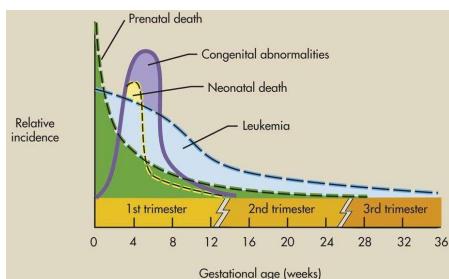
- A pajzsmirigy-felvétel blokkolása
- Itatás és gyakori hólyagürítés
- Hashajtók
- Cholecystokinin (zsíros étel) az epehólyag ürítésére

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

30

Sugárérzékenység korai terhességben



Determinisztikus hatások küszöbdózisa	100 - 200 mSv
Szellemi visszamaradottság	40 %/Sv
Rák, leukemia 10 éves korig: a teljes élettartam alatt:	2 %/Sv 15 %/Sv
Örökletes (genetikai) hatások	1 %/Sv

Dóziskorlát a magzatra: 1 mSv a terhesség teljes időtartama alatt

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

31

Függelék: Sugárvédelmi szervezetek

ORGANIZATION	WEB SITE
International Commission on Radiological Units and Measurements (ICRU)	www.icru.org
International Commission on Radiological Protection (ICRP)	www.icrp.org
National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP)	www.ncrp.com
U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)	www.nrc.gov
U.S. Environmental Protection Agency (EPA)	www.epa.gov
U.S. Food and Drug Administration (FDA)	www.fda.gov
U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA)	www.osha.gov
American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology (AAOMR)	www.aaomr.org
American Dental Association (ADA)	www.ada.org

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

32

Függelék: Nemzetközi sugárvédelmi szabványok

Szám	Szabványcím
MSZ EN ISO 15382:2018	Sugárvédelem. Eljárások a szemlencse, a bőr és a végtagok dózisének ellenőrzésére (ISO 15382:2015)
MSZ EN ISO 16637:2019	Sugárvédelem. Nyitott sugárforrásból származó, orvosi célú radionuklidoknak kitett személyzet megfigyelése és belső dozimetriája (ISO 16637:2016)
MSZ EN ISO 16645:2019	Sugárvédelem. Gyógyászati elektronyorsítók. Az árnyékolás tervezésére és értékelésére vonatkozó követelmények és ajánlások (ISO 16645:2016)
MSZ EN ISO 20553:2018	Sugárvédelem. Foglalkozásuknál fogva sugárterhelésnek kitett munkavállalók folyamatos ellenőrzése radioaktív anyagokkal való belső szennyezettség esetén (ISO 20553:2006)
MSZ EN ISO 2919:2015	Sugárvédelem. Zárt radioaktív sugárforrások. Általános követelmények és osztályozás (ISO 2919:2012)
MSZ ISO 9978:2020	Sugárvédelem. Zárt sugárforrások. Zártságvizsgálati módszerek

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

33

Függelék: Klinikai vonatkozású dozimetriai szabványok

Szám	Szabványcím
MSZ 14341:2017	Külső röntgen- és gamma-sugárzások dozimetriája
MSZ EN ISO 4037 1-4:2021	Sugárvédelem. Referencia-röntgensugárzások és referencia-gamma-sugárzások dózismérők és dózisteljesítmény-mérők kalibrálásához, valamint válaszfüggvényük meghatározása a fotonenergia függvényében.
MSZ EN 62387:2016	Sugárvédelmi mérőműszerek. Foton- és béta-sugárzás egyéni, munkahelyi és környezeti monitorozásának passzív integráló dozimetriai rendszerei (IEC 62387:2012, módosítva)
MSZ EN ISO 16637:2019	Sugárvédelem. Nyitott sugárforrásból származó, orvosi célú radionuklidoknak kitett személyzet megfigyelése és belső dozimetriája (ISO 16637:2016)
MSZ EN ISO 28057:2021	Klinikai dozimetria. Foton- és elektronsugárzások dozimetriája szilárd termolumineszcens detektorokkal a sugárterápiában (ISO 28057:2019)

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

34

Függelék: Egyéb sugárvédelmi szabványok

MSZ 824:2017	Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken
MSZ 836:2017	Sugárzás elleni védelem röntgenberendezést és/vagy gamma-sugárforrást alkalmazó ipari radiográfiai munkahelyeken
MSZ EN 61331-1,2,3:2015	Gyógyászati diagnosztikai röntgensugárzás elleni védőeszközök.
MSZ EN 421:2010	Védőkesztyűk ionizáló sugárzás és radioaktív szennyezés ellen
MSZ EN 60846-1,2:2015 MSZ EN IEC 62327:2020 MSZ EN 61005:2017	Sugárvédelmi mérőműszerek
MSZ EN 61098:2008 MSZ EN 61526:2013 MSZ EN 62327:2011 MSZ EN 62363:2011	Sugárvédelmi műszerek
MSZ EN 61582:2006	Sugárvédelmi műszerek. In vivo számlálók.

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

35

Függelék: Műszerekre vonatkozó további angol nyelvű magyar szabványok

MSZ EN 16016-1:2012	Roncsolásmentes vizsgálatok. Besugárzásos eljárások. Számítógépes tomográfia.
MSZ EN 60325:2005	Sugárvédelmi mérőműszerek. Alfa-, béta- és alfa/béta (béta-energia > 60 keV) szennyezettségmérők és monitorok (IEC 60325:2002, módosítva)
MSZ EN 60627:2015	Diagnosztikai röntgenképkalkotó berendezések. Általános célú és mammográfias, szőtt sugárzás elleni rácsok jellemző adatai (IEC 60627:2013)
MSZ EN 60846:2005	Sugárvédelmi mérőműszerek. A röntgen-, a béta- és a gamma-sugárzás környezeti és/vagy irány szerinti dózisegységértékét (egyenértékű dózisteljesítményét) mérő műszerek és/vagy monitorok (IEC 60846:2002, módosítva)

Varga J. 2023

Dóziskorlátok

36