

Bővített fokozatú sugárvédelmi tanfolyam Semmelweis Egyetem

Sugárvédelmi és sugárbiológiai ismeretek :

A természetes és mesterséges sugárterhelés forrásai.

Külső és belső sugárterhelés.

Egészségügyi hatások megjelenési módjai és ellenük való védekezés lehetőségei.

A sugárvédelem célja, alapelvei.

DOZIMETRIA: dózisfogalmak, dózisszámítások

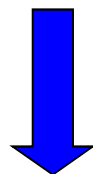
Taba Gabriella, SE Sugárvédelmi Szolgálat

2025

Miért kellenek dozimetriai fogalmak?

A dozimetria célja, feladata

- Jelen sugárzási viszonyok (dózis)



Időtartam:

napok, hetek, évek telhetnek el míg az ártalom jelentkezik

- **Ártalom, kockázat**

Mivel a dózis fogalmakkal jellemezzük az ártalom kialakulását ezért a legfontosabb megelőzés a jelenlegi sugárzási viszonyok jellemzése és mérése és a megtett védekezési intézkedések.

Fontos feladat: dózisviszonyok meghatározása jelenleg az ember, az élővilág környezetében, azért hogy szükség esetén **védekezéssel csökkentsük a dóziszárulékot**, hogy ne alakuljon ki **elfogadhatatlan káros következmény**.

A sugárvédelem célja, alapelvei: a dózisok lehető legkisebben kell tartani úgy hogy az a társadalom részére még elfogadható legyen. LARA elv betartása. Mikrodózisok kizárása.(10mikro Sv)

Semmelweis Egyetem 1964

- 1964 és 1972 között a Budapesti Orvostudományi Egyetem Orvosi Fizikai Intézetének (ma SE Biofizikai és Sugárbiológiai Intézet) munkatársa volt, ahol a kísérleti munka mellett a számítástechnikai alkalmazásokkal támogatta az orvostudományt. Később 1972 és 1982 között az Egyetem Számítóközpontjában dolgozott.
- A Biofizikai Intézetben először kísérleti munkákat (izotópos többes-jelzés, a vas és réz anyagcsere vizsgálatok, kisállatok vénázása, később izotópos placentográfiát) Megismerkedett a számítástechnika orvosi alkalmazásaival, a biometriával, majd az anyagcsere folyamatok (izotópkinetika, gyógyszer kinetika) modellezésével, kompartment analízissel foglalkozott
- 1970-1982 között részt vett az Számítógépes Országos Besugárzás tervezési Hálózat létrehozásában és üzemeltetésében. Ez nagy minőségi ugrást jelentett a hazai betegek sugárterápiájában, amely a gyógyulási arány, a túlélés és az életminőség jelentős javulásával járt. Hatását ma is érezzük.

Az orvosok között “matematikus” lettem. Így jutottam el a tipikus kísérleti munkától a modellező fizikusig

Kép: 60 éves a budapesti Biofizikai Intézet “A Pázmánytól a Semmelweisig” című könyvből
Szerkesztette: Fidy Judit, Kellermayer Miklós, Rontó Györgyi



KANYÁR BÉLA
okleveles fizikus, a biológiai tudomány
kandidátusa, Dr. habil.
(Szentgál, 1939. dec. 5–)
Intézetünkben: 1964. szept. 1–1972.

Kanyár tanár Úr hagyatéka

- Az oktatottság nagyon fontos
- Egy mérési jegyzőkönyv nem ér semmit magyarázat nélkül
- Egy szakmai anyagot mindig érdemes megosztani másokkal

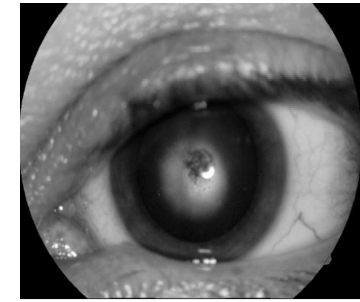
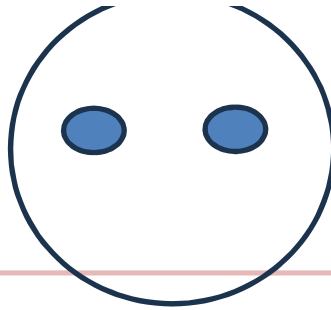


Milyen mennyiséggel jellemezzük a káros hatást?

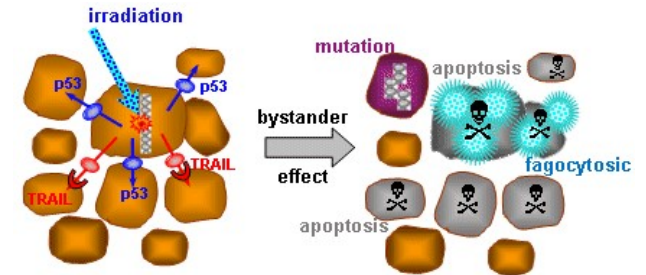
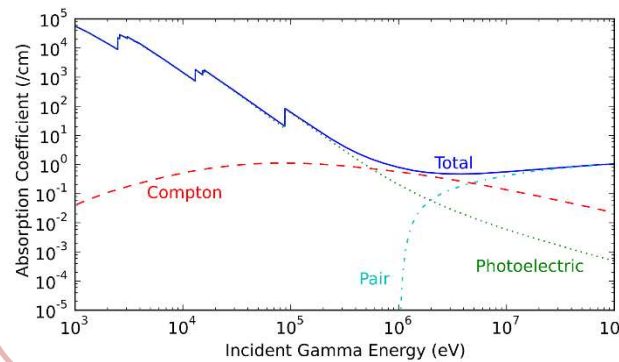
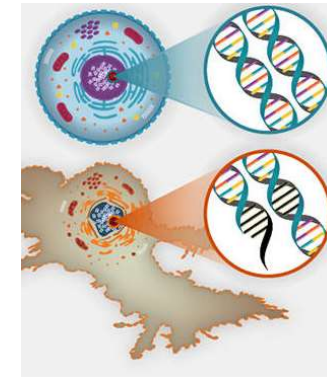
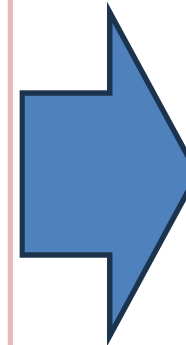
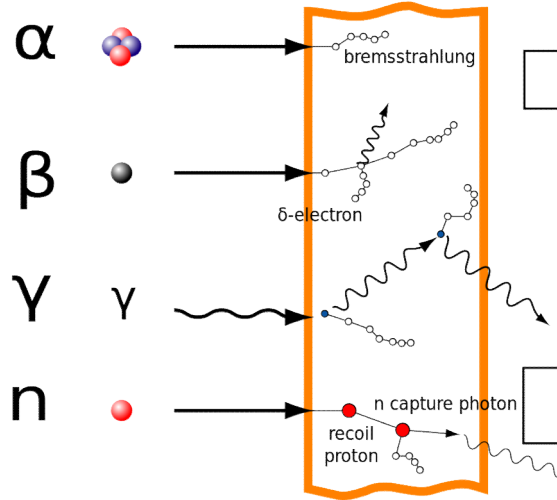
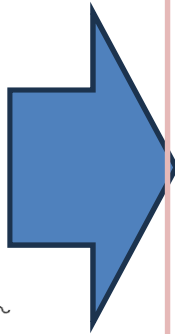
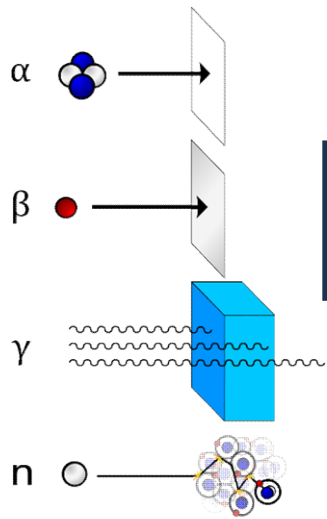
- **Elvárás a káros hatás, az ártalom „kvantitatív” jellemzésére, előrejelzése céljából bevezetendő mennyiséggel, a dózissal szemben:**
 - a lehető legtöbb káros hatásnál alkalmazható legyen (akut, krónikus; szomatikus, genetikus; funkcionális, morfológiai; ember, állat, növény esetén,...), egyértelmű definíciója és jól mérhető legyen, kivitelezhető mérőeszköz hitelesítés és kalibrálás,
- Gyakorlati megjegyzés:** a kívánalmak csak korlátozottan teljesíthetők:

=> többféle dózisfogalom, dózismennyiség szükséges; átfedésekkel találkozunk, de **egy dózis fogalomba nem lehet mindent belesűríteni!**

Gamma foton, e-, alfa részecske, neutron, energia tartományuk változik(10 electronvolts (eV) - 33 eV, töltéssel rendelkeznek, vagy van tömegük



Typical example of radiation cataract at the second stage. (by courtesy of P. Fedirko and T. Babenko from the National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine NSICRM), Kyiv, Ukraine, copyright of co-authors [42]



Ezeket a folyamatokat kellen egy szám adattal leírni.....

Milyen hatásokat kell jellemezni?

2.1. Ismertesse a sztochasztikus és a determinisztikus sugárhatásokat c. tételhez

Ionizáló sugárzás esetén, dozimetriai szempontból két lényegesen különböző hatás:
determinisztikus és sztochasztikus

- *Determinisztikus*: súlyosság arányos az expozícióval, dózissal (*bőrpír, égés, hasmenés*) *azonnali hatás*
- *Sztochasztikus*: gyakoriság arányos az expozícióval, dózissal. (*kromoszóma aberráció*)

Később jelentkezik

Megjegyzések:

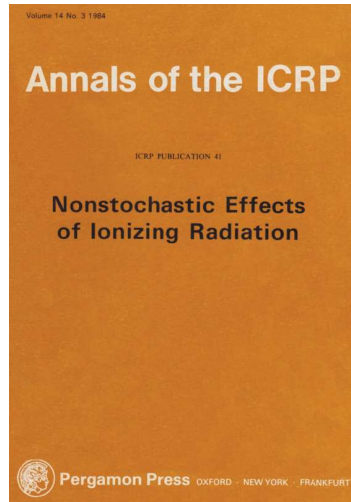
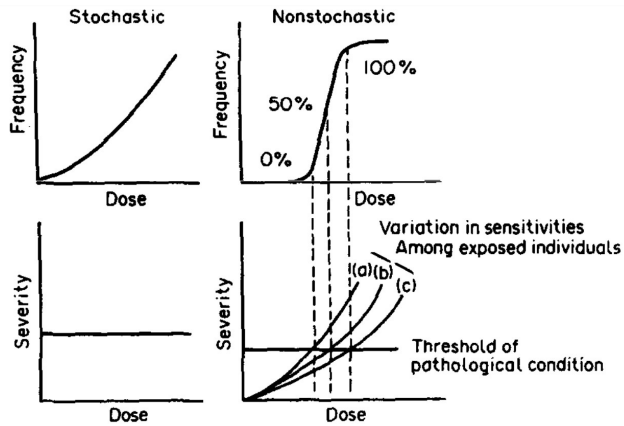
- determinisztikus hatásnak létezik küszöb dózisa (ez alatt nem mutatható ki káros hatás),
- sok esetben szimultán mindkét hatás megfigyelhető
- A determinisztikus hatást később a sztochasztikus követheti

37. Az alábbi hatások közül melyik a sztochasztikus jellegű?

- a. émelygés, hányinger, hányás
- b. vérzés
- c. daganatképződés
- d. hajhullás

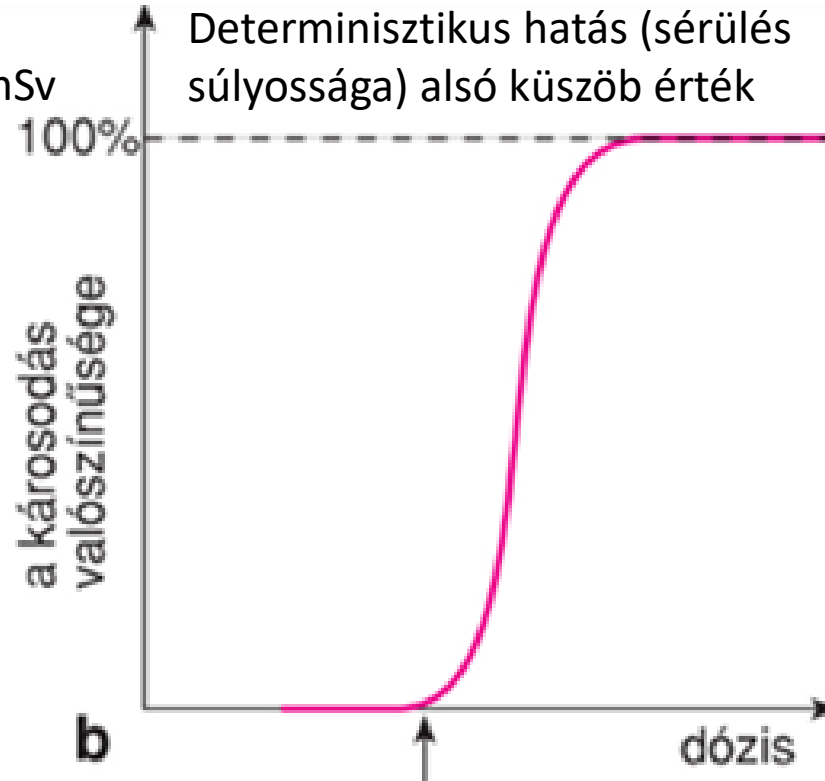
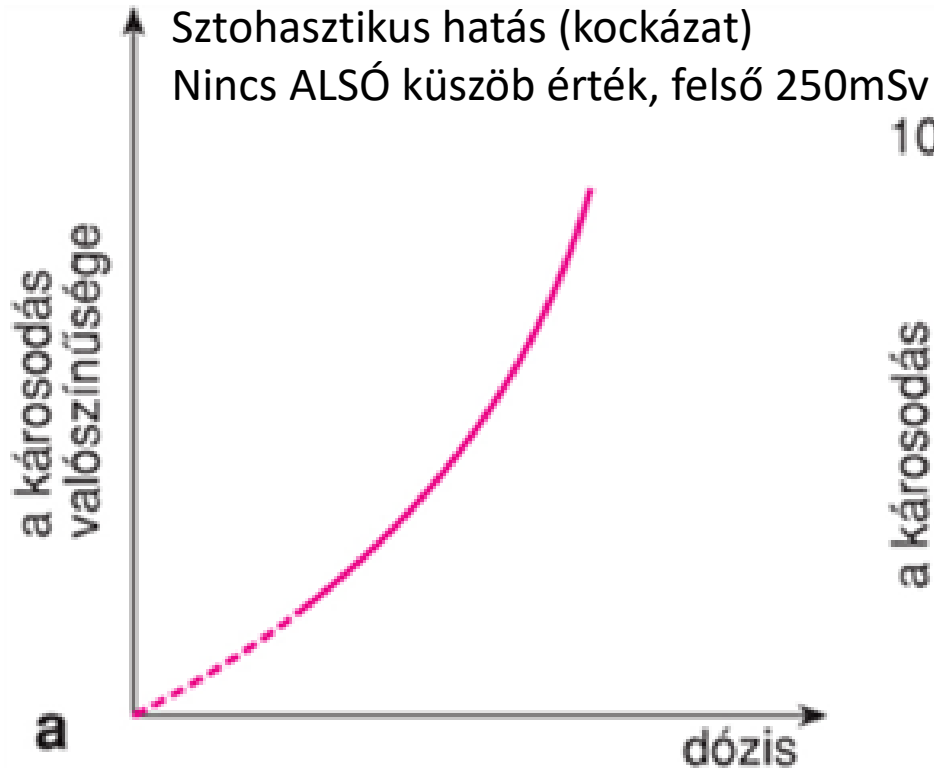
linear no-threshold model (LNT)

ICRP, 1984. Nonstochastic Effects of Ionizing Radiation. ICRP Publication 41. Ann. ICRP 14 (3).



31. Mi jellemzi a determinisztikus hatásokat?

- a. a besugárzás után rövid időn belül jelentkeznek, a tünetek megjelenésének a valószínűsége nő a dózissal.
- b. a besugárzás után több évvel jelentkeznek, a tünetek megjelenésének a valószínűsége nő a dózissal.
- c. a besugárzás után rövid időn belül is jelentkezhetnek, a tünetek súlyossága nő a dózissal, a tünetek csak egy küszöbdózis felett jelentkeznek.
- d. csak egy küszöbdózis felett, csak a besugárzás után több évvel jelentkeznek, a tünetek súlyossága nő a dózissal



Különböző dózis fogalmak meghatározásának módja

1.5. Ismertesse a sugárvédelemben használt dóziszfogalmakat c.tételhez

Fizikai értékek, amellyel az energia átadást jellemezzük:
Energia fluxus ($\varphi = I \cdot dA$), levegő kerma (K_a), elnyelt dózis (D (J/kg)),

Mérésen alapuló és fantomokra visszavezetett értéke ICRU gömb segítségével modellezett energia átadás mérünk!

- Dózis egyenérték H
- Környezeti dózis egyenérték, ICRU gömb, $H^*(d) = f \cdot K_a$
- Személyi dózis egyenérték, $H_p(d)$ (pl. $H_p(10)$ 30x30x15 ICRU plexi fantom-ban mért dózis 10mm mélyen)
- Irány függő dózis egyenérték $H'(d, \Omega)$ (valami irányból val. mélységben elnyelt dózisból mért.

Mérjük

Számolunk

Mind a két módszer feltételezi hogy az energia hatást egy referencia ember szenvedte el

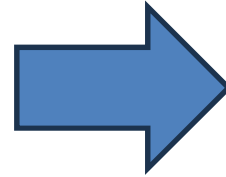
ICRP által meghatározott referencia ember (ICRP 23, ICRP 100 (emésztés.r), ICRP 130x (légzés.r), ICRP 110 (nő/férfi voxel), ICRP 103 módosított.par), ICRP 133 (absz.frakciok), ICRP 107 (bomlási paraméterek), stb.....

Ismert paraméterek alapján **számított értékek** amelyet az ICRP kiadványokban lévő modellezett számértékek segítségével számolunk ki!

- Szövetben elnyelt dózis D_t
- Szöveti Egyenérték dózis, H_T
- Effektív dózis E

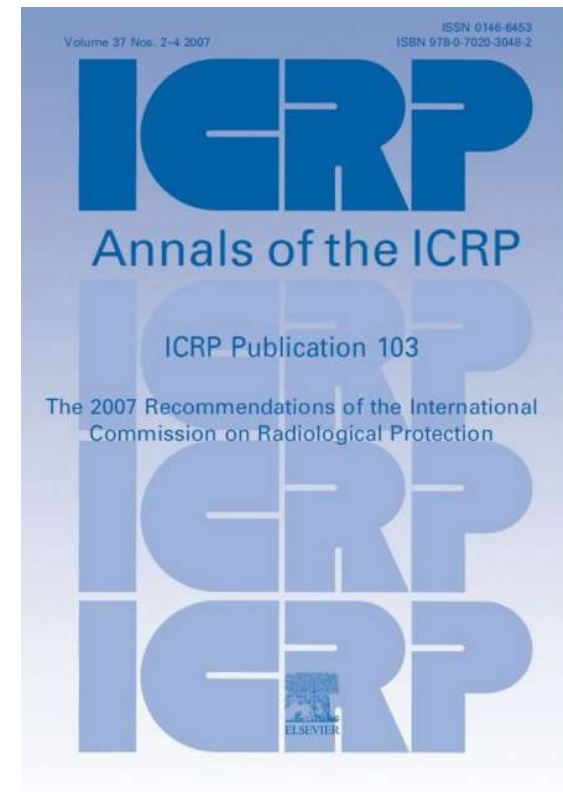
Hogy jutunk el a dózis fogalmáig?

1. Energia
2. Kölcsönhatás
3. Energia hatás
következménye



1. Elnyelt dózis
2. Egyenérték dózis
3. Effektív dózis

Felnőttekre: ICRP 103, ICRP 89(referencia test)
Magzatokra vonatkozó sugárzás hatása: Publication 90
(ICRP 2003a).



Energia áramlás jellemzői

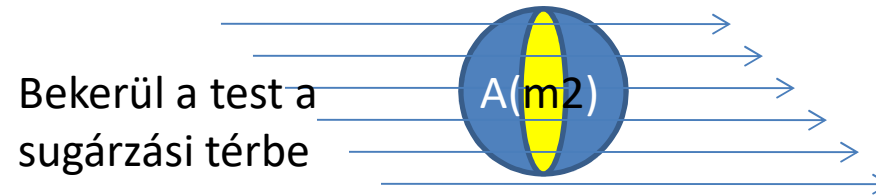
Az adott testben leadott energia okozza a káros biológiai hatást

Energia fluxus sűrűség: ENERGY FLUX DENSITY: Egy térben egy gömb felületén egy idő egységnyi idő alatt belépő összes részecske energiájának összege osztva a gömb keresztmetszetével.

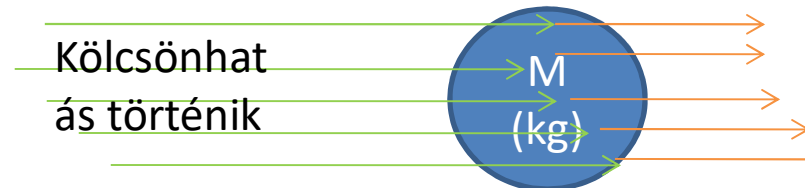
KERMA: MINETIC ENERGIE RELEASED IN MATTER: adott anyag megfelelően kicsi térfogatelemében közvetve ionizáló részecskék által felszabadított valamennyi töltött részecske kezdeti kinetikus energiájának összege osztva a térfogat elem tömegével,

Elnyelt dózis: bármely ionizáló sugárzás által besugárzott térfogat elem elnyelt energiája osztva a térfogat elem tömegével

Összes energia ami átmegy a felületen

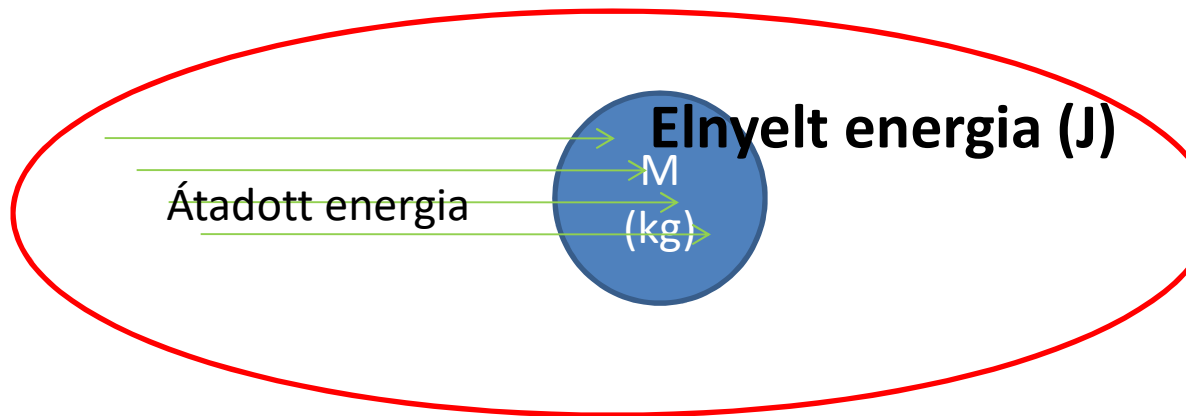


Kezdeti Kinetikus Energia

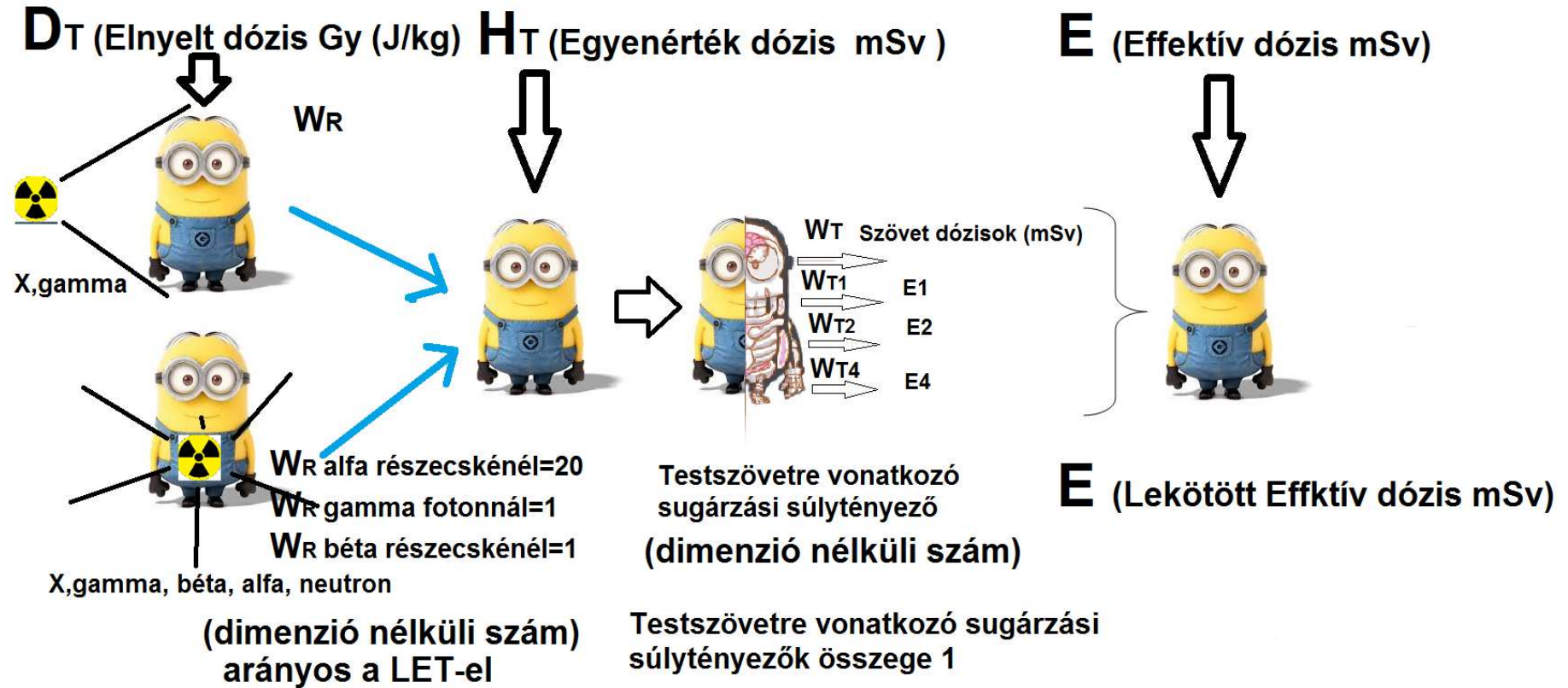


Elnyelt energia (J)

Átadott energia



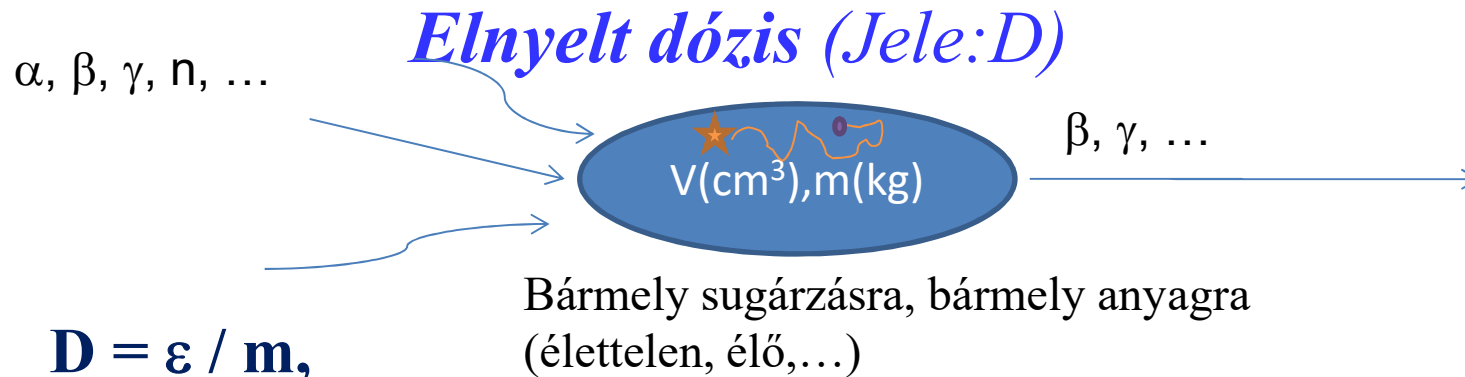
Számításos módszer: Négy fontos lépés



Energia abszorpció->Energia uniformizálás->Biológiai érzékenysége az adott szövetnek->az egész testre vonatkozó hatás

1

Dózisfogalmak, - mennyiségek és egységek a sugárvédelemben



- ahol ε : a V térfogat m tömegében elnyelt energia (J).
- Mértékegysége *gray*; jele **Gy**, és **1 Gy = 1 J/kg**. (ez lehet nem ionizáló is)
- (Régi egysége a *rad*, 1 Gy = 100 rad.)
- A sugárvédelmi gyakorlatban használjuk a "**szervdózis**" fogalmát, mely egy szövetben vagy szervben az átlagos elnyelt dózis.
- **Dózisteljesítmény**: dózis időegységre eső hányada:
 - egysége Gy/s, nGy/h, ... Pl.Ht: 100-200nGy/h

18. Mi az elnyelt dózis mértékegysége?
- a. gray (Gy)
 - b. sievert (Sv)
 - c. becquerel (Bq)
 - d. newton (N)

Elméleti számítás

- 100 Bq , 100kV fotont kibocsátó izotóp mennyi elnyelt dózis ad le 1kg testben?
- Besugárzott energia = Fotonok száma * Foton energia
- Ebben az esetben a foton energia 100 keV, ami $1,602176634 \times 10^{-17}$ J-nak felel meg. Ezért a besugárzott energia:
- **Besugárzott energia = 100 foton * $1,602176634 \times 10^{-17}$ J/foton = $1,602176634 \times 10^{-15}$ J**
- **Elnyelt dózis = Besugárzott energia / Test tömege**
- Ebben az esetben a test tömege 1 kg. Ezért az elnyelt dózis:
- **Elnyelt dózis = $1,602176634 \times 10^{-15}$ J / 1 kg = $1,602176634 \times 10^{-18}$ Gy (Gray)**

2 Ha azt szeretnénk, hogy az dozimetriai mennyiség tartalmazza a sugárzás típusával kapcsolatos ártalom ki alakulásának hatását:

Egyenérték dózis (Jele: H_T)

Csak élő rendszerben, szervre, szövetre használjuk!

- Káros hatás: Függ a sugárzás típusától, energiájától (energia és részecske típus uniformizáció)

$$H_{T,R} = W_R \cdot D_{T,R}, \text{ (számolt érték!)}$$

ahol:

W_R : a sugárzás fajtájára, minőségére jellemző súlytényező, dimenzió nélküli szám

$D_{T,R}$: a T szövetben, az R típusú sugárzásból eredő elnyelt dózis.

T: gonádok, tüdő, máj, bőrszövet, csontvelő,...

R: α -, β -, γ , n, p, ion, ... - sugárzás.

22. Mi az egyenértékdózis mértékegysége?

a. gray (Gy)

b. sievert (Sv)

c. becquerel (Bq)

d. newton (N)

2

Egyenérték dózis (H_T) jellemzése

Mértékegysége: sievert, Sv, $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$.

- A W_R értékét a γ -sugárzásra, definiációszerűen 1-nek vesszük és a többi sugárzást ehhez viszonyítjuk.

A sugárzási súlytényező (W_R) jellemzése:

- arányos az úthossz menti fajlagos ionizációval, a **Lineáris Energia Transzfer** (LET) értékkel (a LET egysége: $\text{eV}\cdot\text{nm}^{-1}$).

Korábban használt fogalmak: Q és az RBE

Szerepe hasonló mint korábban a Q sug. minőségi tényezőnek, vagy a RBE-nek (Relatív Biol. Effektivitás)

Az 1960-as évek elején a sugárvédelmi súlyozást a sugárvédelmi mennyiségek meghatározásában a sugárzási minőségi tényezővel, a Q-val hozták összefüggésbe a LET függvényében.

és L-ként jelöljük a 26. publikáció Q(L) függvényében (ICRP, 1977).

- Ebben még benne voltak az alacsony dózisos és a sztochasztikus hatások de ezt a két hatást különvették és ezért módosították a súlyzó tényezőket

RBE: relatív biológiai hatékonyság: a sugárzási súlytényezőnek megfelelő mennyiség, dózismérés során ma is használatos, a biológiai hatás jellemzésére (pl. epidemiológiában). Az RBE érték megmutatja, hogy hány-szor nagyobb az adott sugárzás determinisztikus károsító hatása a 250 kV-os röntgengéppel keltett sugárzás hatásánál.

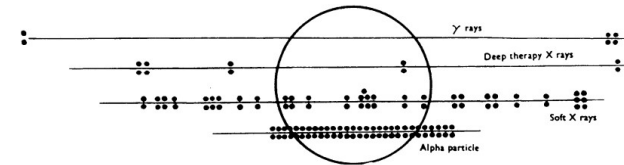


Figure 9.1. Separation of ion clusters in relation to the size of a biological target. (Reproduced from Gray, 1946, *Br. Med. Bull.*, by permission of the author.)

ICRP Publication 103

$$Q(L) = \begin{cases} 1 & L < 10 \text{ keV}/\mu\text{m} \\ 0.32L - 2.2 & 10 \leq L \leq 100 \text{ keV}/\mu\text{m} \\ 300/\sqrt{L} & L > 100 \text{ keV}/\mu\text{m} \end{cases}$$

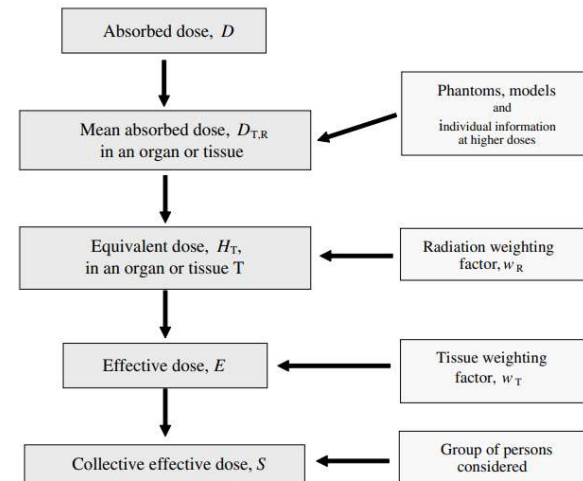


Fig. B.1. System of dose quantities for use in radiological protection.

2 Többféle sugárzás esetén:

- A T testszövetben többféle sugárzásból eredő szöveti egyenérték dózis

$$H_T = \sum H_{R,T}$$

	High LET	Low LET	
particles	$\left\{ \begin{array}{l} \alpha \\ p \end{array} \right.$	$\left. \begin{array}{l} e^- \\ \beta^- \\ \beta^+ \end{array} \right\}$	"electrons"

1. Sugárzási súlytényezők

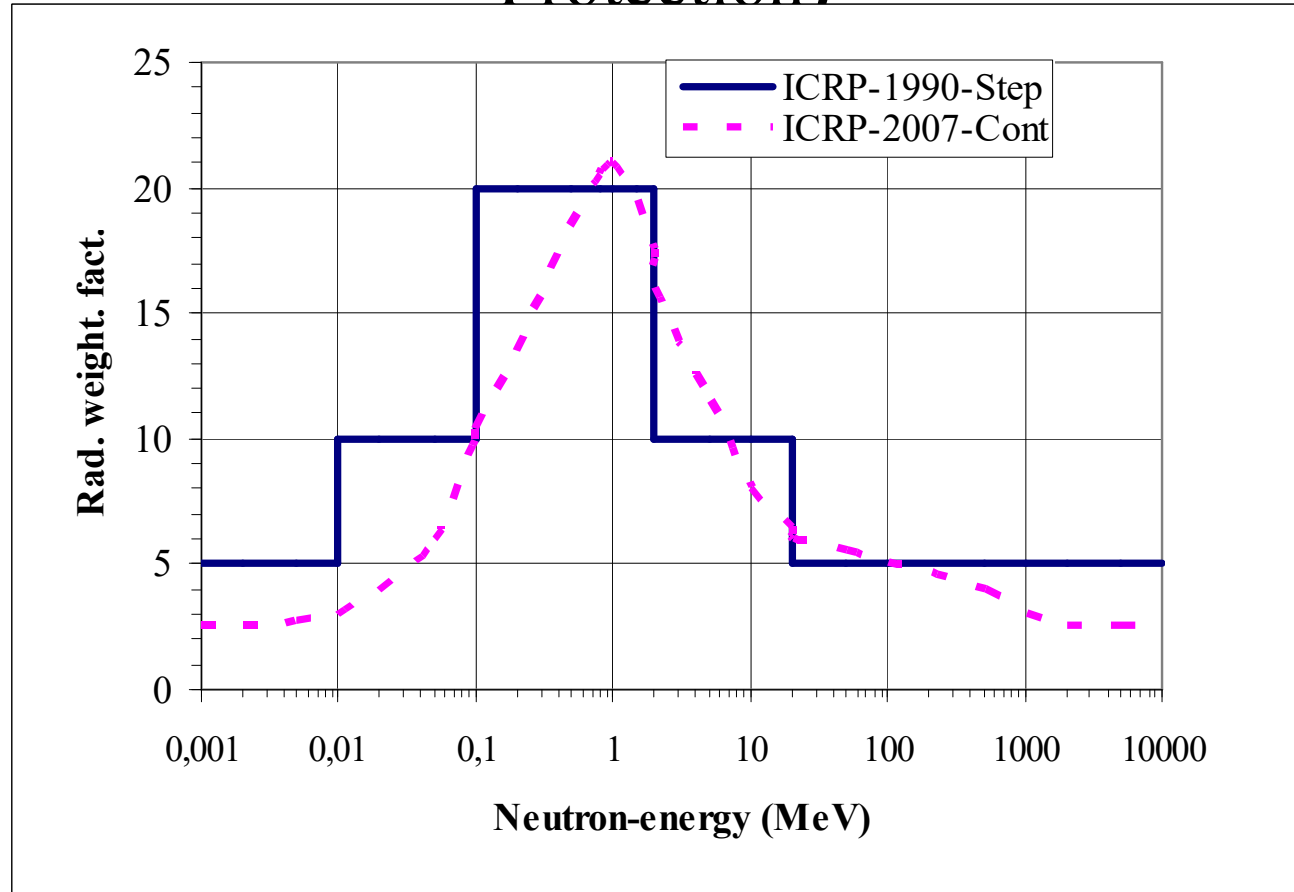
A sugárzás típusa	wR	LET értékek (eV.nM ⁻¹)
Fotonok	1	0,2-3,5
Elektronok és müonok	1	0,2-1,1
Protonok és töltött pionok	2	-
Alfa-részecskék, hasadványok, nehézionok	20	130
Neutronok, $E_n \leq 1$ MeV	$2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]2/6}$	Energia függő
Neutronok, $1 \text{ MeV} < E_n \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0 e^{-[\ln(2E_n)]2/6}$	Energia függő
Neutronok, $E_n > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25 e^{-[\ln(0,04E_n)]2/6}$	Energia függő

2 Egyenérték dózis meghatározásra

- Valaki a következő besugárzásokat szenvedte el: 0.1Gy röntgen foton, 0.05Gy gyors neutron, 0.2Gy alfa részecske mi az egyen érték dózis?

Sugárzás típusa	D(Gy)	W_R	EqD (Sv)
Röntgen foton	0,1Gy*	1=	0,1
Gyors neutron	0,05Gy*	20=	1,0
Alfa részecske	0,2Gy*	20=	4,0
		Összesen Σ	5,1Sv

2 Sugárzási súlytényező (w_R) neutronok esetén (ICRP-2007) (International Committee on Radiological Protection)



Nemzetközi ajánlások között is van eltérés

Tételezzük fel hogy 10^6 db. Pu-239 atom bomlik el egy májban 50 év alatt.

Mi a lekötött effektív dózis?

(Pu-239 5MeV alfa fotont bocsát ki bomlása során, máj tömege 1800g, konverziós tényező $1,602 \times 10^{-13} \text{J/MeV}$, máj szöveti szorzó tényezője 0,05)

- Elnyelt dózis $DT = (10^6 * 5 \text{MeV} * 1,602 * 10^{-13}) / 1,8 \text{kg} = 0,445 \text{mikroGy}$
- Egyenérték dózis $HT = 0,455 \text{ mikroGy} * 20 = 8,9 \text{mikroSv}$
- Lekötött effektív dózis $E = 8,9 * 0,05 = 0,45 \text{mikroSv}$

3 Ha azt szeretnénk, hogy az dozimetriai mennyiség tartalmazza a besugárzott szövetben kialakult ártalom hatását:

- **Effektív dózis (Jele: E)**

Egész testre, sztochasztikus hatások jellemzésére használjuk!

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T, \quad (\text{számolt érték!})$$

- ahol W_T a szöveti súlyozó tényező (dimenzió nélküli).
- $W_T < 1$ és $\sum_T W_T = 1$.
- **Mértékegysége:** sievert, Sv. $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$.
- A definíció alapján az effektív dózis megegyezik azzal az egésztestben egyenletes eloszlásban kapott dózissal, mely a késői sugárhatások (daganatos betegségek, öröklődő ártalmak stb.) ugyanakkora kockázatával jár mint a szövetek külön-külön besugárzásával kapott szöveti dózisok együttesen.
- Ezért egésztest dózis alatt rendszerint effektív dózist értünk.

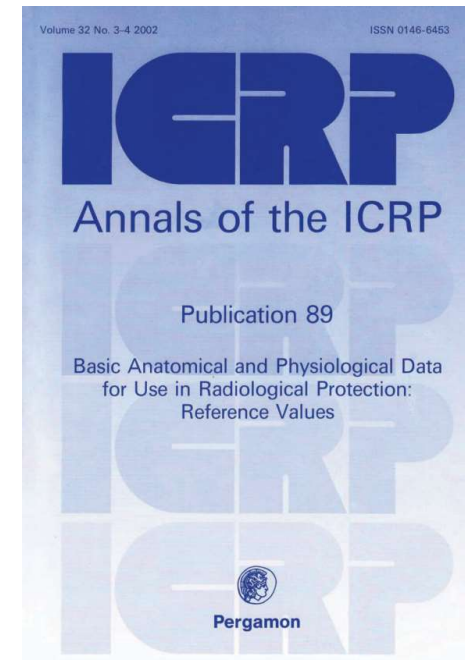


Table 2.9. Reference values for height, mass, and surface area of the total body (Sections 4.2.1 and 4.2.2)

Age	Height (cm)		Mass (kg)		Surface area (m ²)	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
Newborn	51	51	3.5	3.5	0.24	0.24
1 year	76	76	10	10	0.48	0.48
5 years	109	109	19	19	0.78	0.78
10 years	138	138	32	32	1.12	1.12
15 years	167	161	56	53	1.62	1.55
Adult	176	163	73	60	1.90	1.66

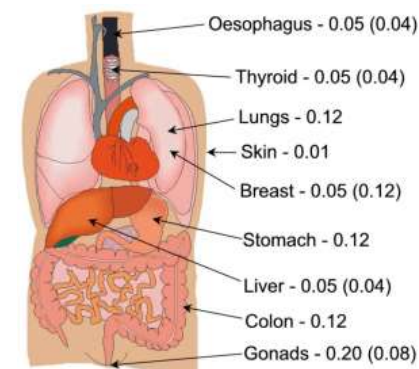
19. Mi az effektív dózis mértékegysége?

- gray (Gy)
- becquerel (Bq)
- sievert (Sv)
- newton (N)

3

3. melléklet a 2/2022 OAH. Rendelet alapján:

1. Sugárzási súlytényezők



Testszövet	WT
Csontvelő	0,12
Vastagbél	0,12
Tüdő	0,12
Gyomor	0,12
Emlő	0,12
Egyéb szövetek (a)	0,12
Ivarmirigyek	0,08
Hólyag	0,04
Nyelőcső	0,04
Máj	0,04
Pajzsmirigy	0,04
Csontfelszín	0,01
Agy	0,01
Nyálmirigyek	0,01
Bőr	0,01

Tissue or organ	ICRP-1990/ IBSS-1996	ICRP-2007
Gonads	0.20	0.08
Bone marrow, red	0.12	0.12
Colon	0.12	0.12
Lung	0.12	0.12
Stomach	0.12	0.12
Bladder	0.05	0.04
Breast	0.05	0.12
Liver	0.05	0.04
Esophagus	0.05	0.04
Thyroid	0.05	0.04
Skin	0.01	0.01
Bone surface	0.01	0.01
Brain	-	0.01
Salivary glands	-	0.01
Remainder	0.05	0.12
Total	1.00	1.00

34. Melyek a fokozottan sugárérzékeny szövetek, szervek?

a. amelyeknek jó a vérrellátásuk

b. amelyeket nem vagy ritkán osztódó, differenciált sejtek alkotnak

c. amelyeket gyakran osztódó sejtek alkotnak

d. amelyeknek rossz a vérrellátásuk

A szövetek sugárérzékenysége

magas	közepes	alacsony
<ul style="list-style-type: none">•csontvelő•lép•thymus•nyirokcsomók•gonádok•szemlencse•lymphocyták (kivétel a sugárérzékenységi törvény alól)	<ul style="list-style-type: none">•bőr•Mezodermális szervek (máj, szív, tüdő...) <p>Hp(0,07) bőr dózis egyenérték korlát 500mSv</p> <p>Hp(10) egésztest dózis egyenérték korlát 20mSv</p> <p>Hp(3) szemlencse dózis egyenérték korlát 20mSv</p>	<ul style="list-style-type: none">•izom•csont•idegrendszer

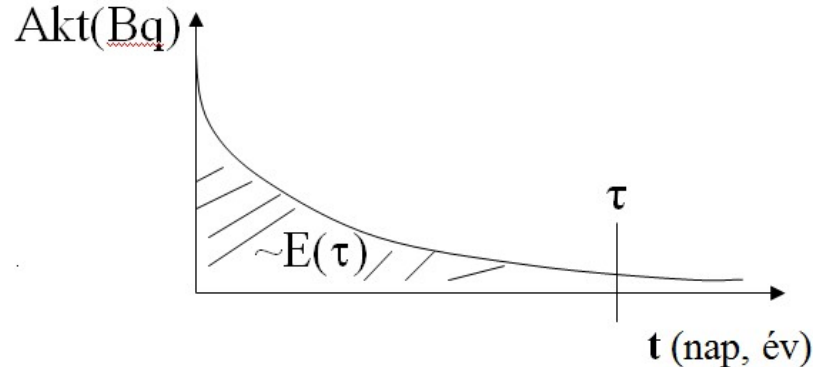
A szövetek sugárérzékenység figyelembe vesszük az adott munka sugárvédelmi tervezésénél. Kiemelten védendő területek: mellszövet, pajzsmirigy, szem és a gonádok.

4 *Ha a testben bekerült és bomló izotópról van szó: Lekötött egyenérték és lekötött effektív dózis*

- Szervezetbe került radioaktív anyagtól!
- A τ időtartamig összegezett (integrált) dózis:

$$E(\tau) = \int_{\text{teljesítmény}}(t) dt,$$

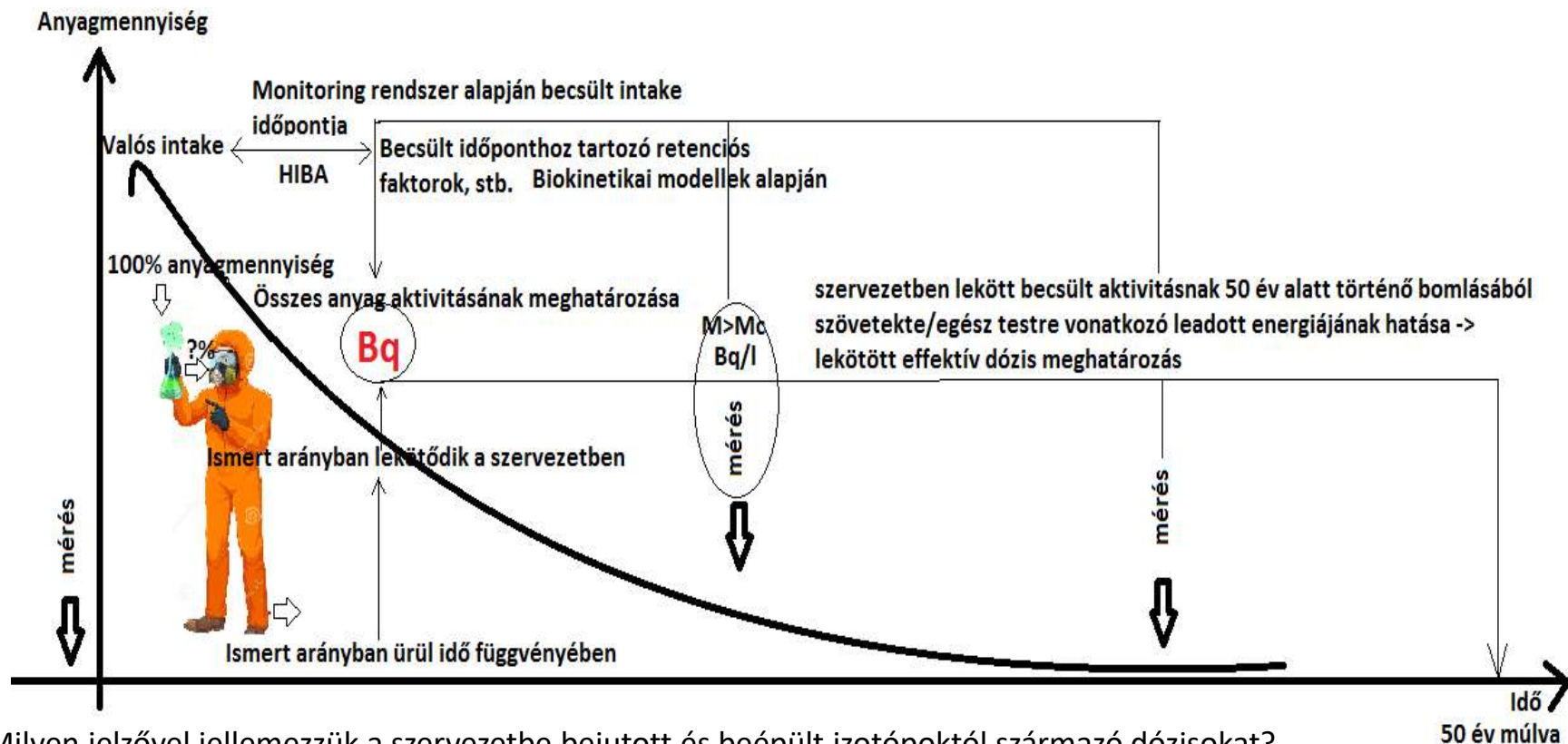
$$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t) dt$$



- ahol: $E_{\text{teljesítmény}}(t)$ a t időpontban a dózisteljesítmény.
- *Sugárvédelmi céllal:*
- Felnőtt: $\tau = 50$ év
- Gyermekeknél: 70 év.
- **Dózislekötés:** $\tau = \infty$.
- *ICRP kiadvánokban szereplő dózis állnók tartalmazzák az integrálási időszakra vonatkozó korrekciókat*

4 A lekötött effektív dózis sematikus meghatározásának menete monitoring rendszeren belül

Ha a lekötött effektív dózis nagyobb mint 1mSv/év MONITORING rendszert kell alkalmazni a munkavállaló ellenőrzésére. (izotóp gyártás, pajzsmirigy terápia, atomerőmű)
A monitoring rendszert az OIR, ICRP Ideas Gudline alapján kell összeállítani.



41. Milyen jelzővel jellemezzük a szervezetbe bejutott és beépült izotópoktól származó dózisokat?

- a. kollektív
- b. lekötött
- c. elkerülhető
- d. egyenérték

Megjegyzések az effektív dózis használatához:

- embriónál, ahol nem beszélhetünk kialakult szövetekről, nem használható az effektív dózis, ott elnyelt dózist (D , egység: Gy) célszerű használni,
- determinisztikus hatás rendszerint egy-egy szövet esetén alakul ki, ezért ott sem az effektív dózis, hanem az elnyelt dózis (D , Gy), vagy az egyenérték dózis (H , Sv) használatos. (szem, kéz bőr dozimetria)
- OSSKI TLD: külső sugárterhelést okozó röntgen-fotonsugárzásból származó személyi dózisegyenérték, Hp(10) adat szolgál
- A dózis teljesítmény mérőkön H^*10 környezeti dózis egyenérték olvasható le nem azonos a Hp(10) személyi dózissal

Mekkora az elnyelt dózis, egyenérték dózis, effektív dózis?

T=60 min, pl: 1 kg test, nagyon le-egyszerűsített példa

Részecske típus	bomlás/perc	E(MeV)	W_R	bomlás/perc	E(MeV)
				m=65kg	
alfa	5,70E+05	3,7	20	t=1 óra	
béta	1,20E+06	0,7	1	W_T gyomor	0,12
gamma	8,00E+04	2,8	1	MeV->J átváltás	1,60E-13

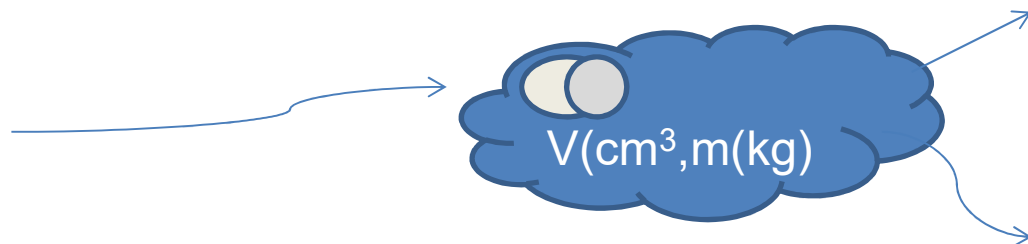
$$D_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV}) + (1,2E6 * (0,7 \text{ MeV})) + (8E4 * (2,8 \text{ MeV}))) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 \text{ (J/kg)}) / 1 = 2,0 \text{ J/kg} \sim \text{Gy}$$

$$H_t = (((5,7E5 * 3,7 \text{ MeV} * 20) + (1,2E6 * 0,7 \text{ MeV} * 1) + (8E4 * 2,8 \text{ MeV} * 1)) * 60 \text{ min} * 1,6E-13 \text{ (J/kg)}) / 1 = 4,15E-4 \text{ Sv}$$

$$E_t = 4,15E-4 * 0,12 = 4,9E-5 \text{ Sv} = 50 \mu\text{Sv}$$

Ezt a gyakorlatban nem kell kiszámolnunk! Hanem az ICRP táblázatokban lévő dózis állandóval kell beszoroznunk a testbe jutó radioaktív anyagot!

Besugárzás, expozíció (besugárzási dózis)



45. Melyik összetevő a legjelentősebb a röntgen- és gamma-sugárzások sejtkárosító hatásában?

a. a víz radiolízise során keletkező szabadgyökök

b. a makromolekulák közvetlen károsodása

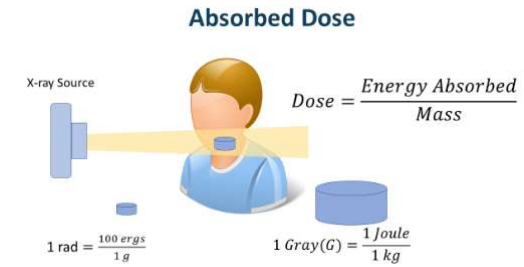
c. fotoszenzitiváló hatás

d. a fenti három hatás egyformán jelentős

- Csak: R_{tg} , γ levegő
- $X = Q / m$, ahol Q az m tömegű levegőben keltett elektromos töltések, ionok mennyisége.
- SI egysége: $C \cdot kg^{-1}$ (C: coulomb), korábban a röntgen (**R**) volt és
- **Lágy szövetekben 1 R-nek kb. 0,0088 Gy elnyelt dózis felel meg, csontszöveteknél ennél 20-30 %-kal nagyobb.**

A röntgen sugárzás különböző energián történő test besugárzását ICRP táblázatokból vett korrekciós faktorokkal számoljuk át Gy-é és onnan a számítás hasonló mint a korábbi példákban. Van hogy mérésel határozzák meg a leadott energia mennyiséget.(gépekbe szerelt dózis mérők)

Külső besugárzás számítás nagyon egyszerűen



- **100kV foton víz ekvivalens szövetbe 1cm mélyen behatol 1cm vastag 1kg tömegű testbe mennyi az elnyelt dózis?**

Kiszámoljuk ki a foton abszorpciós együtthatóját (μ):

A víztartalmú szövetre vonatkozó 100 keV energiájú gamma foton abszorpciós együtthatóját megtaláljuk táblázatokban vagy online adatbázisokban. Az érték körülbelül $0,07 \text{ cm}^{-1}$.

Kiszámítjuk a sugárzás útvonalát a testben:

Feltételezhetjük, hogy a foton egyenes vonalban halad át a testen. Tegyük fel, hogy a sugárzás 1 cm vastagságú szöveten halad át.

Kiszámoljuk a besugárzott energiát:

A besugárzott energia a foton energiájának, az abszorpciós együtthatónak és a besugárzott szövet vastagságának a szorzata.

Besugárzott energia = Foton energia * Abszorpciós együttható * Vastagság

Besugárzott energia = $100 \text{ keV} * 0,07 \text{ cm}^{-1} * 1 \text{ cm} = 7 \text{ keV}$

A besugárzott energiát elosztjuk a test tömegével:

Az elnyelt dózis a besugárzott energia és a besugárzott test tömegének hányadosa.

Elnyelt dózis = Besugárzott energia / Test tömege
Elnyelt dózis = $7 \text{ keV} / 1 \text{ kg} = 0,007 \text{ Gy (Gray)}$

Nemzetközi Szabványok:

- **ISO 8529:** "Fotonok és neutronok abszorpció és szórás tényezői: víztartalmú anyagok" (angol nyelven)
- **ASTM E1868:** "Standard Practice for Calculating Absorbed Dose Index in Water for X-rays, Gamma Rays, and Electron Beams" (angol nyelven)
- **IEC 61621:** "Medical electrical equipment - Radiation safety - General requirements for X-ray equipment" (angol nyelven)

Nemzeti Szabványok:

- **Magyar Szabvány MSZ ISO 8529:** "Fotonok és neutronok abszorpció és szórás tényezői: víztartalmú anyagok,,
- **MSZ ISO 8529:** "Fotonok és neutronok abszorpció és szórás tényezői: víztartalmú anyagok"
- **MSZ ISO 4035-1:** "Sugárvédelem - A sugárzás által keltett mennyiségek mérésére szolgáló általános elvek és mérési módszerek - 1. rész: A levegőben és fantomokban lévő ionizáló sugárzások mérésére szolgáló általános elvek"
- **American National Standard ANSI/HPS N42.23:** "Calculation of Absorbed Dose from External Photon Radiation Exposures to an Adult Male" (angol nyelven)
- **British Standard BS 7400:** "Principles and methods for assessing the safety of radiation sources and exposure" (angol nyelven)

Online Adatbázisok:

- **XCom:** <https://physics.nist.gov/PhysRefData/Xcom/html/xcom1.html>
- **PHYSICS.NIST.GOV:** <https://www.nist.gov/pml/x-ray-mass-attenuation-coefficients>
- **ICRU Report 52:** "Radiation Protection Quantities for External Ionizing Radiation" (angol nyelven)

Közölt-dózis (kerma) A levegőben a levegőrészecskékkel közölt dózis

- A közölt dózis, ill. a "*levegő-kerma dózis*" mennyiség elsősorban foton sugárzási tér jellemzésére használatos (a "kerma" angol mozaikszó: kinetic energy released to material), mértékegysége megegyezik az elnyelt dózis egységével, azaz $J \cdot kg^{-1}$, ill. Gy.
- A közvetlen ionizáló töltetlen részecskék (foton, neutron) által keltett kezdeti kinetikus energiájának az összege a m tömegű anyagban. $K = dE_{tr}/dm \rightarrow K_a$ (Kerma a levegőben) *(ez kell a környezeti dózis egyenérték meghatározáshoz)* **(Ebből számítják a $H^*(10)$ környezeti dózis egyenértéket, amit leolvassunk a műszerről)**
- Ez esetben a sugárzás által kiváltott részecskéknek a kezdeti kinetikus energiáját használjuk dózismennyiségként. ($E_{közölt} < E_{elnyelt}$)

Kollektív dózis (Jele: S)

- Egy kollektíva, vagy akár a népesség egészének a sugárterhelése $S = a$ sugárterhelést elszenvedett egyedek egyéni dózisának összege (ill. az átlagos érték szorozva az egyedek számával). „Társadalmi szempontból” fontos lehet.
- Mértékegysége: *személy.Sv* .

A környezeti dózisegyenérték [H*(d)] meghatározása

A környezeti dózisegyenérték (Sv) a levegőre vonatkozó közölt dózissból (Gy) határozható meg a következő összefüggés alapján:

$$H^*(d) = f^*(d) \cdot Ka$$

ahol:

-f*(d) a konverziós tényező (Sv/Gy), amelynek értékét a gyakoribb sugárminőségekre (MSZ 14341:2017, 6.3. szakasz) a 10.

táblázat tartalmazza;

-Ka a levegőre vonatkozó közölt dózis (Gy).

$$Ka = H^*(d) / f^*(d) = Hp(d) / fd(d)$$

Ez széles spektrumú 150 kV rtg.sug minőségénél:

$$1,77/1,62 \cdot H^*(10) = Hp(10)$$

1,092 * H*(10) = Hp(10) *NEM OLYAN nagy az eltérés (104keV átlagos energiáról beszélünk)*

A személyi dózisegyenérték meghatározása

A személyi dózisegyenértéket (Sv) a levegőre vonatkozó közölt dózissból (Gy) a következő egyenlettel kell meghatározni:

$$Hp(d) = fp(d) \cdot Ka$$

ahol:

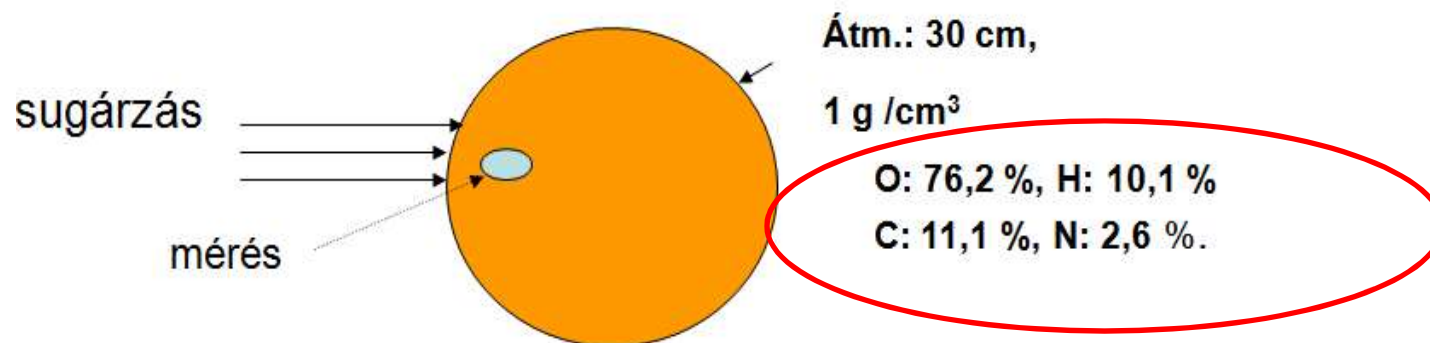
-fp(d) a megfelelő ICRU-fantom d mm mélységére vonatkozó konverziós tényező (Sv/Gy), értékét a gyakoribb sugárminőségekre a MSZ 14341:2017, 11. táblázat tartalmazza, 2 m távolságból történő besugárzásra;

MEGJEGYZÉS: Egyéb távolság esetén a MSZ 14341:2017, 11. táblázatban lévő értékek csak közelítőek.

Ka a levegőre vonatkozó közölt dózis (Gy).

Méréssel kapcsolatos megközelítés

- *Dózismérések reprodukálhatósága, kalibrálás,*
- ICRU (International Committee on Radiation Units and Measurements) **gömb/henger fantom:**



- ICRU gömb fantom különböző (d) mélységű helyén, akár különböző irányból, különböző típusú sugárzással végzett besugárzások mellett kapott dózis- ill. dózisteljesítmény értékekkel lehet kalibrálni, hitelesíteni a mérőeszközöket. Az így definiált mennyiségek a **dózisegyenértékek**, ezek egysége is Sv (ill. J.kg⁻¹).
- Az emberi test (vagy az azt utánzó fantom) adott pontjára vonatkozó dózisegyenértékre, a sugárzás típusának és energiájának figyelembevételére épül.

- A területellenőrzésnél, akár munkahelyen is használatos a **környezeti dózisegyenérték - jele: $H^*(d)$** - amely a sugárzási tér egy adott pontjában elhelyezett ICRU-fantom d mélységében mért dózist jelenti, ha egyirányú a sugárzás, akkor a sugárzás irányával ellentétes oldalon. Erősen áthatoló (γ -) sugárzás esetén $d=10$ mm, gyengén áthatoló (β -) sugárzásnál $d=0,07$ mm .
- Mérőeszközöknél figyelni kell hogy $H^*(10)$ környezeti dózisegyenértékben legyen hitelesíthető
- Közölt dózis a levegőben K_a -ból (Kerma= dE_{rt}/dm) meghatározható f konverziós faktorra (MSZ14341:1991 sz.sz. 6 táblázata)
A személyi ellenőrzés esetén ajánlott az un. ***személyi dózisegyenérték – jele $H_p(d)$*** –
 $d=10$ mm, lágy szövetekre jellemző dózis,
 $d=3$ mm a szemlencse dózis,
 $d=0,07$ mm a bőr dózis.



Mérési módszerek szempontjából: Fizikai dozimetria/kémiai dozimetria/biológiai dozimetria

Dózisfogalmak használatának kiterjesztéséről

Általában mondható, amennyiben **más élőlények** (non-human biota) esetén hasonló fogalmakat akarunk használni mint az embernél, akkor az eddig bevezetett W_R , és W_T súlytényező értékeket - különösen az utóbbit - módosítani kell. További nehézséget jelent, hogy a vizsgálandó dózistartomány sokkal nagyobb mint embernél, azaz a súlytényezők dózistól való függését mindenképpen figyelembe kell venni.

$$W_T^{\text{🐭}} \neq W_T^{\text{👶}}$$



Ionizáló sugárzás hatása

- A sztochasztikus sugárhatás nominális károsodási együtthatói 1 Sv effektív dózis esetén, a dolgozókra és a teljes lakosságra külön-külön, az ICRP 103 2007-ben megjelent ajánlásai szerint.(0,005%/mSv, tehát 1mSv esetén 1:20000, 20mSv esetén 1:1000)

Egészségügyi hatások megjelenési módjai és ellenük való védekezés lehetőségei*.

Populáció	Végzetes rosszindulatú daganat	Nem végzetes rosszindulatú daganat	Súlyos örökletes hatások	Összesen
Felnőtt dolgozók	0,041	0,008	0,01	0,042 korábban 0,056)
Teljes népesség	0,055	0,01	0,02	0,057 korábban 0,073)

* OAH által előírt kötelező mondat a védekezést nem ebben az előadásban hangzik el

Sugaras kockázat

A kockázat (risk), mint számolt mennyiség:

$$\mathbf{R} = \mathbf{w} \cdot \mathbf{K} ,$$

ahol:

w : az esemény (expozíció) bekövetkezésének valószínűsége (max 1)

K: az eseménnyel (expozícióval) járó károsodás, ártalom súlyossága (max 1, mely halálestet jelent).

Példák

- a) ha az $E=1$ Sv effektív dózisú akut expozíció bekövetkezésének valószínűsége 0,1 és a következmény súlyossága $K=0,05$, akkor a kockázat $R=0,1 * 0,05 = 0,005$.
- b) Ha a $H=5$ Sv egyenérték dózisú pajzsmirigy expozíció bekövetkezésének valószínűsége 0,001 és az ebből eredő következmény súlyossága 0,0008, akkor a kockázat: $K = 0,001 * 0,0008 = 8 \cdot 10^{-7}$, „laborszlengben” 0,8 mikrorizikó.

A sugárvédelemben általában a $\approx 10^{-7}$ -nél kisebb kockázattal járó eseményeket elhanyagoljuk, azok értékének pontosítása szükségtelen. **KIZÁRAS** fogalma (ICRP103)

Mit jelent ez pontosan?

A sztochasztikus sugárhatás nominális károsodási együtthatói 1 Sv effektív dózis esetén, a dolgozókra és a teljes lakosságra külön-külön, az ICRP 1991-ben megjelent ajánlásai szerint

Populáció	Végzetes rosszindulatú daganat	Nem végzetes rosszindulatú daganat	Súlyos örökletes hatások	Összesen
Felnőtt dolgozók	0,04	0,008	0,008	0,056
Teljes népesség	0,05	0,01	0,013	0,073

Kockázat becslés:

A kockázat (risk), mint számolt mennyiség: $R = w \cdot K$, (w : az esemény (expozíció) bekövetkezésének valószínűsége (max 1), K : az eseménnyel (expozícióval) járó károsodás, ártalom súlyossága (max 1, mely halálestet jelent).

Esemény	K	w	R
CT felvétel közben valaki a szobában marad és 10mSv dózist szenved el.	(1Sv esetén 0,05) akkor 10mSv esetén $K=0,0005$	0,0001	5×10^{-8}
Tűszúrásos baleset Tc-99m izotóp, 10MBq véráramba jutása, $eg=2 \times 10^{-11}$, effektív dózis 0,0002Sv,	$K=0,00001$	0,01	1×10^{-7}
I-123 izotóp belélegzése 1MBq (5mikromAMAD,F) $eg=1,1 \times 10^{-10}$ Sv/Bq esetén	$K=5 \times 10^{-7}$	0,001	5×10^{-10}

Cutaneous radiation syndrome (CRS)

„kután szindróma”

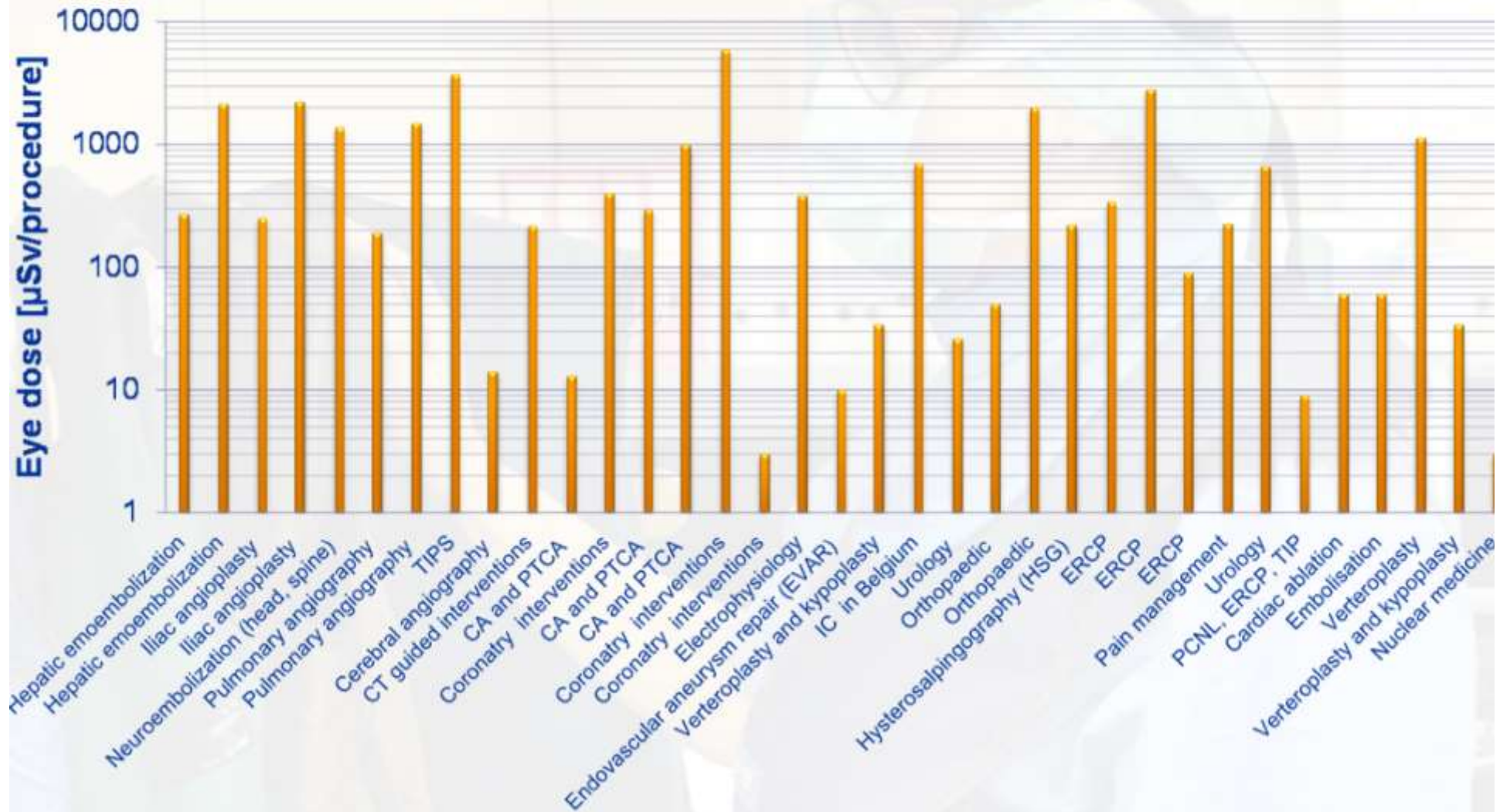


A bőr sugárkárosodását elsőként Leppin röntgencső építő mérnök észlelte a saját bőrén

Tünet	Dózis (Gy)	Idő (nap)
Erythema	3-10 (kb. 1 ó sugárment idő)	14-20
Elipáció	>3	14-18
Száraz bőr hámlás	8-12	25-30
Nedves bőr hámlás	15-20	20-28
Hólyagosodás	15-25	15-25
Fekélyesedés	>20	14-21
Necrosis (mélyebb rétegek)	>25	>21

SKIN PEAK DOSE 3Gy kb. 1 ó sugárment idő, egy irányból,

5. Eye lens dose in interventional radiology

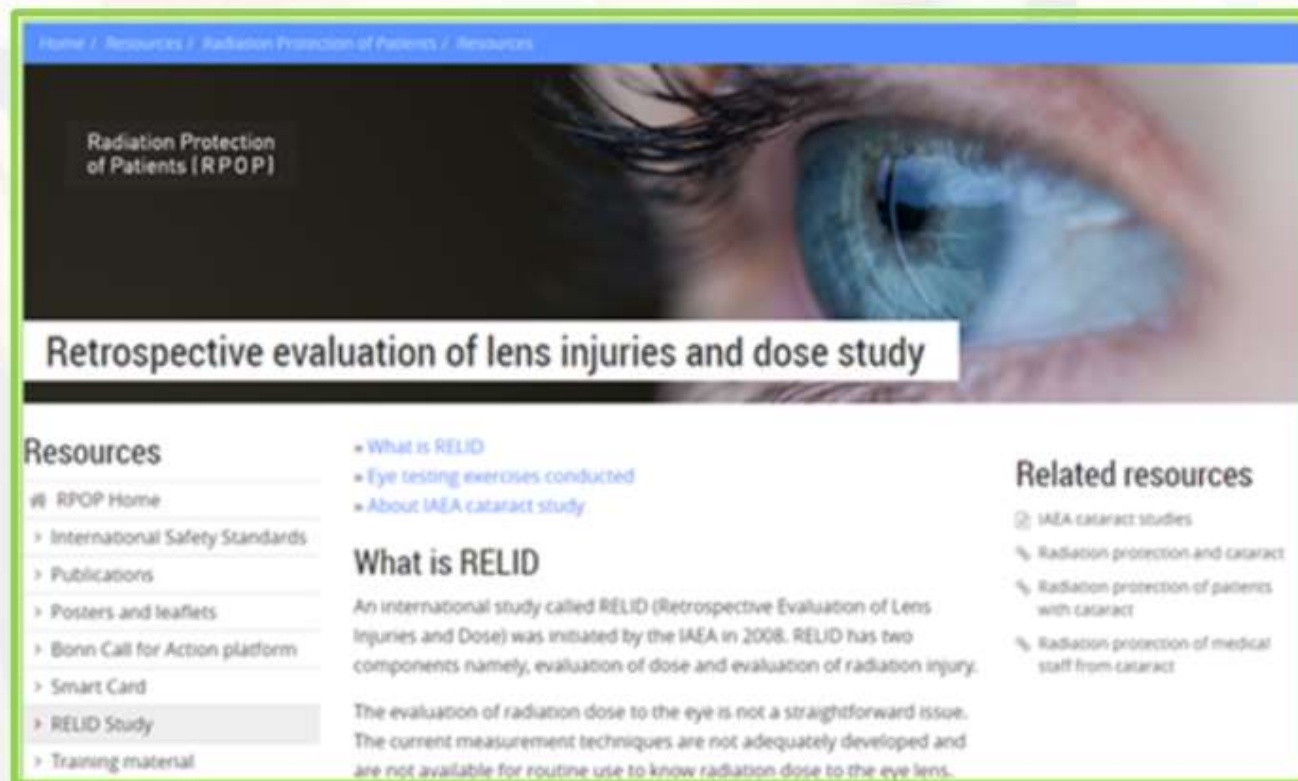


4. Cataract risk for radiology professionals

Opacities were found primarily among interventional cardiologists, but these findings may extend to interventional radiologists and other specialists, performing fluoroscopy guided interventional procedures, as well.

One third to half of the operators had lens opacities!

Opacities were found primarily among interventional cardiologists.

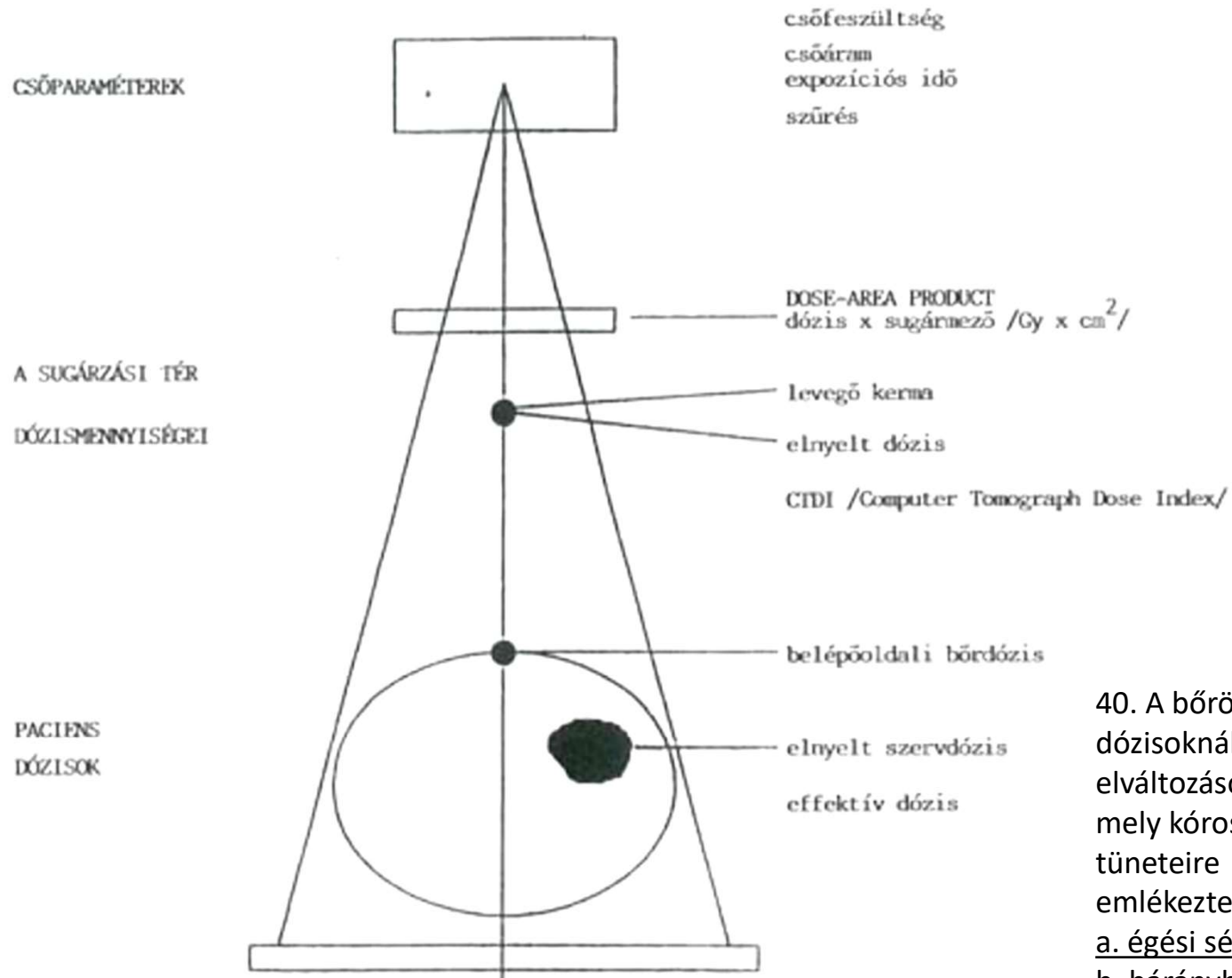


The screenshot shows a webpage with a blue header containing the breadcrumb 'Home / Resources / Radiation Protection of Patients / Resources'. Below the header is a large image of a human eye with a white cataract. The page title is 'Retrospective evaluation of lens injuries and dose study'. Under the title, there are three columns: 'Resources' with a list of links including 'RPOP Home', 'International Safety Standards', 'Publications', 'Posters and leaflets', 'Bonn Call for Action platform', 'Smart Card', 'RELID Study', and 'Training material'; 'What is RELID' with sub-links 'What is RELID', 'Eye testing exercises conducted', and 'About IAEA cataract study', followed by a paragraph explaining the study; and 'Related resources' with links to 'IAEA cataract studies', 'Radiation protection and cataract', 'Radiation protection of patients with cataract', and 'Radiation protection of medical staff from cataract'.

Páciensre vonatkozó dózis fogalmak

Pácienseknél
 TRIGGER
 LEVEL:
 SPD(Skin Peak
 Dose)=3Gy,
 KAP (Levegő
 kerma)
 500mGy cm^2 ,
 $K_{air}=5Gy$

Gy



A röntgendiagnosztikai sugárterhelés jellemzésére használható mennyiségek

40. A bőrön nagy dózisoknál megjelenő elváltozások leginkább mely kóros állapot tüneteire emlékeztetnek?
 a. égési sérülésekre
 b. bárányhimlőre
 c. ekcémára
 d. pikkelysömörre

Dózismennyiségek összehasonlítása

A sugárdózis mérésével, becslésével éppen arra kívánunk ismereteket szerezni, hogy mekkora hatás várható hetekkel, hónapokkal, esetleg évekkel később rosszindulatú daganat formájában, hogy a szükséges védelmi intézkedést, akár a gyógyítást a lehető legkorábban elkezdhessük.

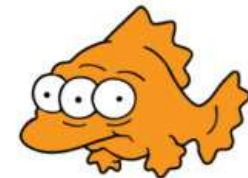
SIMPSONS GUIDE TO RADIATION



Bequerel [Bq]
How brightly your
Cesium glows



Gray [Gy]
How brightly
Cesium will make
you glow



Sieverts [Sv]
How many extra
eyes will you have
after glowing?

Megnevezés e és jele	Rövid meghatározása	Mértékegység	Érvényessége, megjegyzések
Elnyelt dózis, D	Sugárzás révén elnyelt energia osztva az elnyelő tömeggel	Gy ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Mindenfajta ionizáló (esetenként nem ionizáló) sugárzásra és mindenféle elnyelő anyagra (élettelenre is) értelmezhető. Egymagában nem jellemzi a biológiai hatás mértékét
Egyenérték dózis, H_T	Elnyelt dózis szorozva a sugárzás fajtájára jellemző súlytényezővel	Sv ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Elsősorban emberi szövetekre, szervekre, ≈ 1 Sv dózsig használható. Jellemző a szövetek, szervek biológiai, egészségkárosító hatására. Kiterjeszhető más élőlényekre is.
Effektív dózis, E	Egyenérték dózis és a szöveti súlytényezők szorzatának összege	Sv ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Emberi egésztestre, ≈ 1 Sv dózsig. A szöveti súlytényezők összege = 1. Megkötésekkel kiterjeszhető
Lekötött dózis	Szervezetbe került radioaktív anyagoktól, 70 ill. 50 év időtartamra integrálva	Gy, Sv	Csak belső dózisznál, értékét a radioaktív bomlás és a felszívódás ill. kiürülés sebessége határozza meg

1.5. Ismertesse a sugárvédelemben használt dózisfogalmakat

Megnevezése és jele	Rövid meghatározása	Mértékegység	Érvényessége, megjegyzések
Környezeti dózisegyenérték, $H^*(d)$	ICRU-fantomban, különböző mélységben és irányban mért dózis	Sv	Terület- és munkahely ellenőrzésre, a H_T és E jellemzésére használt dózis
Személyi dózisegyenérték, $H_p(d)$	ICRU-fantomban, különböző mélységben és irányban mért dózis	Sv	Személyi sugárterhelésre, a H_T és E jellemzésére használt dózis
Besugárzási dózis	Levegőben keletkező elektromos töltés és tömeg hányadosa	R, röntgen($1 R = 2,6 \cdot 10^{-4} C \cdot kg^{-1} \approx 0,009 Gy$)	Csak γ - ill. röntgen sugárzás és levegő elnyelő közeg esetén érvényes. Könnyen mérhető, de nem illeszkedik a SI-ba, ezért használata nem ajánlatos
Lekötött dózis	Szervezetbe került radioaktív anyagoktól, 70 ill. 50 év időtartamra integrálva	Gy, Sv	Csak belső dózisznál, értékét a radioaktív bomlás és a felszívódás ill. kiürülés sebessége határozza meg
Kollektív dózis, S	Több személyre, egy populáció egyéni dózisainak összege	személyGy, személySv	Sztochasztikus sugárhatásnál, néhány mSv-től néhány 100 mSv-ig használatos, társadalmi kockázat jellemzésére
Dózis-lekötés	Szervezetbe került radioaktív anyagoktól, $t=\infty$ -ig integrálva	Elsősorban személyGy ill. személySv	Egy hirtelen szennyeződést követően, több generációra kiterjedő kollektív dózis

1.5. Ismertesse a sugárvédelemben használt dózisfogalmakat

17. Milyen hatások jellemzésére használható az effektív dózis?

a. csak a determinisztikus

b. csak a sztochasztikus

c. valamennyi

d. csak a gamma-sugárzástól eredő

- KOCKÁZAT
- Gyakorlatban csak ezzel találkozunk
- Hol találkozunk Determinisztikus hatásokkal?
- (Terápia, alfaterápia, intervenció)

Védekezési szempontok

- Külső vagy Belső (vagy mind kettő)
 - Energia tartomány
 - Hullám vagy részecske természetű (vagy mind kettő)
 - Sugársérülés és vagy sztochasztikus hatás
-
- Jogi kategorizálás szerint: Lakosság vagy munkavállaló vagy páciens
 - Szabályozással való védekezés: Indoklás, optimálás, korlátozás
 - ALARA elvek
 - Mikrorizikók figyelembe vétele (Kizárás) 10^{-7} Sv, mentességi szintek
 - Tervezett dózis elszívás, baleseti szituáció, fennálló helyzet (radon a lakásban)

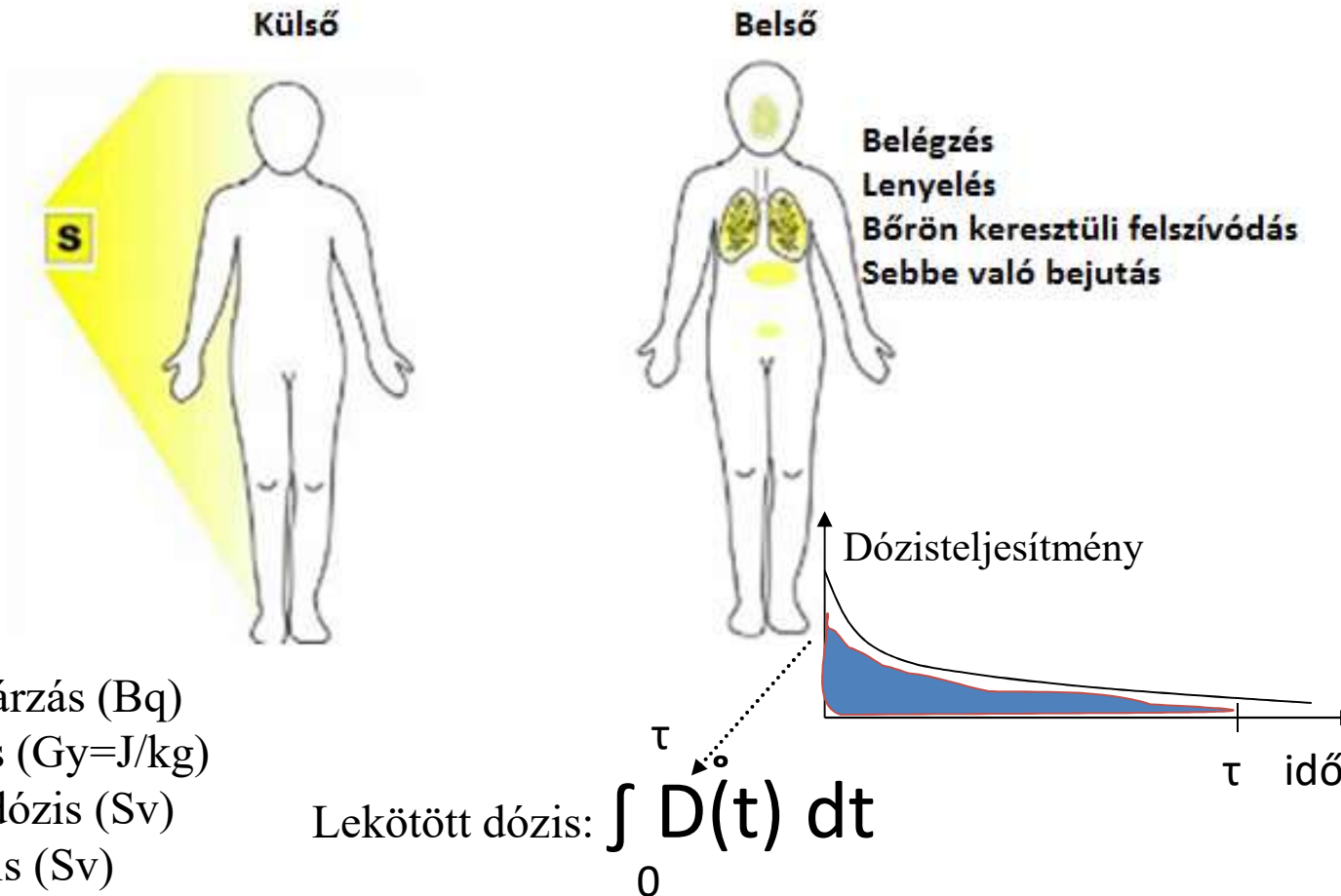
Valóság szerinti

Papír szerinti

Sugárterhelések osztályozásának szempontjai

- Sugárforrás elhelyezkedése: külső, belső sugárzás (az emberi testhez viszonyítva)
- Sugárzás eredete, forrása: természetes, mesterséges
- Sugárzás fajtája: α -, β -, γ -, neutron,
- Sugárterhelés szabályozása, ellenőrzése (expozíciós fajták): tervezett, veszélyhelyzeti, meglévő
- Időtartam (akut: 1-2 nap alatt, krónikus: évek)
- **Exponált csoportok, személyek (expozíciós kategóriák):** foglalkozási, lakossági, orvosi, (bióták?)
- *Az elhatárolódás, kategorizálás, osztályozás több esetben nem egyértelmű!*

Külső és belső sugárterhelés



Ionizáló sugárzás (Bq)
Elnyelt dózis (Gy=J/kg)
Egyenérték dózis (Sv)
Effektív dózis (Sv)

Integrálási időtartam szabályozáshoz: $\tau = 50$ év (felnőtt), 70 év (gyermek)

Dózis értékek, példák

•Sugár forrás	•Dózis
Természetes háttér éves átlagértéke hazánkban, egyéni dózis <ul style="list-style-type: none"> • ebből a Rn-leányelemek belégzése • (lekötött effektív dózis) 	•2-3 mSv effektív dózis •1,0-1,5 mSv
Egyéni dózis járulék a Paksi Atomerőműben dolgozóknál, éves átlag	•1,1 mSv effektív dózis
Ember félhalálos dózisa ($LD_{50/30}$), akut terhelés γ -sugárzástól	•4-5 Gy, elnyelt dózis
Orvosi, külső (elsősorban rtg diagn), éves	1,5 (0,1-5) mSv effektív dózis

Dózis korlátok szintén a kockázati elemzésekből vannak levezetve

Jelenleg ICRP 118 korábban az ICRP 103 adott ajánlást az alkalmazásnál használatos dózis korlátozásra.

/ Effektív dózis (külső+belső) egész testre vonatkozó dózis korlát 20mSv/év munkavállalókra és lakosságra 1mSv.

487/2015 Korm.rendeletből: helyett 2/2022 OAH rendelet

- A foglalkozási sugárterhelésre vonatkozó effektív dózis-korlát évi 20 mSv. Indokolt körülmények között az OAH egy-egy évben ennél nagyobb, de legfeljebb 50 mSv nagyságú effektív dózist is engedélyezhet, amennyiben bármely egymást követő öt évben – azokat az éveket is ideértve, amikor a korlátot meghaladták – az éves átlagos dózis nem haladja meg a 20 mSv értéket.

- Az effektív dózis-korlátok mellett az egyenérték dózisokra a következő korlátokat kell alkalmazni:

- a szemlencse egyenérték dózis korlátja évi 20 mSv,

- a bőrfelületre meghatározott egyenérték dózis korlátja évi 500 mSv, amely a bőrfelület tetszőleges 1 cm²-es területére számított átlagos dózissal vonatkozik, a sugárzásnak kitett teljes felület nagyságától függetlenül,

- a végtagok egyenérték dózis korlátja évi 500 mSv.

1.5. Ismertesse a sugárvédelemben használt dóziszfogalmakat

The Use of Effect
Radiological Protection

Free to Download

Publication	Title
ICRP 2017 Proceedings	Proceedings of the Fourth International Symposium on the System of Radiological Protection
ICRP Publication 139	Occupational Radiological Protection in Interventional Procedures
ICRP Publication 138	Ethical Foundations of the System of Radiological Protection
ICRP Publication 137	Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3
ICRP Publication 136	Dose Coefficients for Non-human Biota Environmentally Exposed to Radiation
ICRP Publication 135	Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging
ICRP Fukushima Proceedings	Proceedings of the International Workshop on the Fukushima Dialogue Initiative
ICRP Publication 134	Occupational Intakes of Radionuclides: Part 2
ICRP Publication 133	The ICRP Computational Framework for Internal Dose Assessment for Reference Adults: Specific Absorbed Fractions
ICRP Publication 132	Radiological Protection from Cosmic Radiation in Aviation
ICRP 2015 Proceedings	Proceedings of the Third International Symposium on the System of Radiological Protection
ICRP Publication 131	Stem Cell Biology with Respect to Carcinogenic Aspects of Radiological Protection

Editor-in-Chief
C.H. CLEMENS

Associate Editor
H. FUJII

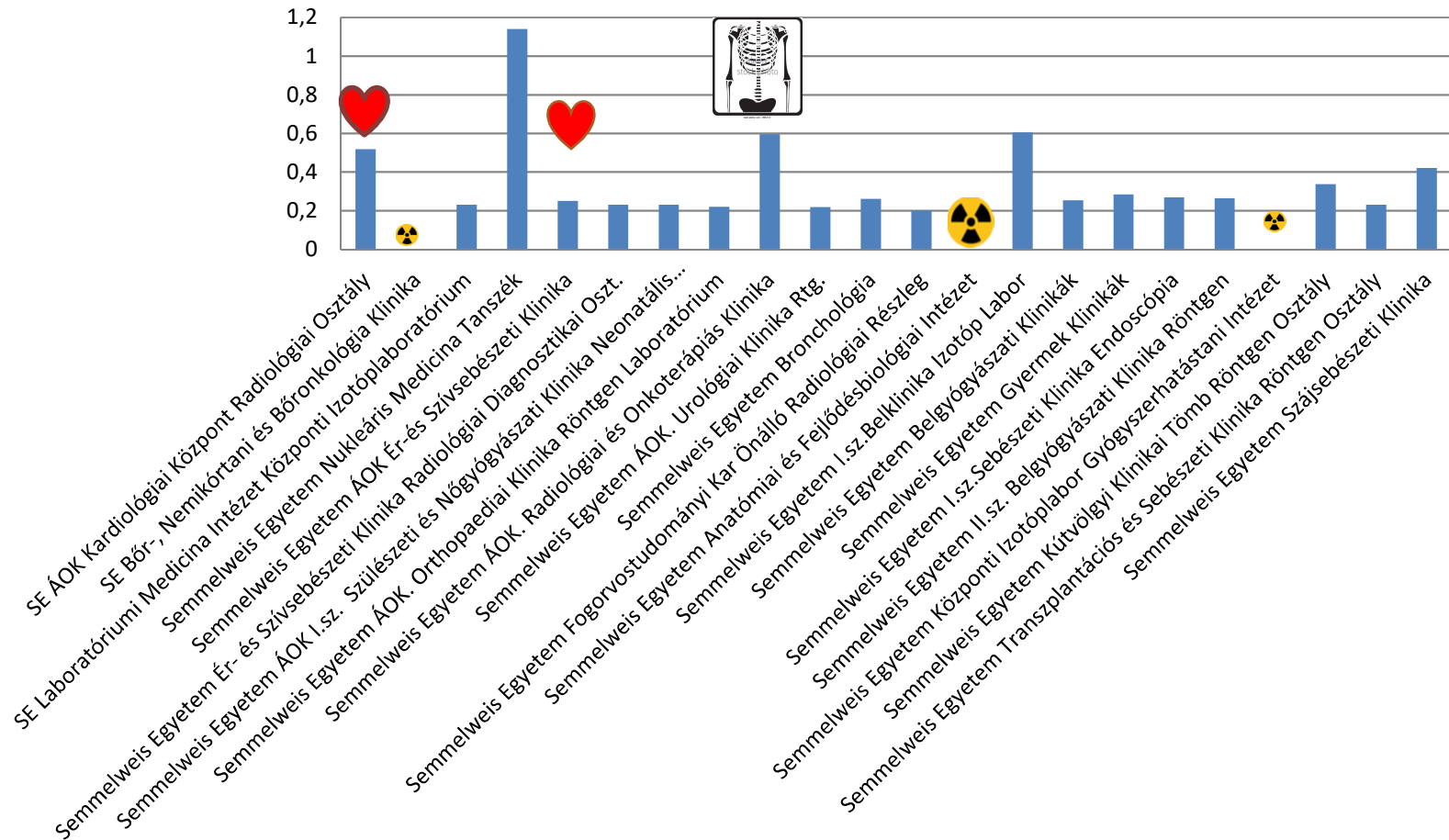
Authors on behalf of
J.D. Harrison, M. Balonov, F. Bocola, P. Ortiz-Lopez, R. Smith-Bindman

PUBLISHED BY
The International Commission on Radiological Protection
by
[SAGE Publications]

- <https://www.icrp.org/>

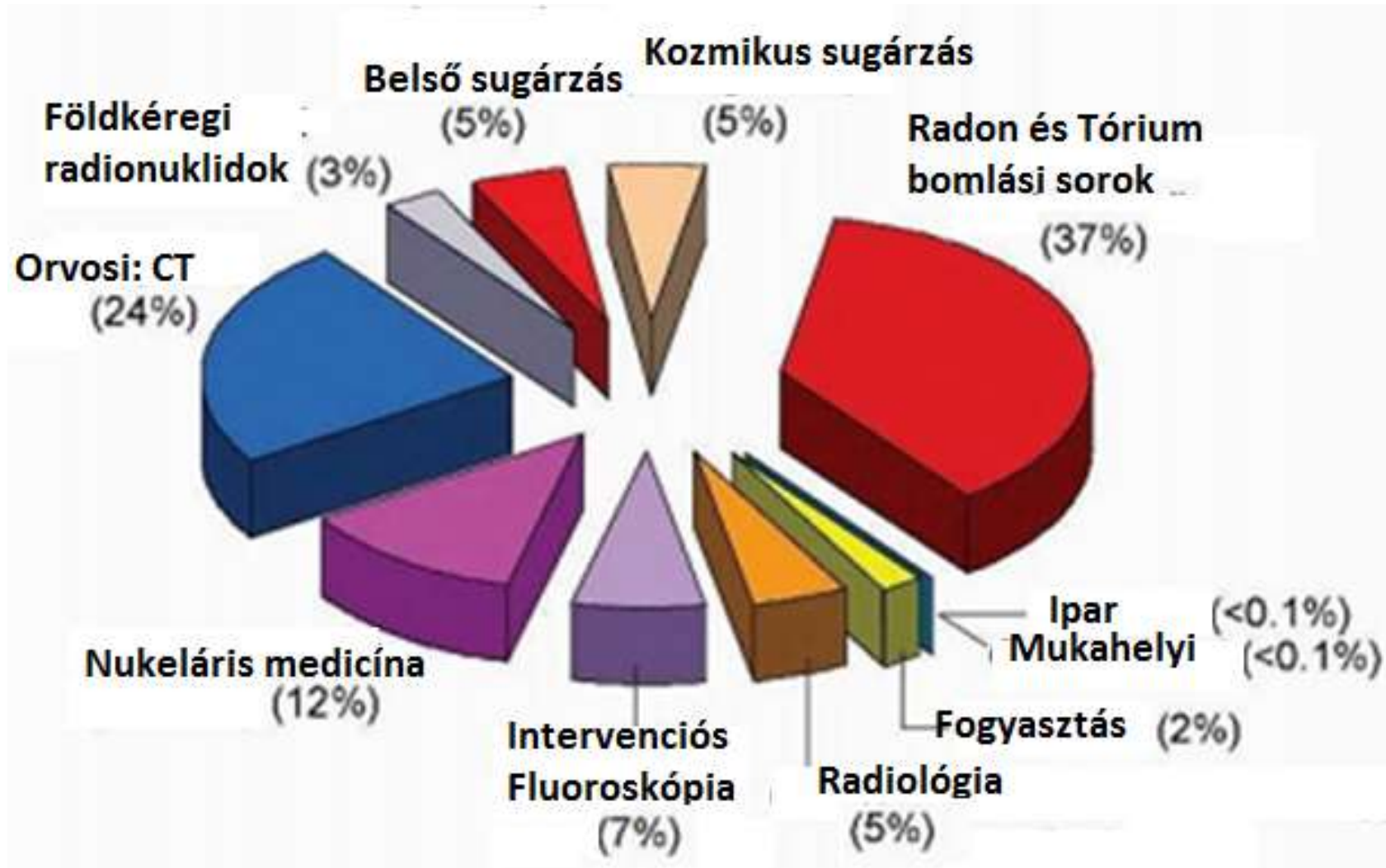
Éves Effektív dózisok átlaga ionizáló sugárzást alkalmazó munkaterületekre leosztva

■ Éves effektív dózis átlag (mSv)



A természetes és mesterséges sugárterhelés forrásai

NCRP tanulmány 160 USA Lakosság effektív dózis eloszlása sugár források szerint (2006)



2.2. Ismertesse a természetes és mesterséges eredetű sugárterhelés főbb forrásait

DÓZISSZÁMÍTÁSOK

(ismert izotóp, ismert aktivitás)

Tipikus expozíciós útvonalak

- pontforrás
- felszíni forrás (szennyezett talaj)
- térfogati forrás (fél-végtelen felhő)

- inhaláció
- lenyelés

- MIRD (Medical Internal Radiation Dose)
forrásszerv - célszerv

Dózis teljesítmény meghatározására vonatkozó számítási módszerek

Pontforrásra vonatkozó sugárzó anyag esetén:

$$D = \Gamma \cdot A \cdot t / r^2$$

ahol: D: Elnyelt dózis [μGy], t idő [h] alatt, r távolságban [m], Γ :
külső- γ dózisállandó [$\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1} / \text{GBq}\cdot\text{m}^{-2}$], A: pontforrás aktivitása
[GBq]

Pl. I-131 esetén: $\Gamma = 50 [\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1} / \text{GBq}\cdot\text{m}^{-2}]$

Térfogati és felületi gamma-, ill. beta-sugárzástól (külső dózis
levegőben, ill. felülettől)

$$S = K_{\gamma} \cdot C \cdot t$$

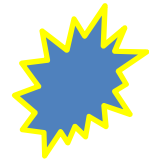
Ahol: S: effektív dózis, v. egyenérték dózis [Sv], C: radionuklid
koncentráció [térfogati: $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$; felszíni: $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$], K_{γ} : külső
gamma- (ill. beta) dózisegyüttható

[térfogati: $(\text{Sv}\cdot\text{m}^3)/(\text{Bq}\cdot\text{s})$; felszíni: $(\text{Sv}\cdot\text{m}^2)/(\text{Bq}\cdot\text{s})$], –a beta-sugárzás
esetén bőrdózist kell számolni (K_{β})

A számításokhoz használható online elérhető

<http://www.radprocalculator.com/Gamma.aspx> dózis számoló
program. Ez nem veszi figyelembe a fékezési rtg.-t és kicsit felül
becsül a valóságban mért értékekhez.

Pontforrás



SL, MSSZ

- $D = \Gamma \cdot A \cdot t / r^2$
- ahol:
- D: Elnyelt dózis [μGy], t idő [h]alatt,
- r távolságban [m]
- Γ : külső- γ dózisállandó [$\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1} / \text{GBq}\cdot\text{m}^{-2}$]
- A: pontforrás aktivitása [GBq]

Pl. I-131 esetén: $\Gamma = 50 [\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1} / \text{GBq}\cdot\text{m}^{-2}]$

pontforrásra vonatkozva/levegőre I-131 esetén:

távolság (cm)	aktivitás (MBq)	elméleti dózis teljesítmény (mikroSv/h)
100	785	42,5

A legnagyobb használt aktivitások és tőlük 1m távolságban és 2 mm Pb védelem alatt mért dózis teljesítmény értékek.

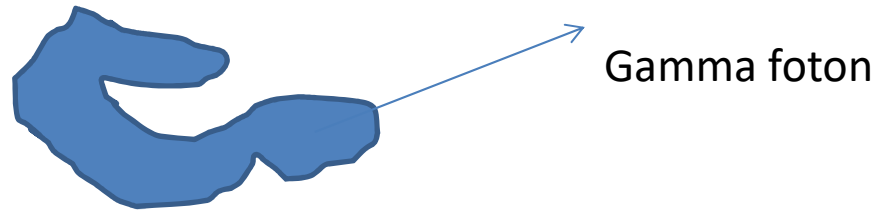
Számítás : $D_{\gamma} = (K_{\gamma} \cdot A) / l^2$, D_{γ} dózis teljesítmény ($\mu\text{Sv/h}$), K_{γ} levegőre vonatkozó dózis állandó ($\mu\text{Sv m}^2/\text{GBq} \cdot \text{h}$), A aktivitás (GBq), l távolság (m),

Izotóp	maximális beadott aktivitás	1m távolságban mért dózis teljesítmény	2mm Pb védelem 1m távolságra számított dózis teljesítmény
Tc-99m	1GBq/beteg	15-20 $\mu\text{Sv/h}$	1 $\mu\text{Sv/h}$
Sm-153	2,5GBq/beteg	10-15 $\mu\text{Sv/h}$	1 $\mu\text{Sv/h}$
Y-90	400MBq/beteg	4-10 $\mu\text{Sv/h}$	0,5 $\mu\text{Sv/h}$
I-131	550MBq/beteg	20-25 $\mu\text{Sv/h}$	16 $\mu\text{Sv/h}$

Felszíni és térfogati szennyeződés

- Térfogati és felületi gamma –, ill. beta-sugárzástól (külső dózis levegőben, ill. felülettől)

- $S = K_{\gamma} \cdot C \cdot t$



- S: effektív dózis, v. egyenérték dózis [Sv]
- C: radionuklid koncentráció [térfogati: Bq.m⁻³; felszíni: Bq.m⁻²]
- K_{γ} : külső gamma- (ill. béta) dózisegyüttható
- [térfogati: (Sv.m³)/(Bq.s); felszíni: (Sv.m²)/(Bq.s)]
- a beta-sugárzás esetén bőrdózist kell számolni (K_{β})

Belső sugárterhelés számítás vizeletből

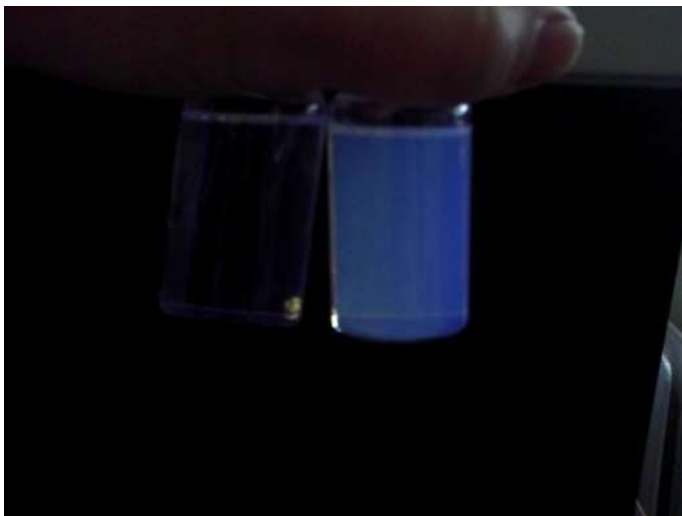
$$I_0(Bq) = \frac{a_t(Bq/l)}{f_t}$$

$$H_t(Sv) = I_0(Bq) \cdot e_{ff}(Sv/Bq)$$

a_t vizelet aktivitás koncentrációja t-napon;

f_t t naphoz tartozó exrékciós hányados;

e_{ff} effektív dózis koefficiens



*Technical Recommendations
for Monitoring Individuals for
Occupational Intakes of
Radionuclides*



[ISO 20553:2006](#). Monitoring of workers occupationally exposed to a risk of internal contamination with radioactive material

[ISO 28218:2010](#). Performance criteria for radio-bioassay

[ISO 27048:2011](#). Dose assessment for the monitoring of workers for internal radiation exposure

[ISO 16638-1:2015](#). Monitoring and internal dosimetry for specific materials. Part 1: Uranium

[ISO 16637:2016](#). Monitoring and internal dosimetry for staff exposed to medical radionuclides as unsealed sources

C.M. Castellani, J.W. Marsh, C. Hurtgen, E. Blanchardon, P. Bérard, A. Giussani, M.A. Lopez (2013). [IDEAS Guidelines](#) (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data. EURADOS Report 2013-01

2.3. Belső és külső sugárterhelés fogalma, besugárzási útvonalak

Belső (inhal.+lenyelési) dózis

$$S = K \cdot A$$

ahol:

- S: effektív, vagy egyenérték dózis [Sv]
- A: belélegzett, ill. lenyelt aktivitás [Bq]
- K_h, K_l : inhalációs, ill. lenyelési dózisállandó [Sv/Bq],

korfüggők!

Amennyiben a belélegzett levegő, ill. a fogyasztott élelmiszer szennyezettsége ismert, akkor

- $A = C_l \cdot R_h \cdot t$ (C_l : levegő konc., Bq/m³, R_h : légzésteljes., m³/h)
- $A = C_f \cdot I_f \cdot t$ (C_f : élelm. akt.konc., Bq/kg, I_f : fogyasztás, kg/nap)
- t: ott-tartózkodás, ill. fogyasztás időtartama [h, ill. nap]

2013/59/EURATOM alapján EC RP 188 „Internal Dosimetric Service” ezt a tagországra bízza, nálunk 1mSv felett kötelező, nincsenek szakmai képzések, hiányos analitika.

2.3. Belső és külső sugárterhelés fogalma, besugárzási útvonalak

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

Farmakon használati utasításában
Készülékek kézikönyvében

RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK (2002)

Thallium - 201

$^{201}\text{Tl}_{81}$

Half life: 3.04 days
Specific activity: $7.90\text{E}+15 \text{ Bq.g}^{-1}$

Risk group: 3
Risk colour: Yellow

Main emissions (keV)				
	Gamma or X	Beta (Emax)	Electrons	Alpha
	E %	E %	E %	E %
E1	71 47		16 10	
E2	135 3		84 16	
E3	167 10		153 3	
% omitted	94.1		28	

Exemption levels	
Quantity (Bq)	$1\text{E}+06$
Concentration (Bq.g^{-1})	$1\text{E}+02$

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A1 value	$1\text{E}+1$
IAEA ST1 A2 value	$4\text{E}+0$

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h^{-1}) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m^{-2} (as appropriate)

Point source (30 cm)	Infinite plane source	10 ml glass vial	Contact with 50 ml glass beaker	Contact with 5 ml plastic syringe
Betas, electrons (skin dose) $0.00\text{E}+0$	Betas, electrons (skin) 10 cm $1.4\text{E}-03$ 1 m $0.0\text{E}+00$	100 cm $1.85\text{E}-5$	$6.27\text{E}-2$	$2.85\text{E}-1$
Gammas, X rays (deep tissue dose) $1.97\text{E}-4$	Photons (skin) 10 cm $1.6\text{E}-03$ 1 m $1.3\text{E}-03$			
	Photons (deep dose) 10 cm $1.6\text{E}-03$ 1 m $1.3\text{E}-03$			

The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

CONTAMINATION	
Contamination skin dose (mSv.h^{-1})	Derived limits (Bq.cm^{-2})
Uniform deposit (1kBq.cm^{-2}) $2.70\text{E}-1$	Betas and electrons (Total absorption)
0.05 ml droplet (1 kBq) $8.39\text{E}-3$	Glass 0.2
	Plastic 0.3
	Gamma and X rays (half and tenth value thickness)
	Lead <1 1
	Steel 3 12

SHIELDING (mm)	
Betas and electrons (Total absorption)	
Glass	0.2
Plastic	0.3
Gamma and X rays (half and tenth value thickness)	
Lead	<1 1
Steel	3 12

* If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique

INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS	
COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq^{-1})	
Ingestion f_1	Inhalation
All compounds 1.000 $9.5\text{E}-11$	All compounds 1 μm $5 \mu\text{m}$
	F 4.7E-11 7.6E-11
	M
	S
Highest dose organ Lungs 20 mSv $\text{A1}_{\text{Ingestion}}$ $2.1\text{E}+08$ (Bq)	20 mSv $\text{A1}_{\text{Inhalation}}$ $2.6\text{E}+08$ (Bq)

MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)					
PHYSICO-CHEMICAL STATE	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area	
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood
All compounds	0.01	$1\text{E}+07$	$1\text{E}+08$	$3\text{E}+07$	$3\text{E}+08$ $5\text{E}+09$

Technetium - 99m

$^{99\text{m}}\text{Tc}_{43}$

Half life: 6.0 hours
Specific activity: $1.95\text{E}+17 \text{ Bq.g}^{-1}$

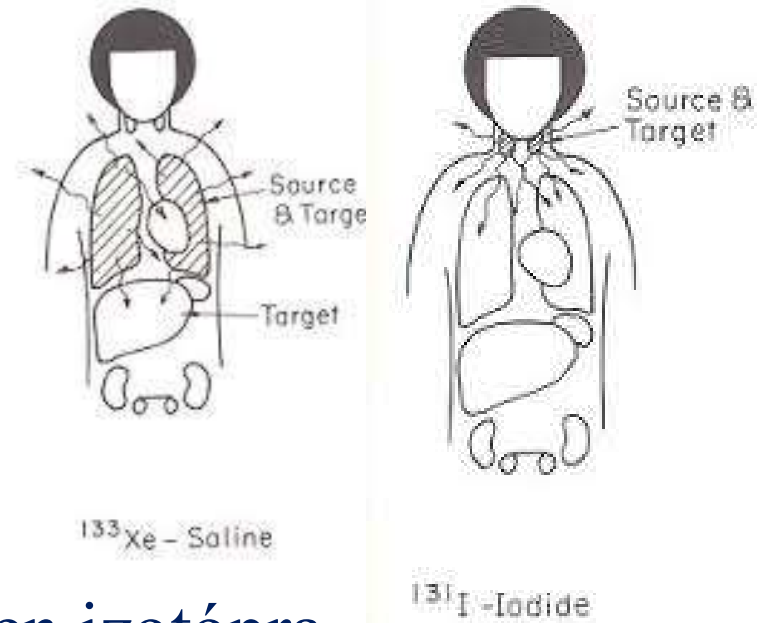
Risk group: 4
Risk colour: Green

MIRD-eljárás elve (Medical Internal Radiation Dose)

Ha egyik szervben van „A” aktivitás, az a másokban mekkora dózist ad?

Például:

- OLINDA
- DCAL
- ICRP adatbázisok



Minden forrásszerv-célszerv, minden izotópra, emberi/szervi méretfüggő (standard man)!

Gyakorlatban hol találkozunk a dozimetriai fogalmakkal?

MATERIAL SAFETY DATA SHEET

OSSKI TLD kiértékelő lapon

Éves jelentésekben

Programokban:

OLINDA, IMBA, IDEAS SYSTEM, MONDAL

Farmakon használati utasításában

Készülékek kézikönyvében

RADIONUCLIDE AND RADIATION PROTECTION DATA HANDBOOK (2002)

Thallium - 201

Half life: 3.04 days
Specific activity: 7.90E+15 Bq.g⁻¹






201Tl₈₁
Risk group: 3
Risk colour: Yellow

Main emissions (keV)								
	Gamma or X		Beta (Emax)		Electrons		Alpha	
	E	%	E	%	E	%	E	%
E1	71	47			16	10		
E2	135	3			84	16		
E3	167	10			153	3		
% omitted	94.1				28			



Exemption levels	
Quantity (Bq)	1E+06
Concentration (Bq.g ⁻¹)	1E+02

Transport (TBq)	
IAEA ST1 A ₁ value	1E+1
IAEA ST1 A ₂ value	4E+0

EXTERNAL EXPOSURE (mSv.h⁻¹) for an activity of 1 MBq or 1 MBq.m⁻² (as appropriate)

Point source (30 cm)	Infinite plane source	10 ml glass vial	Contact with 50 ml glass beaker	Contact with 5 ml plastic syringe
				
Betas, electrons (skin dose) 0.00E+0	Betas, electrons (skin) 10 cm 1.4E-03 1 m 0.0E+00 Photons (skin) 10 cm 1.6E-03 1 m 1.3E-03 Gammas, X rays (deep tissue dose) 1.97E-4	100 cm 1.85E-5	6.27E-2	2.85E-1

The values above do not include Bremsstrahlung radiation.

CONTAMINATION	
Contamination skin dose (mSv.h ⁻¹)	Detection
Uniform deposit (1 kBq.cm ⁻²) 2.70E-1	Recommended probes*
0.05 ml droplet (1 kBq) 8.39E-3	Alpha
	Beta +
	Gamma +
	X rays ++
	Derived limits (Bq.cm ⁻²)
	Removable contamination 2E+2
	Fixed contamination 3E+2

* If no probes are indicated the recommended technique is to use a wipe test in association with a probe or liquid scintillation technique

SHIELDING (mm)	
Betas and electrons (Total absorption)	
Glass	0.2
Plastic	0.3
Gamma and X rays (half and tenth value thickness)	
Lead	1/2 < 1, 1/10 1
Steel	3, 12

INTERNAL EXPOSURE FOR WORKERS

COMMITTED EFFECTIVE DOSE PER UNIT INTAKE (Sv.Bq⁻¹)

Ingestion	Inhalation	
	1 μm	5 μm
All compounds	1.000 9.5E-11	All compounds F 4.7E-11 7.6E-11 M S
Highest dose organ	Lungs 20 mSv ALL _{ingestion} 2.1E+08 (Bq)	20 mSv ALL _{inhalation} 2.6E+08 (Bq)

MAXIMUM RECOMMENDED ACTIVITIES IN LOW LEVEL OR INTERMEDIATE LEVEL LABORATORIES (Bq)

Subject to external exposure requirements which may be more restrictive

PHYSICO-CHEMICAL STATE	Volatility factor (k)	Supervised area		Controlled area	
		Bench	Fume hood	Bench	Fume hood
All compounds	0.01	1E+07	1E+08	4E+07	1E+08

139

Köszönöm a figyelmet

A SUGÁRTERHELÉS FAJTÁI ÉS SZINTJEI, LAKOSSÁGI SUGÁRTERHELÉS

A természetes és mesterséges sugárterhelés forrásai

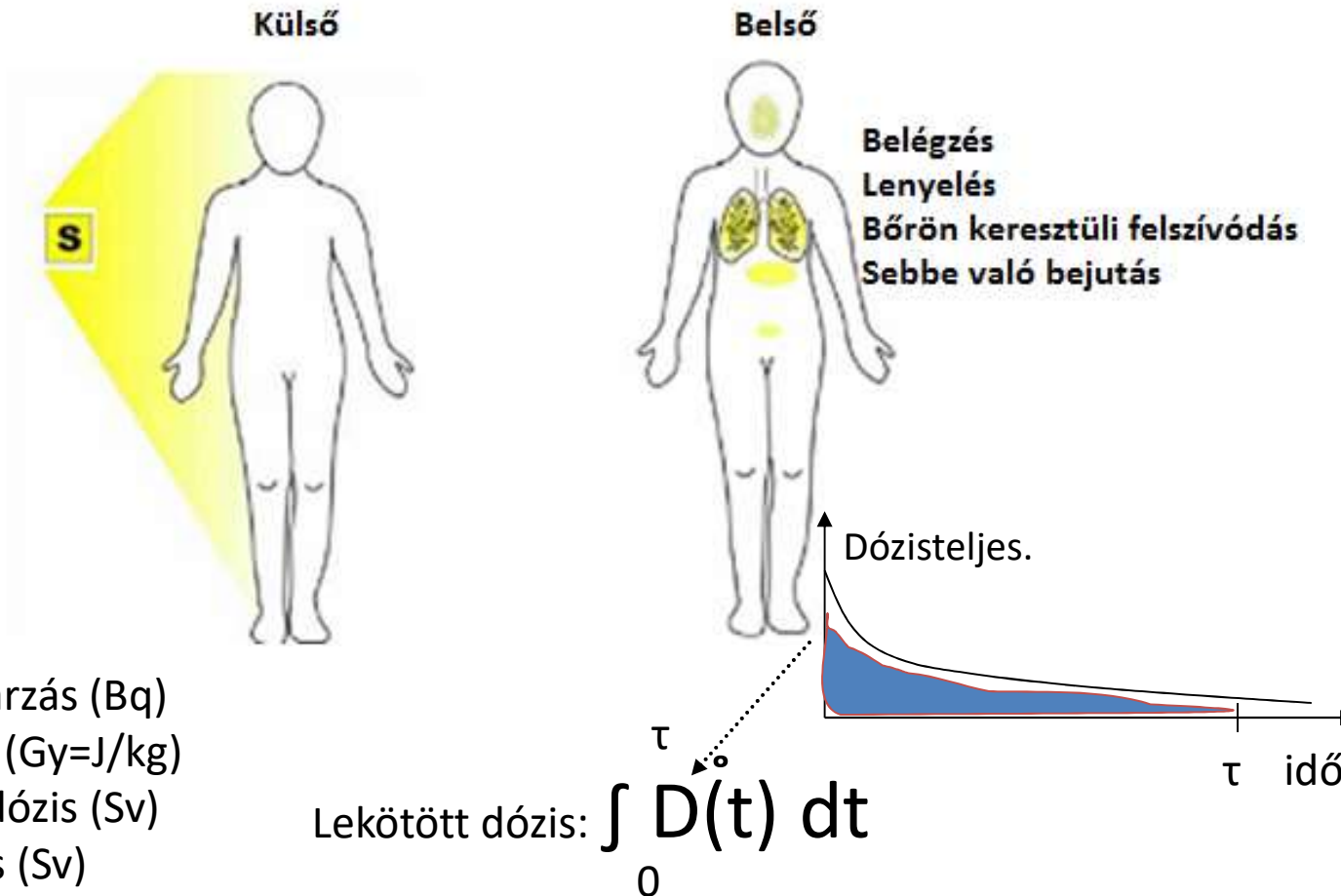
Taba Gabriella ,SE Sugárvédelmi Szolgálat

Sugárterhelések osztályozásának szempontjai

- Sugárforrás elhelyezkedése: külső, belső sugárzás (az emberi testhez viszonyítva)
- Sugárzás eredete, forrása: természetes, mesterséges
- Sugárzás fajtája: α -, β -, γ -, neutron,
- Sugárterhelés szabályozása, ellenőrzése (expozíciós fajták): tervezett, veszélyhelyzeti, meglévő
- Időtartam (akut: 1-2 nap alatt, krónikus: évek)
- **Exponált csoportok, személyek (expozíciós kategóriák):** foglalkozási, **lakossági**, orvosi, (bióták?)

Az elhatárolódás, kategorizálás, osztályozás több esetben nem egyértelmű!

Külső és belső sugárterhelés



Integrálási időtartam szabályozáshoz: $\tau = 50$ év (felnőtt), 70 év (gyermek)

2.3. Belső és külső sugárterhelés fogalma, besugárzási útvonalak

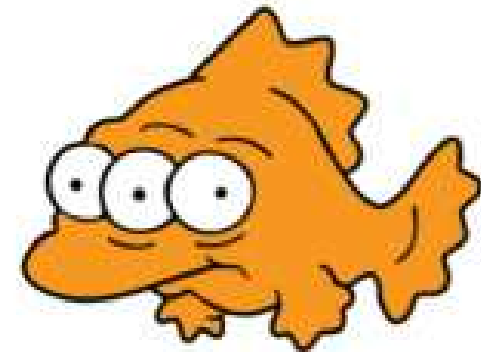
SIMPSONS GUIDE TO RADIATION



Bequerel [Bq]
How brightly your
Cesium glows



Gray [Gy]
How brightly
Cesium will make
you glow



Sieverts [Sv]
How many extra
eyes will you have
after glowing?

Expozíciós Kategóriák

- Munkavállalóra vonatkozóan
- Lakosságra vonatkozóan
- Nem humán-Biota

49. Melyik a lakosságot természetes forrásoktól érő dózis legnagyobb összetevője?
a. a naptól eredő kozmikus sugárzás
b. a talajtól és az építőanyagoktól eredő radonterhelés (kb 2,5mSv/év)
c. a csillagközi térből érkező kozmikus sugárzás
d. a szervezetünkbe beépült kálium radioaktív izotópjától eredő sugárzás



2.2. Ismertesse a természetes és mesterséges eredetű sugárterhelés főbb forrásait

Lakossági sugárterhelés eredete, forrása, dózisa

- Természetes sugárterhelés

évi $\approx 2,5$ mSv effektív dózis (külső + belső)



- Mesterséges sugárterhelés

évi $\approx 1,7$ mSv effektív dózis (elsősorban külső, orvosi diagnosztika)

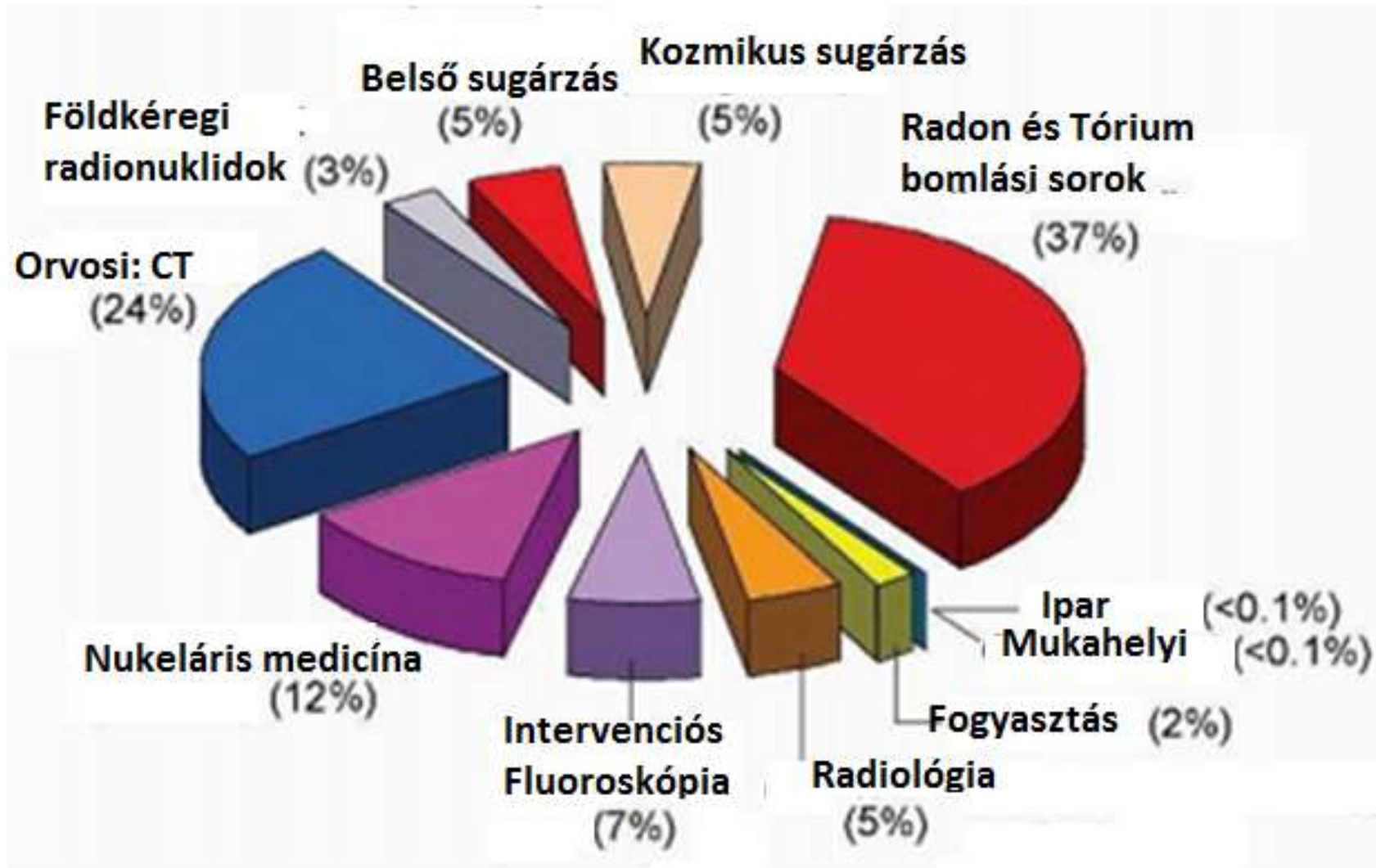


- Összehasonlítás kép munkavállalóknál:
- Éves dózis korlát 20mSv
- Éves dózis megszorítás 2mSv (40mikroSv/hét dolgozókra, 6mikroSv/hét lakosságra)
- Tervezési korlátozás 2mSv/év
- Kivizsgálási szintek: munkahelyi (2mSv), hatósági (6mSv), INES 2 (20mSv felett) nemzetközi bejelentés
- Egyetemen előforduló dózis járulékok: 1-0,2mSv

51. Mennyi a magyarországi lakosokat természetes forrásokból érő tipikus évenkénti effektív dózis?

- a. kb. 2-3 mSv
- b. kb. 1 mSv
- c. kb. 20 mSv
- d. kb. 6 mSv

NCRP tanulmány 160 USA Lakosság effektív dózis eloszlása sugár források szerint (2006)



Természetes eredetű külső sugárzások

Kozmikus sugárzás

Kozmogén radionuklidok

Földkérgi radionuklidok

Primodiális radionuklidok

Szóló radionuklidok



15 km

10

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$



10 km

5

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$



Himalája

6,7 km

1

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$

Mexikóváros

2,3 km

0,1

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$

Tengerszint

0 km

0,03

$\mu\text{Sv} \cdot \text{óra}^{-1}$



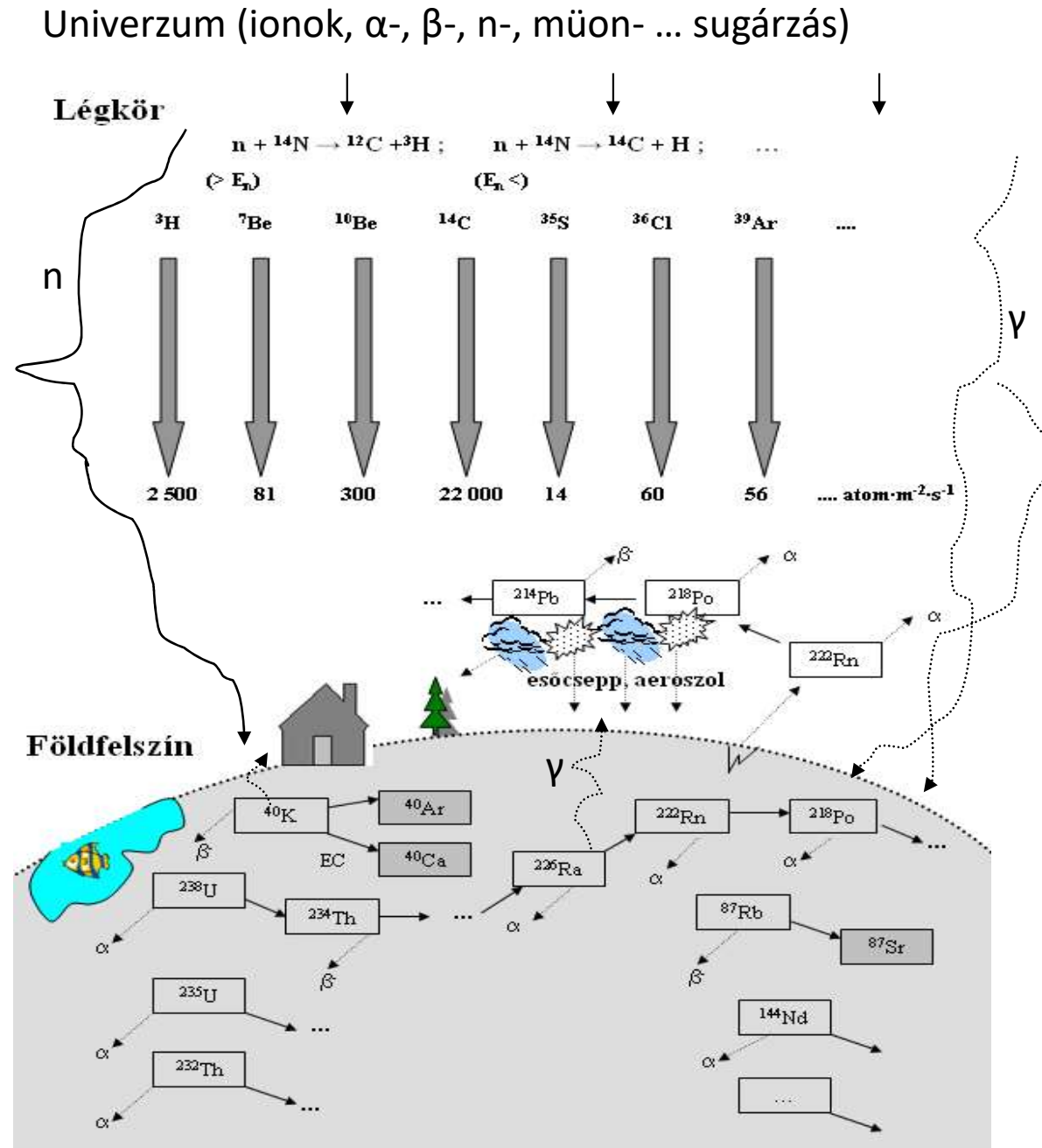
Magas természetes háttérű területek



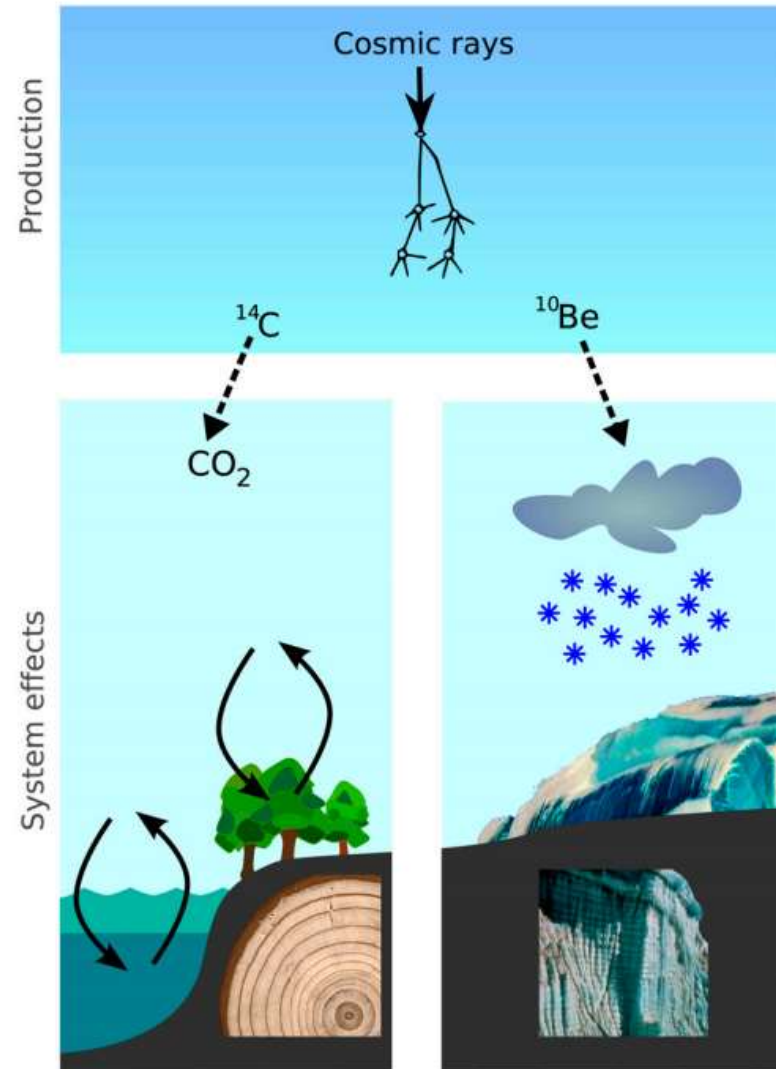
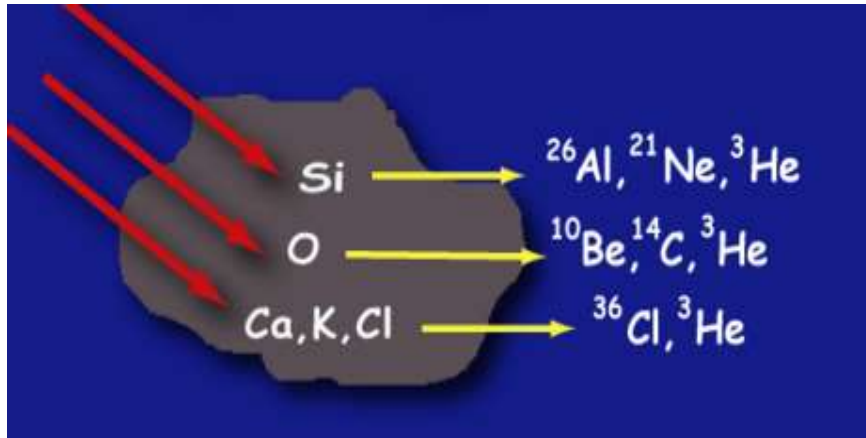
Ország	Terület	Terület jellege	Dózis teljesítmény (nGy/h)
Brazília	Guarapari	Monazit, vulkanikus kőzetek	90-90 000 (strandok)
Kína	Yangjiang	Monazit	370
Egyiptom	Nílus Delta	Monazit homok	20-400
Francia ország	Közép Dél-nyugat	Monazit homok Urán tartalmú kőzetek	20-400 10-10 000
India	Kerala és Madras	Monazit homok	200-4000
Irán	Ramsar Mahallat	Források	70-17 000 800-4000
Magyarország	Mecsek	MÉV rekultivált központi meddőhányója	250
Svájc	Tessin, Alpok	Gneiss vulkán, Ra-226 karszt	100-200

Természetes: Kozmogén és földkérgi radionuklidok

Külső+Belső



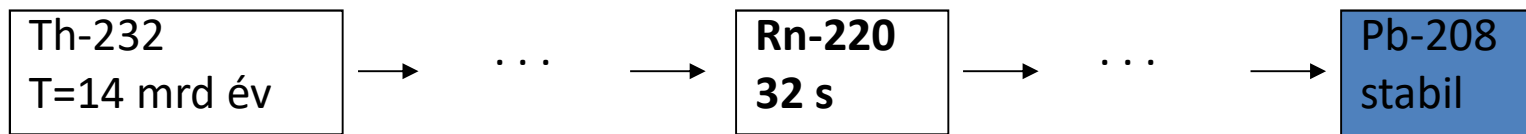
Kozmogén izotópok keletkezése



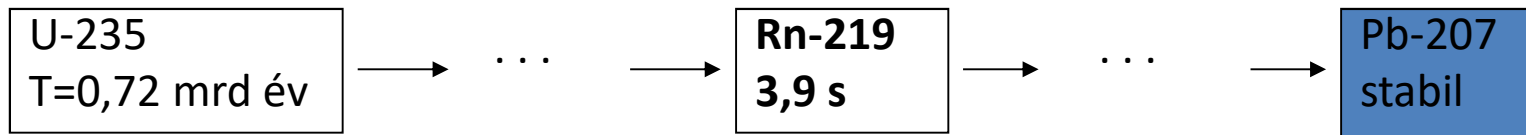
A földkérgi sugárterhelést meghatározó **természetes radioaktív bomlássorok**

Primodiális nuklidok (Th,U sorok, szőlő radionuklidok K-40,

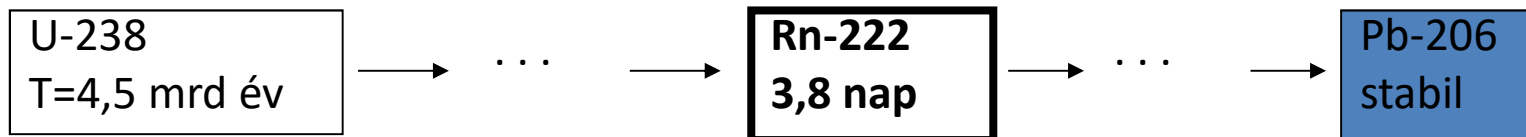
Tórium sorozat



Aktínium sorozat



Urán sorozat

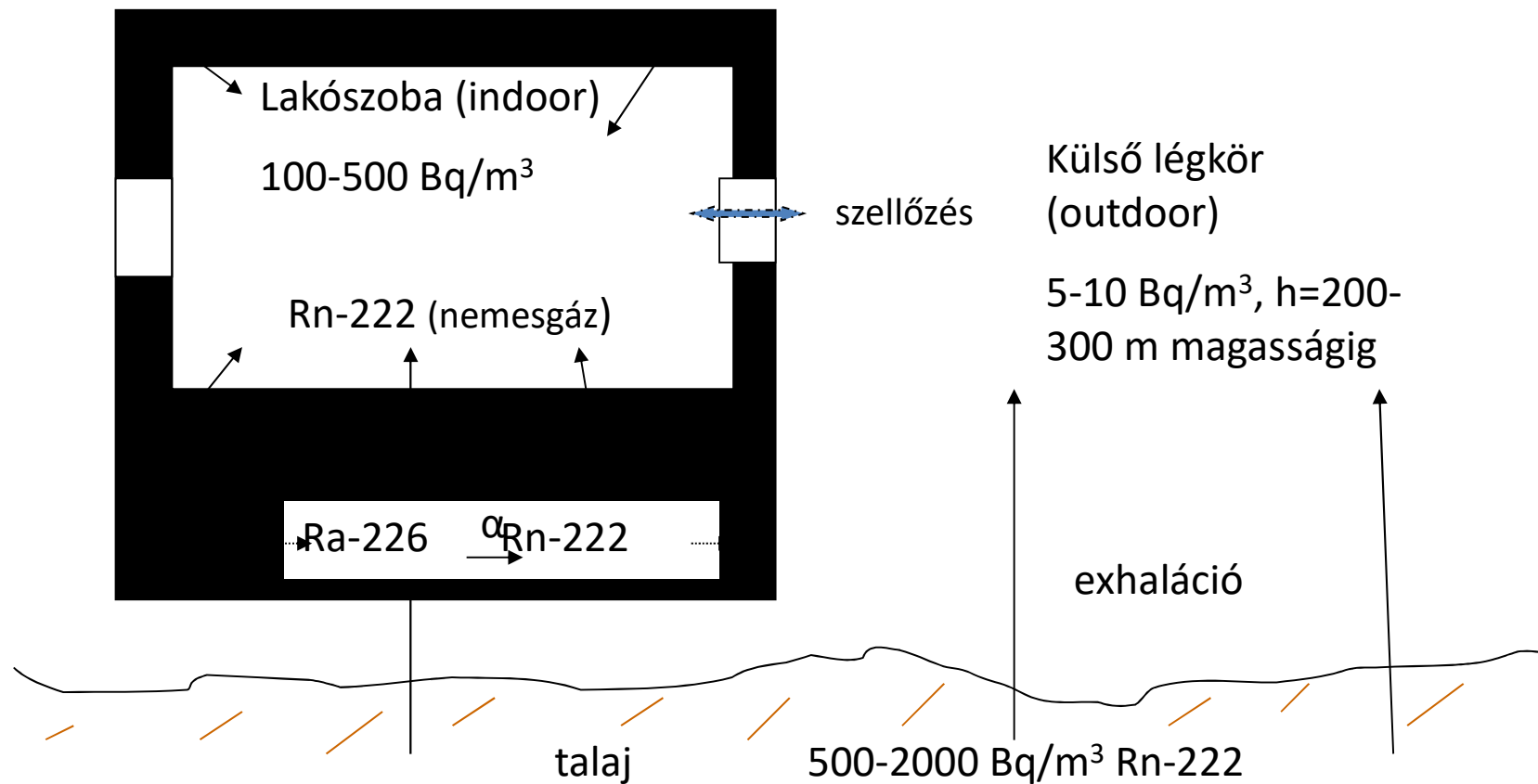


Lényeges folyam.: Rn-emanáció: a Rn nemesgáz a kristályrácsból kiszabadul a talajgázokba

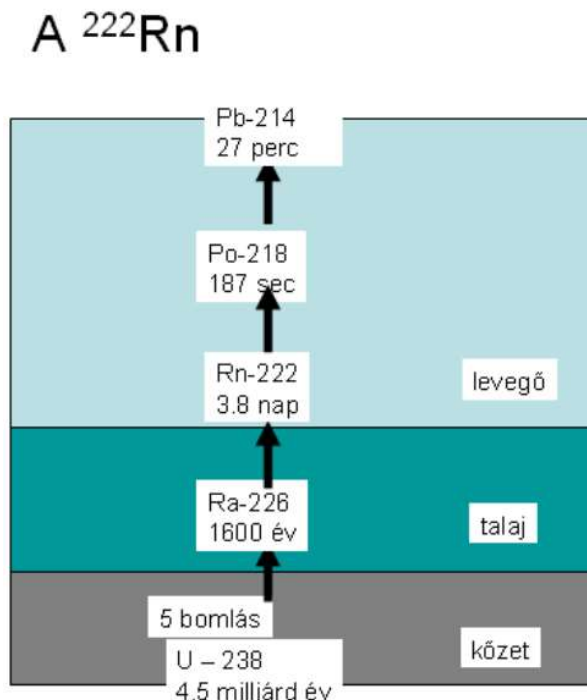
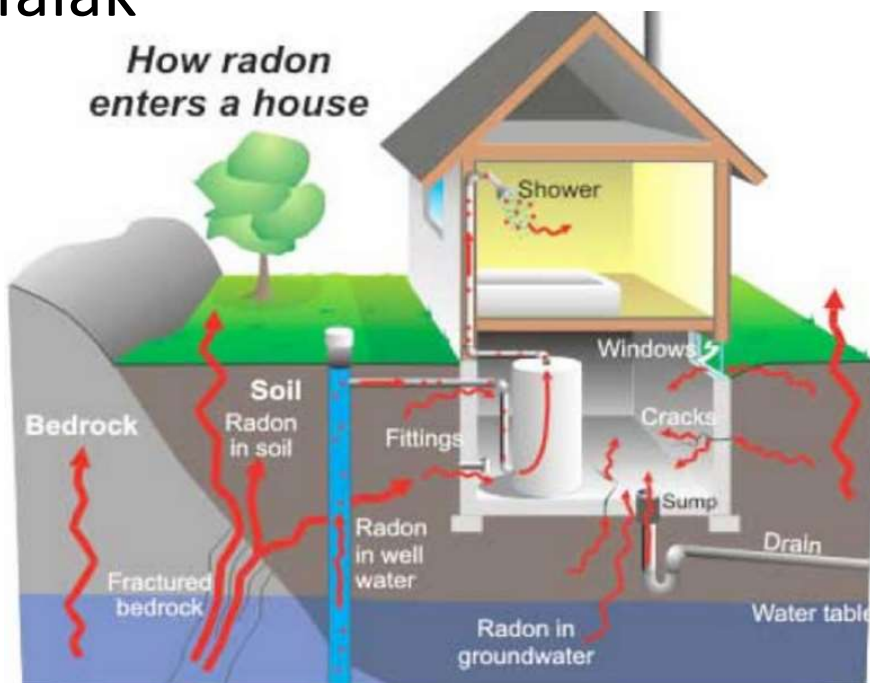
Rn-exhaláció: a Rn a talajból kikerül a légkörbe.

Rn-222 koncentrációk

Különösen télen, amikor kicsi a szellőztetés, a lakótérben felgyülemlik a Rn-nemesgáz. Az emberek többsége életének kb. 80 %-ban zárt térben tartózkodik (dolgozik, szórakozik, alszik,...)



Radon és leányelemei a lakóterekben (Rn-forrás: épületanyag, falak)



Átlagos környezeti koncentráció: 5-15 Bq/m³

Átlagos beltéri koncentráció: 39 Bq/m³

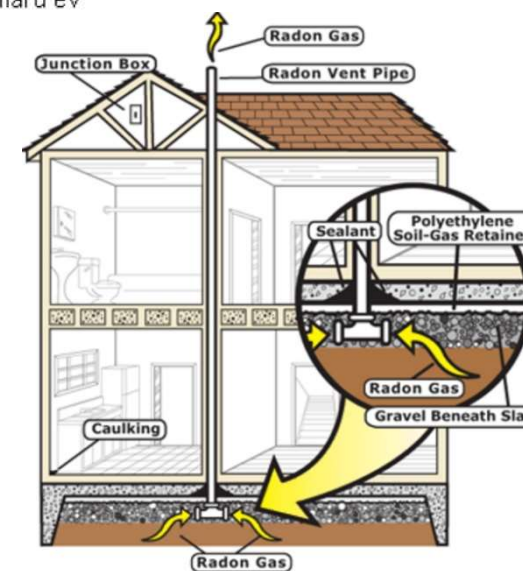
Beavatkozási szint: 200-400 Bq/m³ (Ausztrália 200)

A tüdőrák kockázatonövekedése 16% per 100 Bq/m³ radon koncentráció növekedés

A függvény lineáris, küszöbérték nélkül

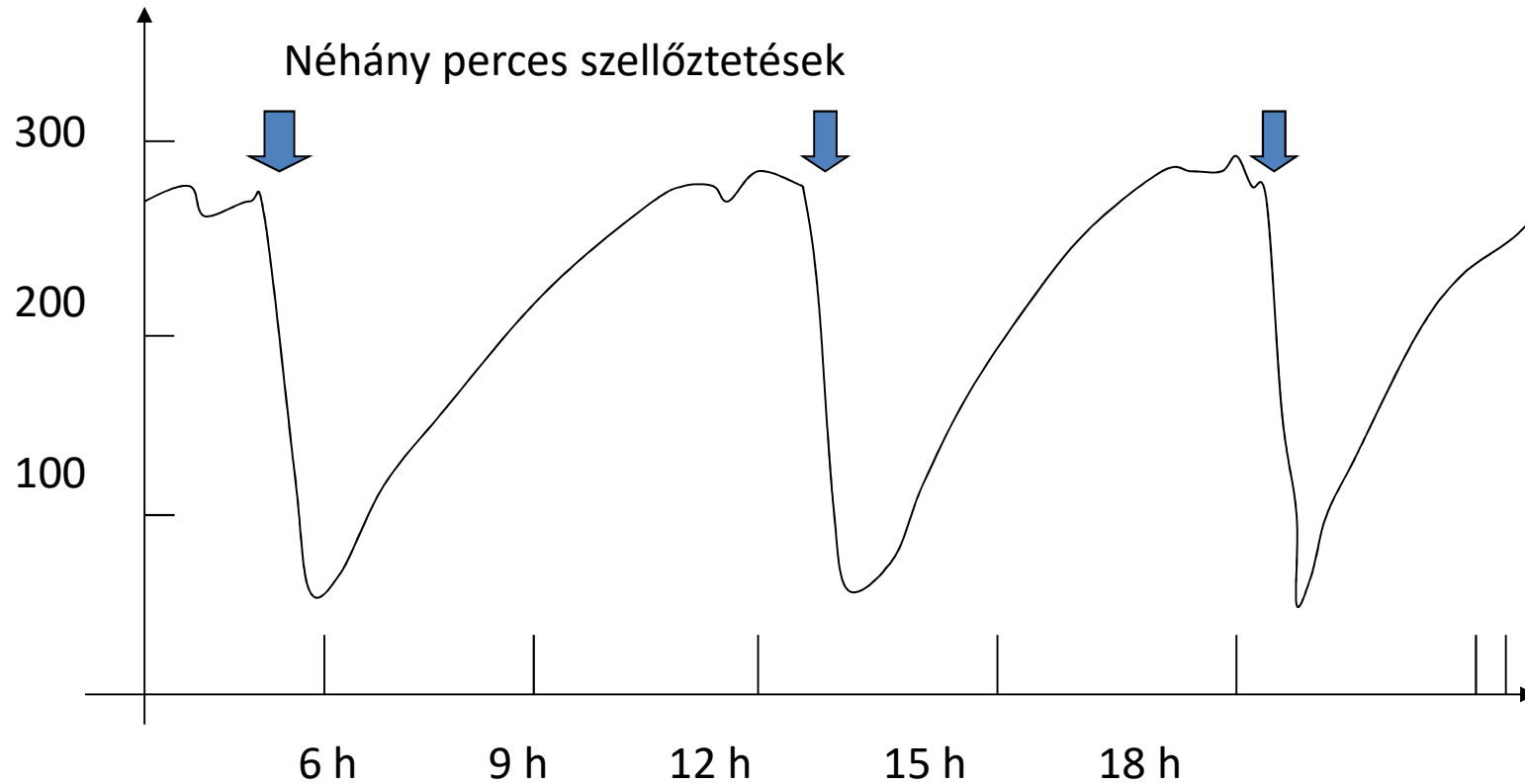
A dohányzás szinergikusan növeli a kockázatot

Az enyhe dohányzás is növeli a kockázatot a kis dózisok tartományában



Rn-koncentráció változása 5-6 óránkénti, néhány perces szellőztetés esetén

- C_{Rn} (Bq/m³)



Mesterséges forrásokból eredő sugárterhelés

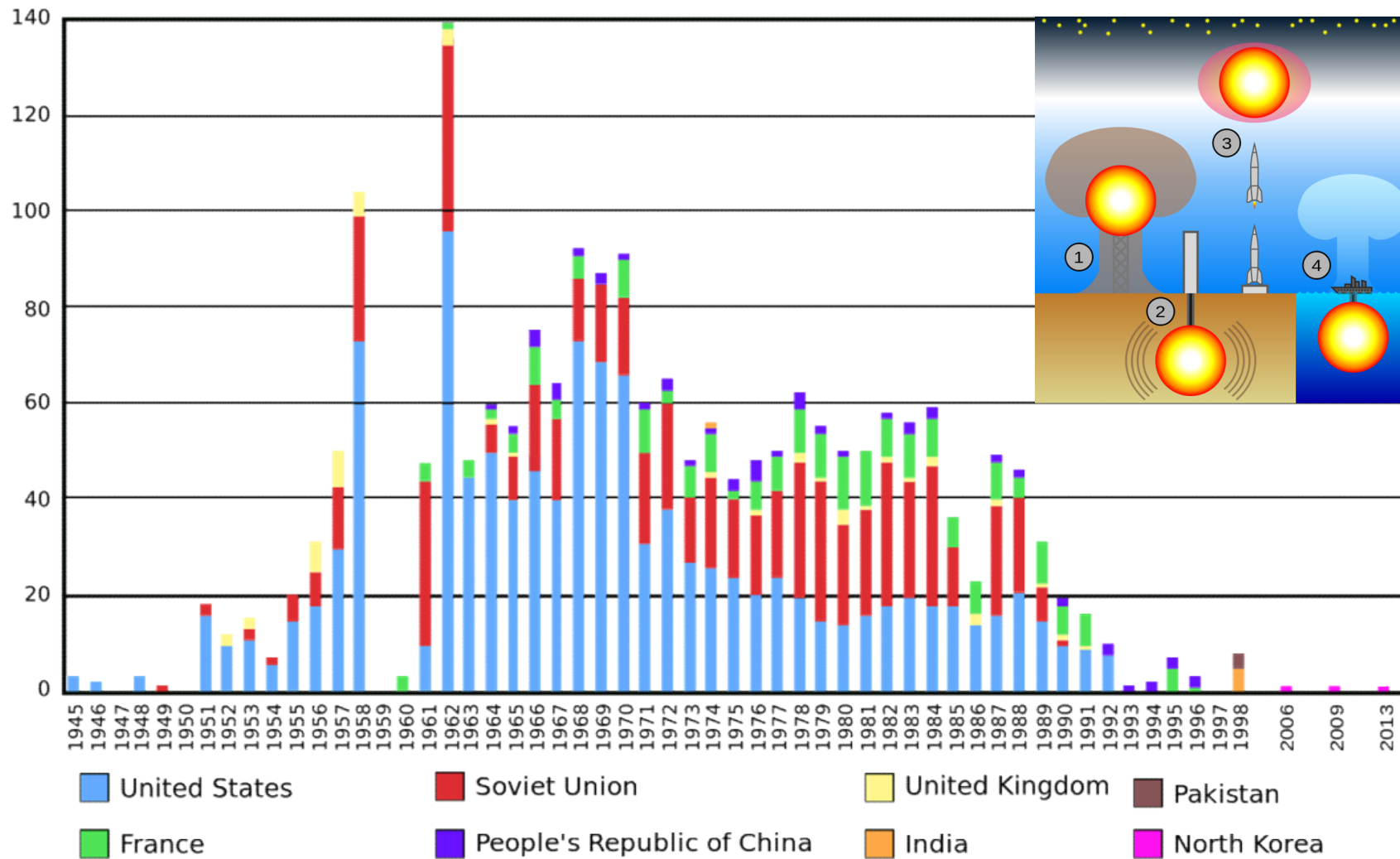
- orvosi sugárterhelés (mint páciens, rtg diagn.)
- atomerőművek, izotóplaboratóriumok környezetében a levegő, növényzet radionuklid koncentrációja
- radioakt. hull. tárolók környezetében a kutak, forrás vizek radionuklid tartalma
- Nukleáris kísérleti robbantások
- NORM anyagok
- Balesetek

Ezek a jelentősebb, mesterséges lakossági sugárterhelés járulék komponensek.

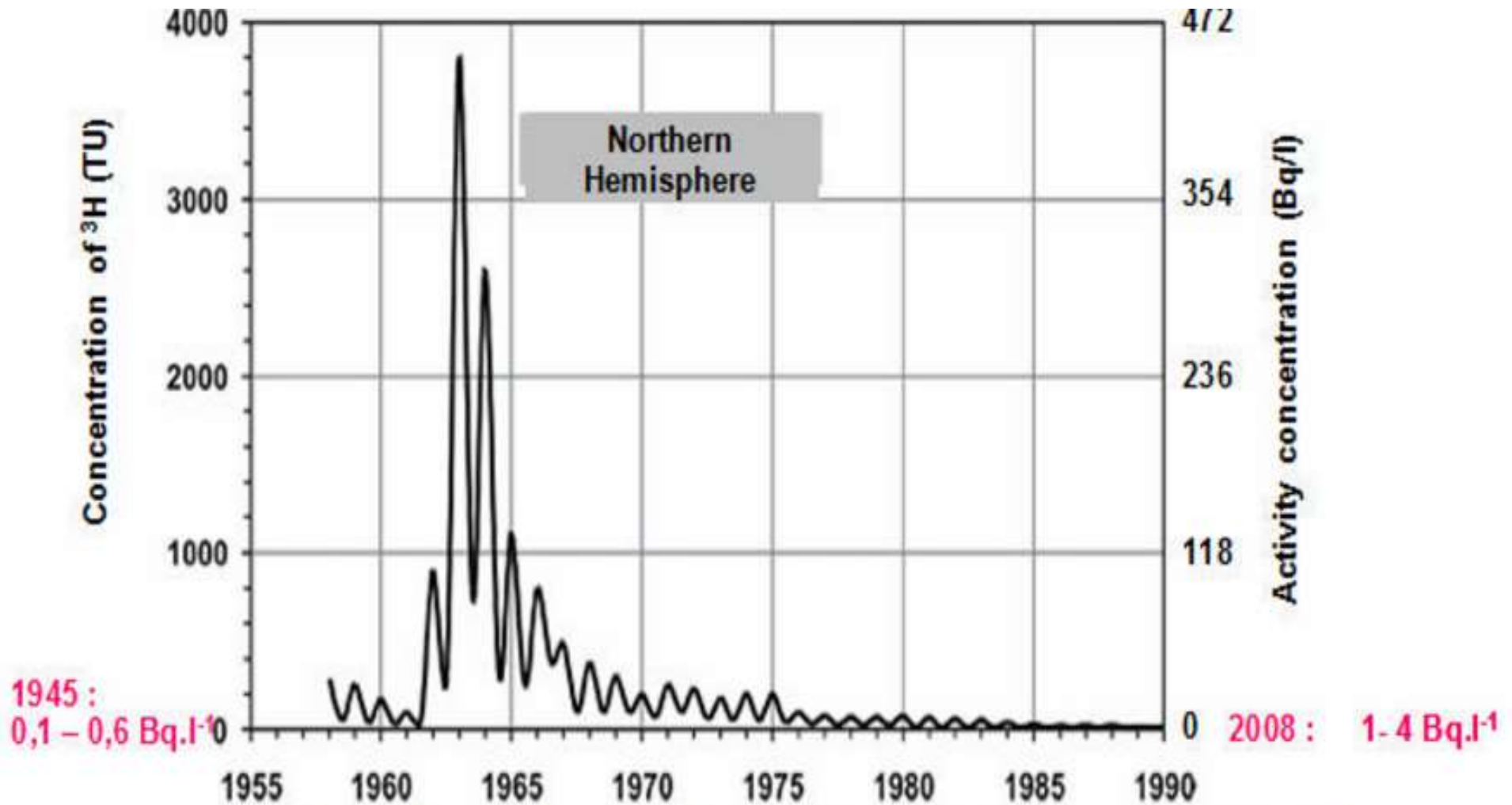
Kibocsátási forrás	Ország	év	Összes aktivitás (Bq)	nuklidok
Hirosima,Nagaszaki	Japán	1945	4×10^{16}	Aktinidák, Xe-133, I-131, Sr-90, Cs-137,
Légköri robbantások	USA, USSR	1963-ig	2×10^{20}	Fúziós,H-3,C-14,Cs-137, aktinidák
Windscale	UK	1975	1×10^{15}	I-131
Chelyabinsk	USSR	1957	8×10^{16}	Aktinidák ,Xe-133, I-131, Sr-90, Cs-137,
Csernoby1	USSR	1986	2×10^{18}	Cs-137, I-131, Sr-90

Nukleáris kísérleti robbantások száma

Worldwide nuclear testing, 1945 - 2013

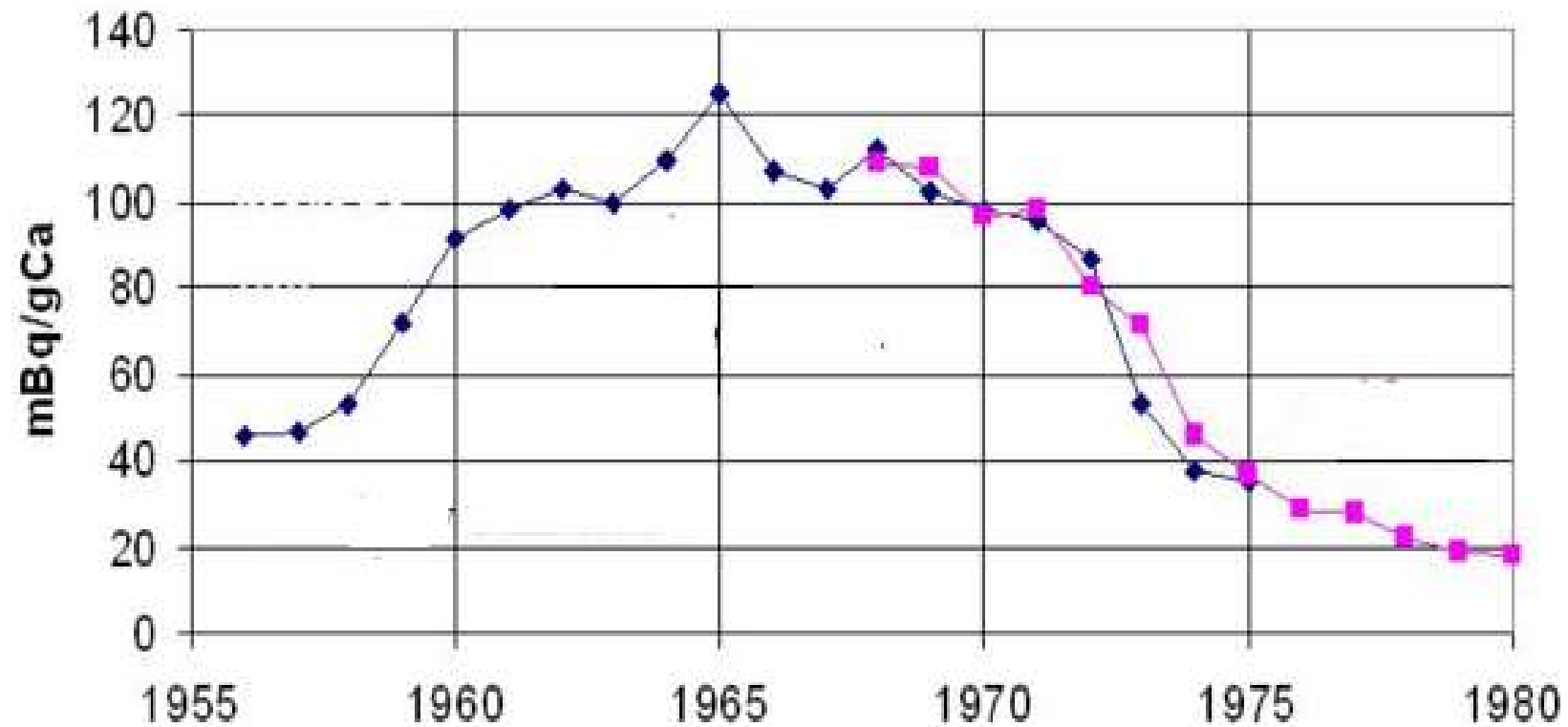


Trícium felszíni aktivitás koncentráció változás



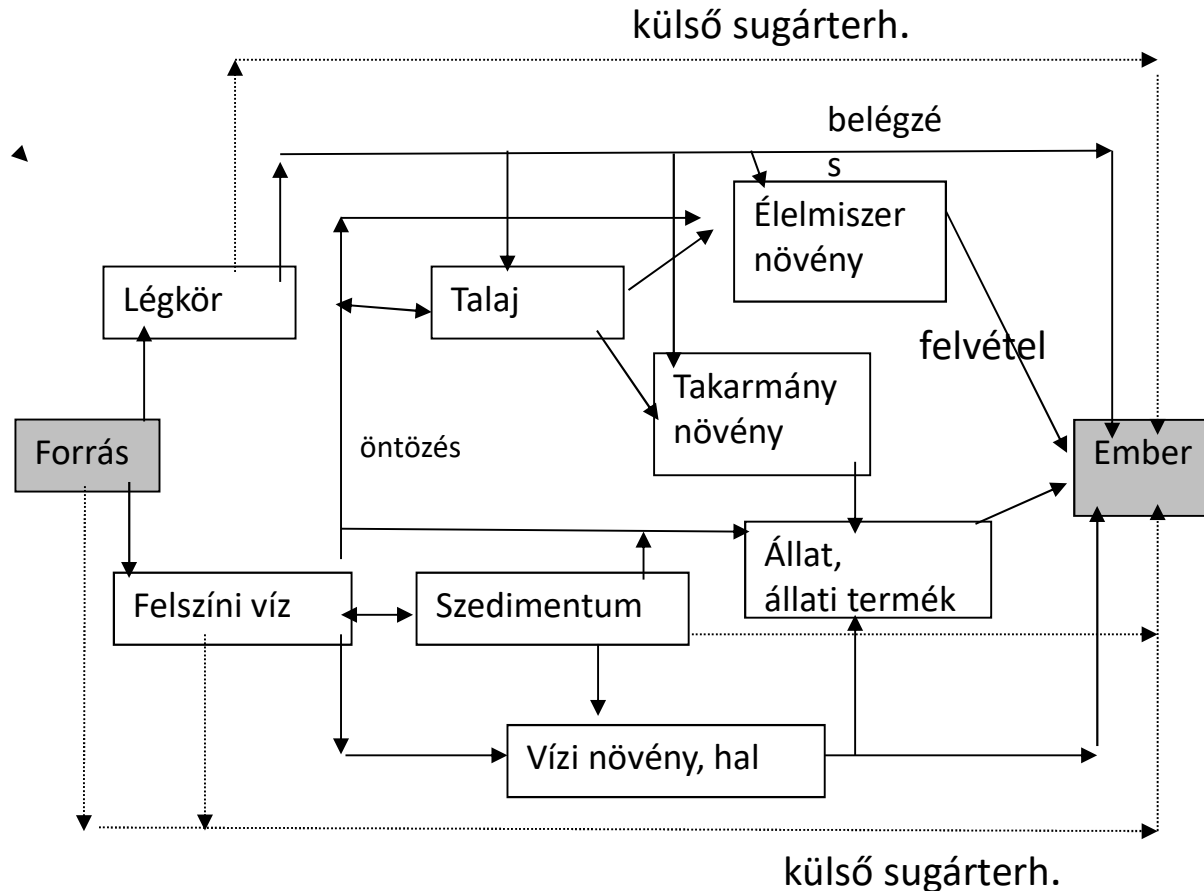
Smooth curve showing the average ^3H concentrations in precipitation over the continental surface in the Northern hemisphere. *Source = IAEA Isotope hydrology, 2006*

Fogak és tejfogak Sr-90 aktivitás koncentráció változása



(Turai I.: Sugáreg. ismeretek, 1993)

Nukleáris üzemből, izotóplaboratóriumból kikerülő radioaktív anyag mozgása a környezetben: expozíciós útvonalak



59. Ha valakinek a testére radioaktív anyag kerül, melyek a legsürgősebb teendők?
 a. a ruházat megtisztítása, fogmosás
 b. a haj alapos mosása
 c. mérések végzése a kiülepedett anyag azonosítására
d. ruházat eltávolítása, alapos zuhanyozás, szükség esetén szőrtek eltávolítása

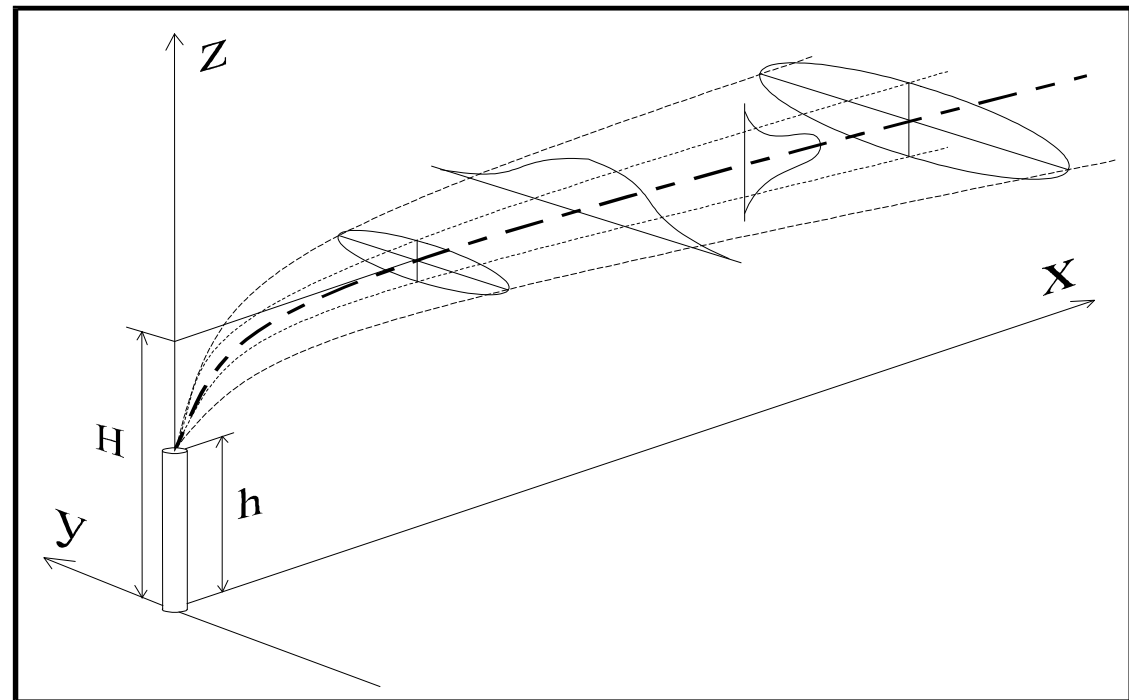
- A radioaktív anyag migrációja a bioszférában és besugárzási útvonalak az ember esetén (*szaggatott nyíl a sugárzás, folyamatos nyíl a radioaktív anyag terjedését jelöli*)

Légköri terjedés nukleáris létesítmény (atomerőmű, izotóplaboratórium) környékén

- Normál üzem mellett a forrástól 2-3 km távolságban már rendszerint nem mérhető a szennyeződés, csak becsülhető a kibocsátásból és a meteorológiai adatokból (Gauss-féle terjedési modellek).

*61. A csernobili baleset következtében melyik daganattípus előfordulása nőtt meg a legjobban a mentési munkákban részt vett úgynevezett likvidátoroknál?

- a. pajzsmirigy tumor
- b. a szolid tumorok általában
- c. tüdőrák
- d. leukémia



TENORM anyagok

Technológia révén módosított természetes radioaktív anyagok

- Szén tüzelésű erőművek
- Geotermikus energia termelés
- Foszfát műtrágya
- Építő anyagok
- Fogyasztási cikkek (üvegárúk, kerámia, festékek)
- Ipari hulladékok (iszap, hamu, por, vízkő)



•Építőanyagok

Építőanyagok becsült átlagos radioaktív anyag tartalmát az alábbi táblázatban mutatjuk be:

Építőanyagok radioaktivitása

Építőanyag	Urán		Tórium		K-40	
	ppm	mBq/g (pCi/g)	ppm	mBq/g (pCi/g)	ppm	mBq/g (pCi/g)
Gránit	4.7	63 (1.7)	2	8 (0.22)	4.0	1184 (32)
Homokkő	0.4 5	6 (0.2)	1.7	7 (0.19)	1.4	414 (11.2)
Cement	3.4	46 (1.2)	5.1	21 (0.57)	0.8	237 (6.4)
Mészke (tömörített)	2.3	31 (0.8)	2.1	8.5 (0.23)	0.3	89 (2.4)
Homokkő (tömörített)	0.8	11 (0.3)	2.1	8.5 (0.23)	1.3	385 (10.4)
Száraz farostlemez	1.0	14 (0.4)	3	12 (0.32)	0.3	89 (2.4)
Gipsz melléktermék	13.7	186 (5.0)	16.1	66 (1.78)	0.02	5.9 (0.2)
Természetes gipsz	1.1	15 (0.4)	1.8	7.4 (0.2)	0.5	148 (4)
Fa	-	-	-	-	11.3	3330 (90)
Vályogtégla	8.2	111 (3)	10.8	44 (1.2)	2.3	666 (18)

Átlagos környezeti dóziszintek, a konfidencia intervallumokkal (természetes)

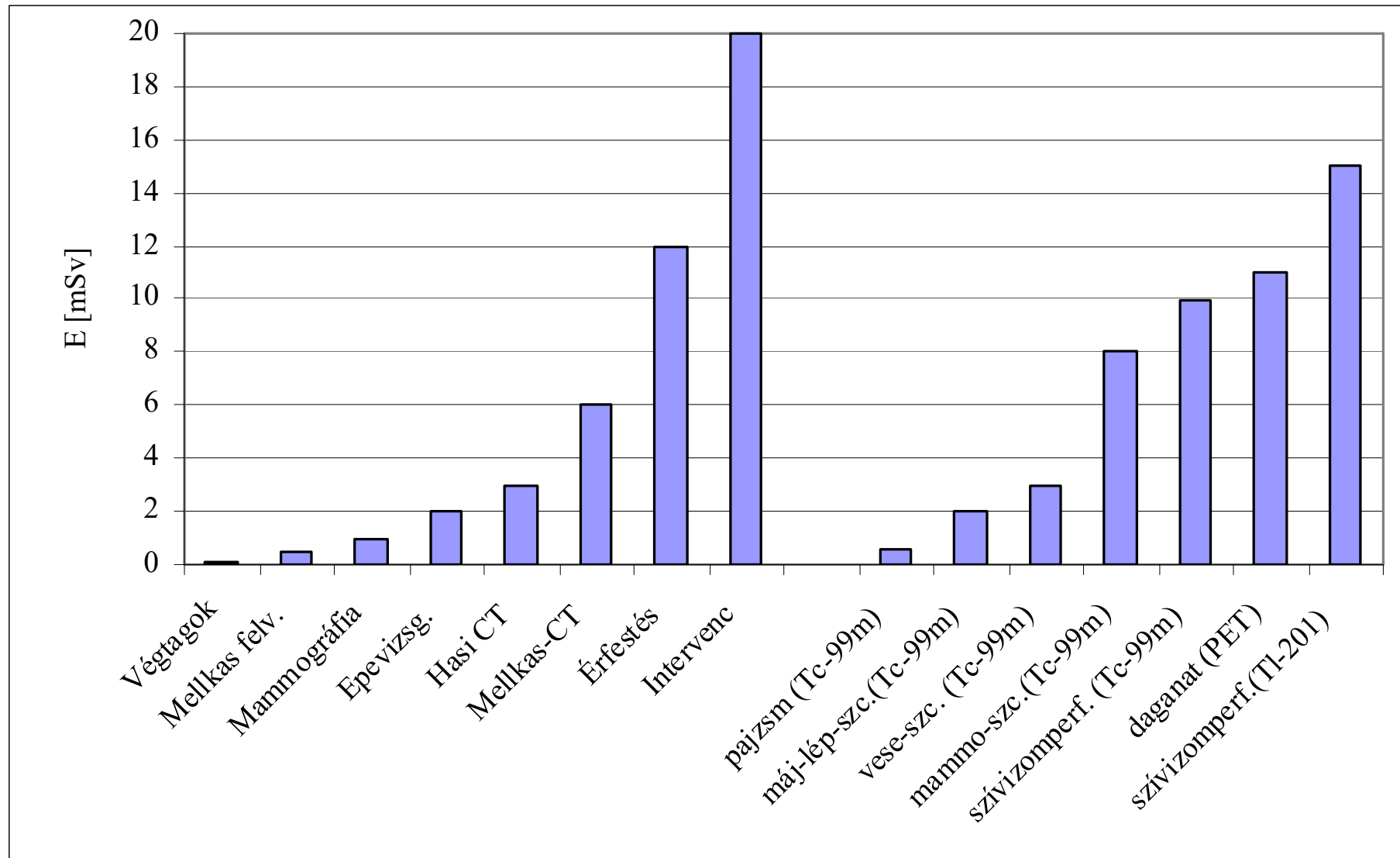
Forrás, komponensek	Átlagos dózis és intervallum (mSv)
Kozmikus, külső, effektív dózis, éves	0,38 (0,3-1,0)
Kozmogén radionuklidok belégzése, lenyelése (belső, lekötött effektív dózis), éves	0,012 (0,008 - 0,02)
Földkérgi, külső, effektív dózis, szabadban, éves lakóépületben, éves	0,45 (0,3-0,6) 0,55 (0,4-0,8)
Földkérgi, belső, lekötött eff. dózis (kivétel: Rn leányelemei), éves	0,27 (0,2-0,5)
Földkérgi, belső, lekötött eff. dózis, Rn és leányelemei, éves	1,2 (0,5-5,0)
Földkérgi, belső, lekötött egyenérték dózis tudőre, Rn és leányelemei, év	10

Átlagos környezeti dózisok (folytatás: mesterséges források)

Forrás, komponensek	Átlagos dózis és intervallum (mSv)
Orvosi, külső (elsősorban rtg diagn), effektív dózis, éves	1,5 (0,1-5)
Atomerőművek (1-5 km távolságban), éves	0,01 (- 0,1)
Atombomba (Hirosima, Nagaszaki, városterületeken belül)	100-5000
Atomfegyver kísérletek, északi félteke	0,1-2
déli félteke	< 0,01
Csernobili baleset, effektív dózis	
r ≈ 30 km-es körön belül	1-20
Közép- és Nyugat Európa	0,1-2
Észak Amerika	0,01
Japán	0,01
déli félteke	< 0,01

SE rtg munkahelyeken a dolgozók (utóbbi 3 évben):	≈ 0,5 mSv / év
SE fogászati rtg munkahelyeken a dolgozók (u 3 év):	< 0,3 mSv / év
SE izotópos munkahelyeken a dolgozók (u 3 év):	≈ 0,7 mSv / év

Orvosi sugárterhelések (eff.dózis per vizsgálat)



Sugárterhelések mérése

- **Külső sugárzás mérése** (esetek közel 100 %-ban a fogorv. alkalmazásban)
 - képi diagnosztika, röntgen
 - sugárterápia ,
 - *rtg sugárzás*, energia: ≈ 60 keV (20-150 keV), ionizációs kamrával dózis, ill. dózisteljesítmény mérés , termoluminescens mérés (TLD), **ÁTHATOLÓ sugárzások esetén!!!!**
- **Belső sugárterhelés-radioaktív izotóp**,(belélegzés, lenyelés, bőrön történő felszívódás, seb)
 - anyagcsere folyamatokból:lágy szövetek, csontok, vizelet (24 órás) széklet (48 órás), orr-szaj váladék minta, (LSC, HpGe detektor, NaI det.)
 - fogminták radionuklid szennyeződése (kémiai mintafeldolgozás, majd mérés NaI (Tl), folyadék-szcintillációs stb. detektorral)
 - aktivációs elemzések,
 - α -, β - és γ -sugárzás, *mint szennyeződés* mérése dörzsmintában stb.

KÍVÜLRŐL NEM VAGY NEHEZEN MÉREHTŐ IZOTÓPOK ESETÉN

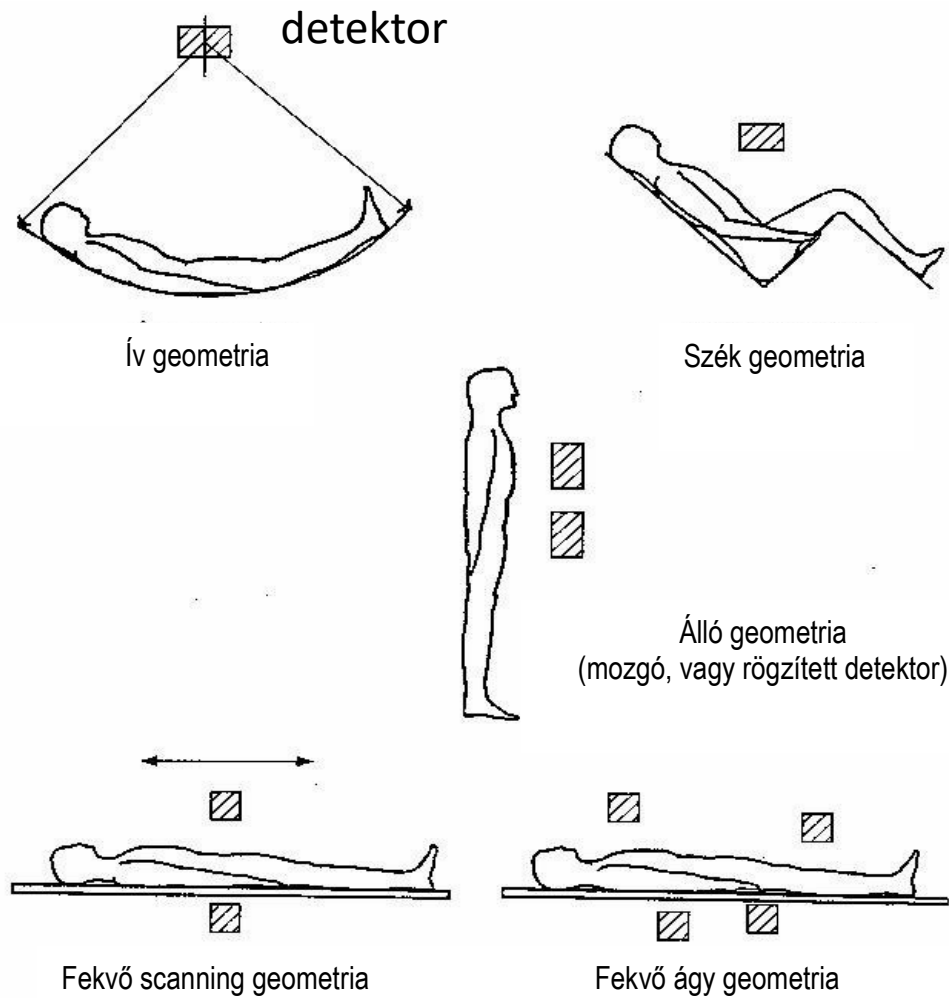
külső sugárterhelést okozó gamma- vagy röntgen-fotonsugárzásból származó személyi dózisegyenérték, $H_p(10)$ (0,3mSv-től)

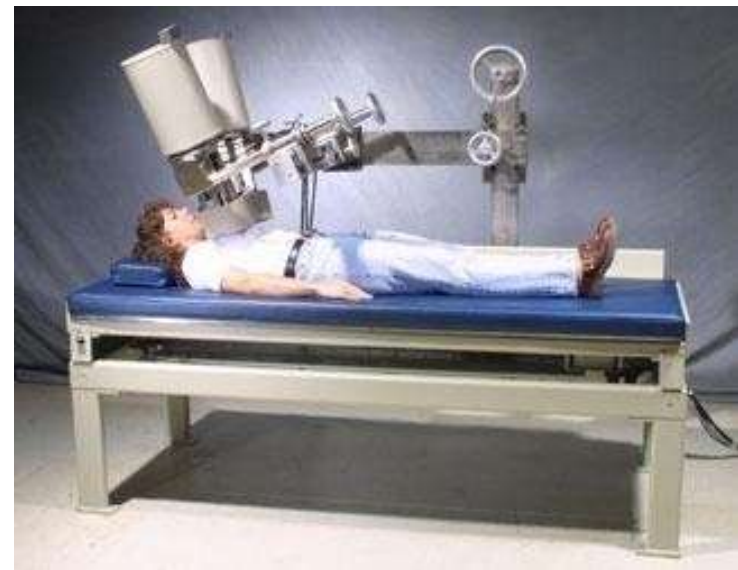
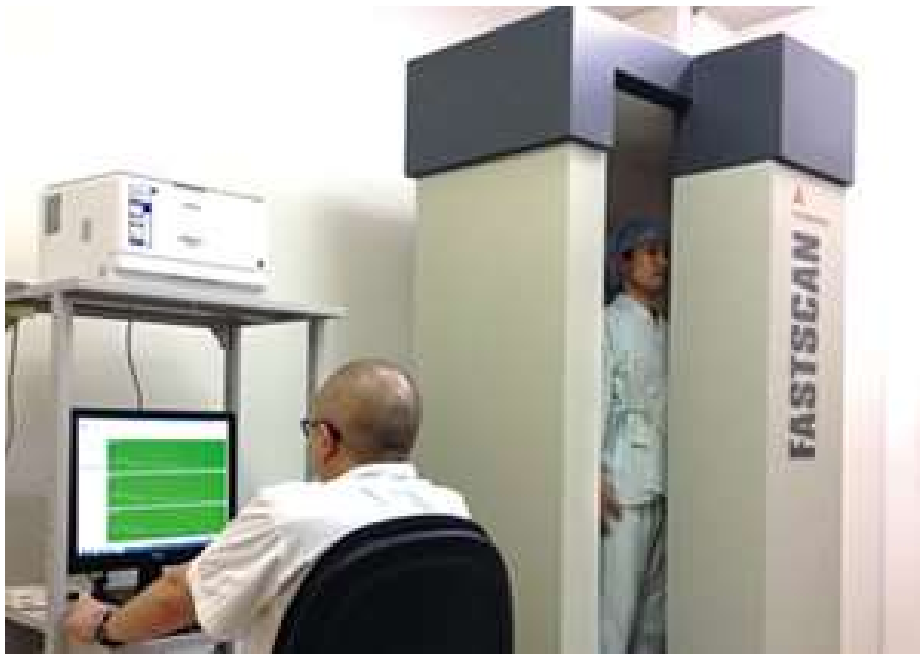


Egyetemen lehet belső ellenőrzésre TLD és dózis teljesítmény mérést igényelni

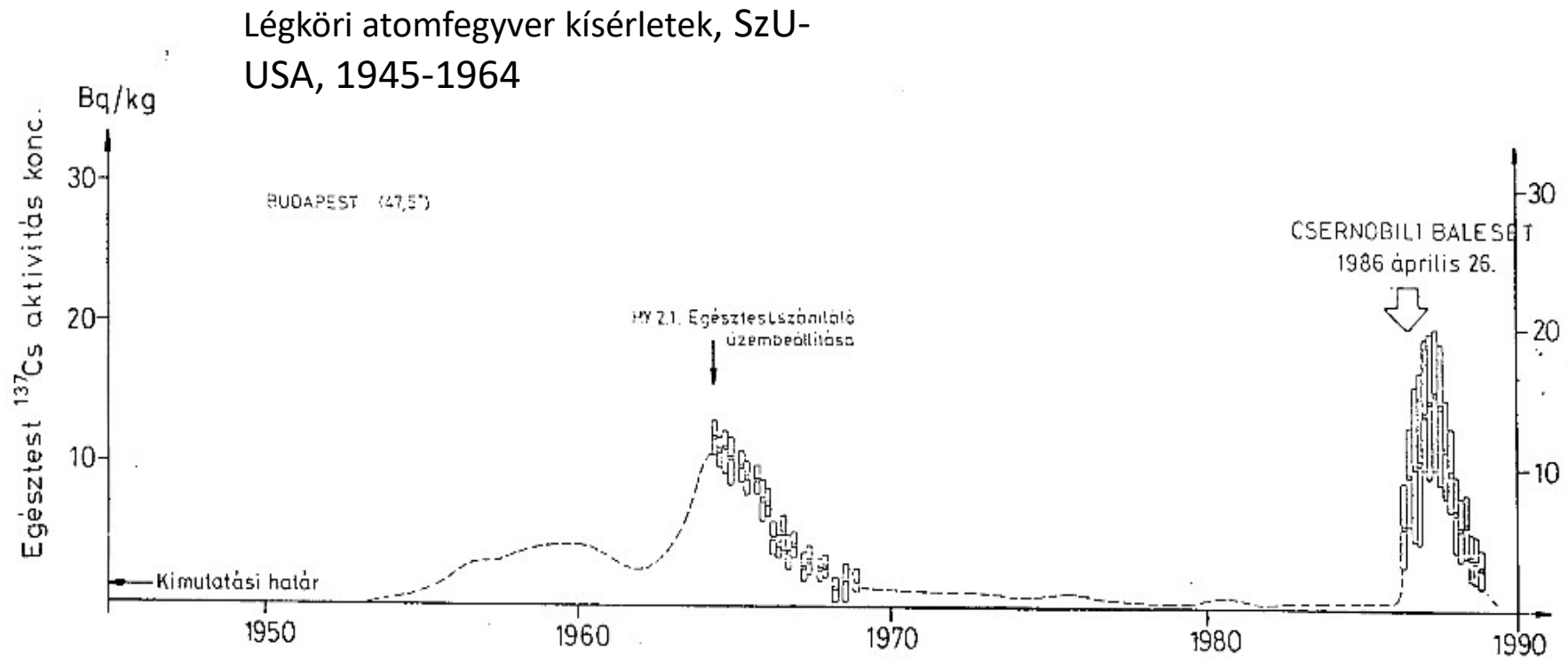


Egésztest számláló, inkorporált radioizotóp kimutatására (mérési geometriák)





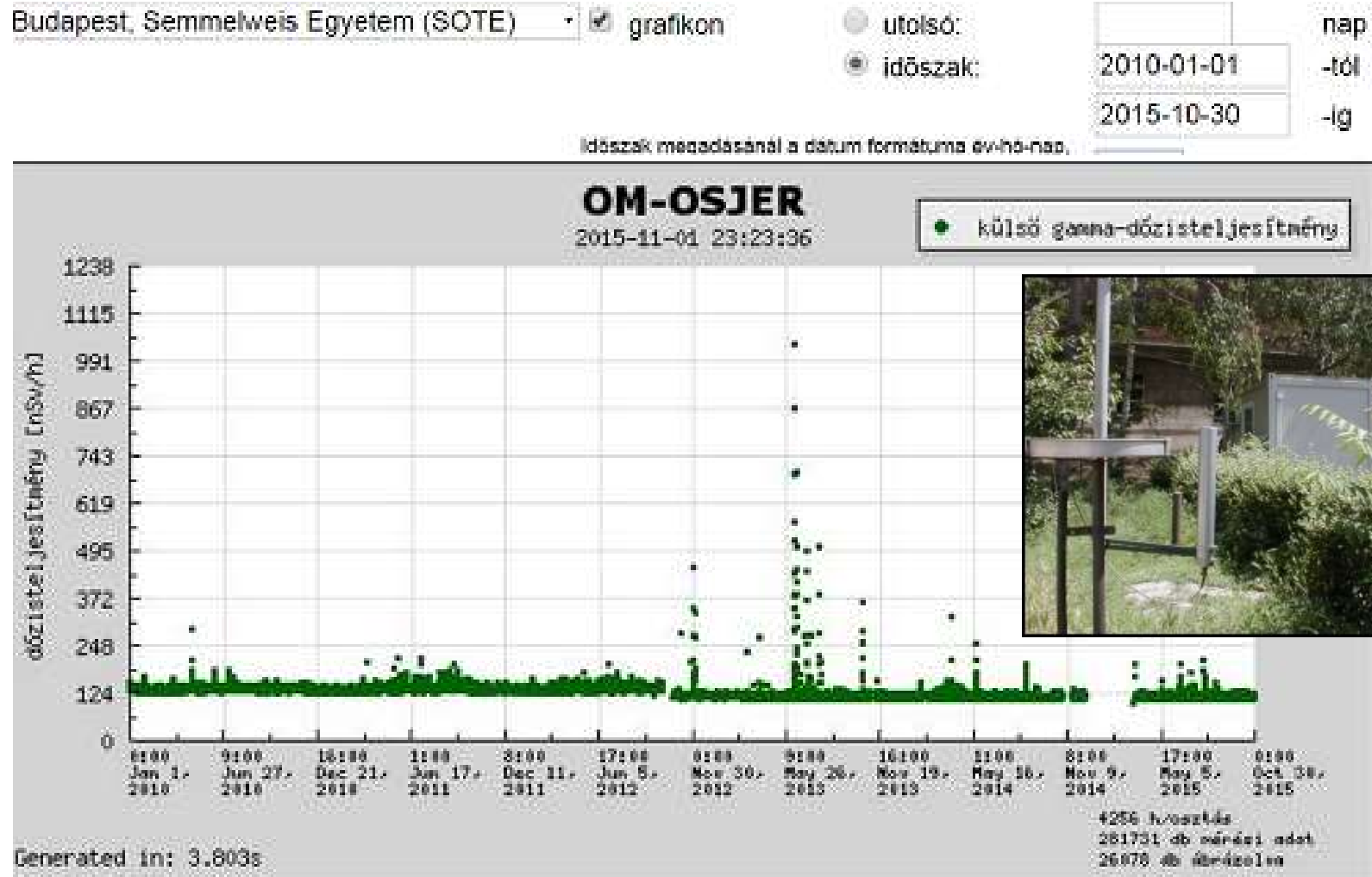
A Cs-137 megjelenése a fővárosi lakosságban (Andrási A., ... (KFKI) mérései). (A Cs-137 E=662 keV energiájú gamma-sugárzást bocsát ki, ami nagyrészt áthatol az emberi testen, azaz az emberbe, belégzéssel, ételmiszerrel bekerült radionuklid az emberi testen kívül is „jól” mérhető.)





Környezeti monitorozás

Folyamatos (néhány percenkénti) mérés, kb. 1 m magasságban, rendellenesség gyors észlelésére



„Esőcsúcsok”: megnőtt lemosódás a talajra, a levegőből

Irodalom:

Nemzetközi Biztonsági Alapszabályzat: az ionizáló sugárzás elleni védelem és a sugárforrások biztonsága (fordítás 1996-ban, az eredeti kiadvány: IAEA Safety Series No. 115, Vienna, 1996)

Köteles Gy. (szerk): Sugáregészségtan. Medicina Könyvkiadó, Budapest 2002.

Kanyár B., Béres Cs., Somlai J., Szabó S. A.: Radioökológia és környezeti sugárvédelem. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2004 (2. kiadás).

1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról. Magyar Közlöny 1996/112. szám (XII.18.) 6321-6334.

Az egészségügyi miniszter 16/2000 (VI.8.) EüM rendelete. Magyar Közlöny 2000/55. szám, 3204-3228.

A környezetvédelmi miniszter 15/2001. (VI.6.) KÖM rendelete. Magyar Közlöny, 2001/62. szám, 4004-4012.

EU Radiation Protection No. 136, 2004. European guidelines on radiation protection in dental radiology

ICRP Public. No 103, Pergamon P., New York, London, 2007.

Fehér I., Deme S. (szerk): Sugárvédelem. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2010 (600 oldalas, 8 szerző).

Pátzay György Radiokémia IV. (BME)

[https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/E58053734EFB29A9C125824F0044775B/\\$FILE/B%C5%90V%C3%8DTETT%20%C3%8DR%C3%81SBELI_2022.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/E58053734EFB29A9C125824F0044775B/$FILE/B%C5%90V%C3%8DTETT%20%C3%8DR%C3%81SBELI_2022.pdf)



Írásbeli kérdések bővített fokozatú sugárvédelmi vizsgákhoz

2022.08.15.

A következőkben először (A rész) a sugárvédelem (és a fizikai védelem) hat témakörére bontva adjuk meg azt a 90 **általános** kérdést, amelyekből a bővített fokozatú tesztvizsgára 25 kérdés választható. A 2/2022. (IV. 29.) OAH előírásának megfelelő összesen 30 kérdéshez a további 5 kérdés a B részben ismertetett **szakirányú** kérdésekből választható. Amennyiben valaki három szakirányból vizsgázik egyszerre, akkor az általános kérdések közül 18 kérdés és szakirányonként 4-4 kérdés választható. A vizsgán szereplő általános kérdések kiválasztásakor célszerű minden témakört közel egyenlő súllyal szerepeltetni, azaz összesen 25 (vagy 18) általános kérdéshez témakörönként 3-6 kérdést kiválasztani. Lehetőleg kerülendő a nagyon hasonló kérdések kiválasztása. A * -gal jelölt kérdésekre adott helyes válaszok lényeges új (a 2/2022. (IV. 29.) OAH rendeletben megjelent) információkat tartalmaznak, illetve a közelmúltban beállt változásokat tükrözik. Ezért ezeket a kérdéseket a **továbbképzéseket** záró vizsgákon célszerű **minél nagyobb arányban szerepeltetni**.

A sugárvédelem folyamatosan fejlődik. Ennek eredményeként időről időre új ICRP és IAEA ajánlások jelennek meg, módosulnak jogszabályok, hazai és nemzetközi szabványok. A sugárvédelmi képzések oktatóitól és a vizsgáztatóktól is érkezhetnek módosítási javaslatok, ezért **minden vizsga előtt a kiválasztott kérdéseknél ellenőrizni kell, hogy azok pontosan megfelelnek-e az itt közzétett kérdések aktuális szövegének**.

A. Általános kérdések
(t. témakör: fizikai alapok)

1. Egy proton vagy neutron tömege körülbelül hányszorosa az elektron tömegének?
 - a. 1800
 - b. 150
 - c. 2
 - d. 100 000
2. Melyek az atommag alkotóelemei?
 - a. protonok és elektronok
 - b. protonok és neutronok
 - c. neutronok és elektronok

49. Melyik a lakosságot természetes forrásoktól érő dózis legnagyobb összetevője?
 - a. a naptól eredő kozmikus sugárzás
 - b. a talajtól és az építőanyagoktól eredő radonterhelés
 - c. a csillagközi térből érkező kozmikus sugárzás
 - d. a szervezetünkbe beépült kálium radioaktív izotópjától eredő sugárzás

50. Melyik forrásból eredő sugárzás nem számít bele a lakossági sugárterhelésbe?
 - a. a természetes eredetű
 - b. atomerőmű balesetéből eredő
 - c. a radioaktív hulladék-tárolóktól eredő
 - d. a nukleáris fegyver kísérletekből eredő

*51. Mennyi a magyarországi lakosokat természetes forrásokból érő tipikus évenkénti effektív dózis?

- a. kb. 2-3 mSv
- b. kb. 1 mSv
- c. kb. 20 mSv
- d. kb. 6 mSv

63. Mennyi a lakosság egyedeire mesterséges forrásokból eredő besugárzásokra megállapított évi effektív dózis-korlát (az orvosi besugárzások járuléka nélkül)?

- a. 1 mSv
- b. 6 mSv
- c. 20 mSv
- d. nincs ilyen korlát

69. Ki engedélyezi a kiemelt létesítményekre érvényes lakossági dózismegszorítást?

- a. a Nemzeti Népegészségügyi Központ
- b. az egészségügyért felelős miniszter
- c. az engedélyes javaslata alapján az Országos Atomenergia Hivatal
- d. az engedélyes

E12: Mobil kórtermi röntgenberendezés alkalmazása esetén az olyan beteg, akin ugyan nem történik röntgenvizsgálat, de az alkalmazás helyének közeléből nem távolítható el, milyen dóziskorlátozás alá esik? a. a munkavállalókra érvényes b. a lakosságra érvényes c. nincs az ilyen esetekre megállapított dóziskorlát az egyén beleegyezése esetén nem kell dóziskorlátot alkalmazni

Biztonság Kultúra

