

*BŐVÍTETT FOKOZATÚ
SUGÁRVÉDELMI
TANFOLYAM*

Dózisfogalmak és egységek

DÓZIS

DÓZISTELJESÍTMÉNY

- **Dózis (Dose):** sugárzás útján terjedő energiának az adott közegben elnyelt mennyisége.

mértékegysége: energia (J)

- **Dózisteljesítmény:** időegységre jutó dózis

mértékegysége: J/h

FIZIKAI DÓZISMENNYISÉGEK

Fizikai dózismennyiségek: ionizáló sugárzás és az (élettelen) anyag kölcsönhatását jellemző mennyiség

Az anyaggal való kölcsönhatás következtében a különböző sugárzások más-más mértékben adják le energiájukat.

Az energia leadás mértéke függ a részecske:

- tömegétől,
- töltésétől,
- sebességétől,

valamint a közeg halmazállapotától.

ELNYELT DÓZIS

ELNYELT DÓZISTELJESÍTMÉNY

- **Elnyelt dózis:** Bármely ionizáló sugárzásra vonatkozóan a besugárzott anyag térfogatelemében elnyelt energiának (dE) és a térfogatelem tömegének (dm) a hányadosa.

$$D = dE/dm, \text{ mértékegysége: } [D] = 1 \text{ Gy} = 1\text{J/kg}$$

valamint: mGy, μ Gy

- **Elnyelt dózisteljesítmény:** A dózis megfelelően rövid időre eső értékének és az időnek a hányadosa.

$$\dot{D} = dD/dt, \text{ mértékegysége: } [D] = 1 \text{ Gy/s} = 1\text{J/kg}\cdot\text{s}$$

valamint: mGy/h, μ Gy/h

Lineáris energiaátadás (LET)

LET (lineáris energiaátadás): A részecske haladásának nyomvonalán, egységnyi távolságon belül átadott átlagos energia (tömeg, sebesség, töltés függvénye, keV/ μm – vízre vonatkoztatva) (**Linear Energy Transfer**)

Sugárzástípus	LET (keV/μm)
Co-60 gamma sugárzás	6,9
22 MeV röntgensugárzás	6,0
2 MeV elektronsugárzás	6,1
200 keV röntgensugárzás	9,4
H-3 béta-sugárzás	11,5
50 kV röntgensugárzás	13,1
5,3 MeV alfa – sugárzás	63

Lineáris energiaátadás (LET)

- A fenti táblázatból jól látható, hogy a nagy tömeggel és töltéssel rendelkező alfa-sugárzás adja le a legtöbb energiát környezetének egységnyi úthosszon. Ezáltal a környezetével leginkább kölcsönhatásra képes sugárzás fajta.
- A sorban a béta- valamint a lágy-röntgensugárzás következik, majd a kemény-röntgensugárzás, valamint a gamma-sugárzás zárja a sort. Ez utóbbiak az energiájuktól igen hosszú útszakaszon szabadulnak csak meg, a környezettel való kölcsönhatásra nem igazán képesek (hiszen se tömegük, se töltésük).
- **A LET-érték változik a részecske pályája mentén, a vége felé – ahol már lassul a részecske – éri el a csúcsot, majd – miután a részecske semlegesítődik – megszűnik.**

*Biológiai hatásokkal
kapcsolatos dóziszfogalmak*

BIOLÓGIAI DÓZISMENNYISÉGEK

Ionizáló sugárzás és az élő szervezet kölcsönhatását jellemző mennyiségek.

Relatív biológiai hatékonyság (RBE)

Relatív biológiai hatékonyság (RBE): A kis és nagy LET-értékű sugárzások különböző biológiai hatását fejezi ki.

RBE = D_R/D_T D_R – referencia sugárzás elnyelt dózisa

D_T – vizsgált sugárzás elnyelt dózisa

Referencia sugárzástól és valamely ionizáló sugárzástól származó, ugyanazon biológiai hatás kiváltásához szükséges dózisok hányadosa.

(referencia sugárzás: 250 keV-tal gerjesztett röntgen, vagy Co-60 gamma sugárzás)

Relatív biológiai hatékonyság (RBE)

Dimenzió nélküli szám, mely megmutatja, hogy a nagy LET értékű sugárzás hányszor hatásosabb mint a kis LET értékű.

RBE függ: dózistól,
dózisteljesítménytől,
használt biológiai rendszertől.

Egyenérték dózis

- **Egyenérték dózis:** (középérték mennyiség szövetre, szervre)

Valamely testszövet (T) adott pontjában (térfogat egységében) elnyelt dózis.

$$H_{T,R} = w_R \cdot D_{T,R} \quad [H_{T,R}] = 1/\text{kg} = 1 \text{ Sv}, \\ \text{mSv}, \mu\text{Sv}$$

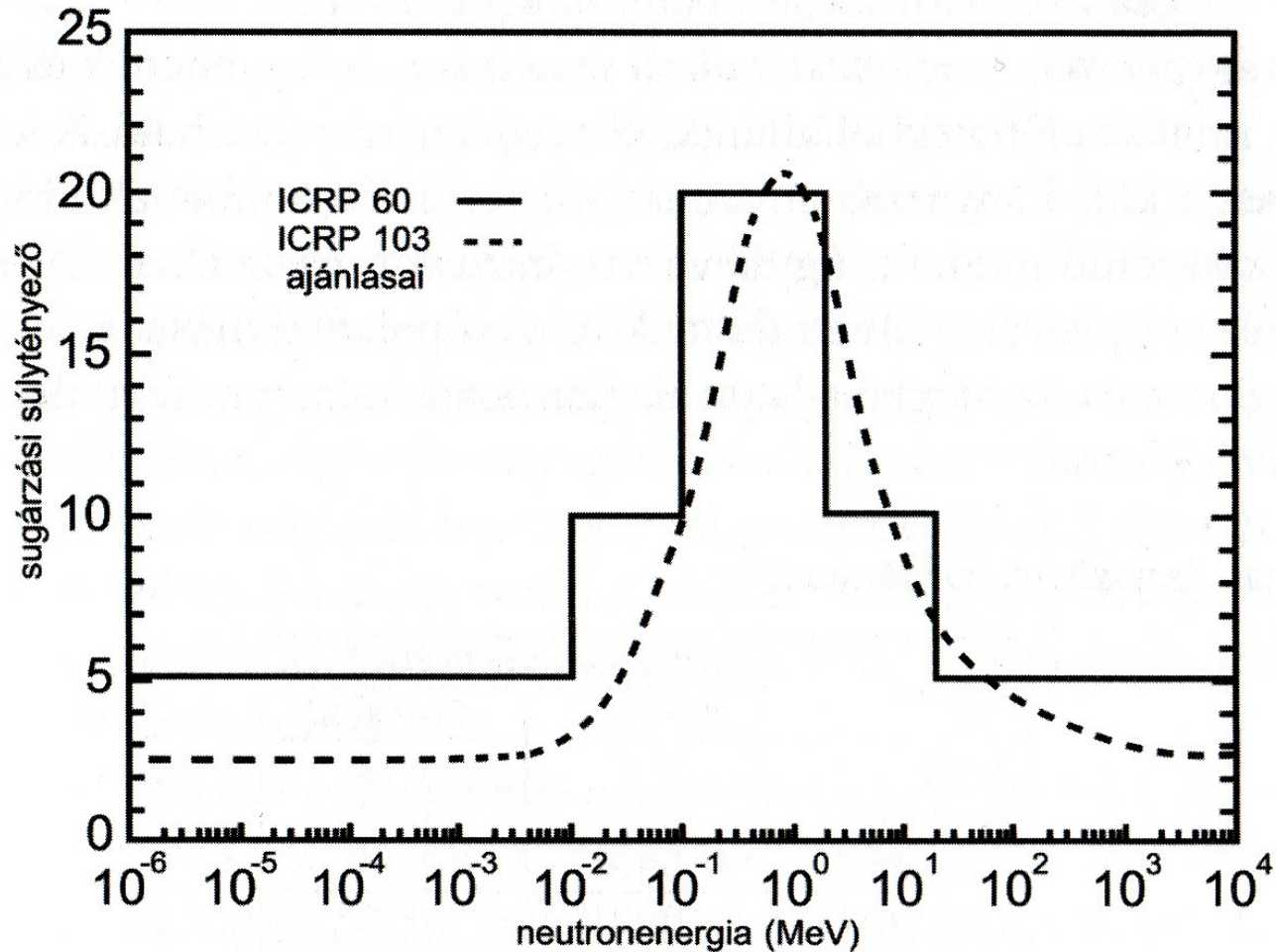
w_R – sugárzás súlytényezője

$D_{T,R}$ – R sugárzás átlagos elnyelt Dózisa a T szövetben v. szervben

Különböző sugárzások minőségi súlytényezői (1)

sugárzás	minőségi súlytényező (w_R)	
	ICRP 60	ICRP 103
fotonok	1	1
elektronok, müonok	1	1
protonok (nem visszaszórt)	5	
protonok, töltött pionok		2
alfa részecskék, hasadási termékek, nehéz magok	20	20
Neutronok: <10keV	1	
>20MeV	5	Folytonos görbe a
10-100 keV; 2MeV-20MeV	10	neutronenergia
100 keV-2MeV	20	függvényében

Különböző sugárzások minőségi súlytényezői (2)



Lekötött egyenérték dózis

Belső sugárterhelés becslésére szolgáló mennyiség

$$H_{T,R}(\tau) = \int_{t_0}^{t_0 + \tau} H_{T,R}(t) dt \quad [H_{T,R}(\tau)] = 1\text{J/kg} = 1\text{ Sv}$$

időbeli eloszlása függ:

- nuklid típusától
- fizikai, kémiai tulajdonságaitól
- szervezetbe kerülés módjától
- szövet v. szerv jellemvonásaitól

A τ gyerekek esetében 70, felnőttek esetében pedig 50 év.

Effektív dózis (egyenérték)

- **Effektív dózis:** Egyes szövetekre, szervekre vonatkozó súlyozott egyenértékű dózisok összege.

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

$$[E] = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Sv}$$

w_T – (szöveti) súlytényező

$$\sum w_T = 1$$

Effektív dózis számításánál használatos szöveti súlytényezők

szerv/szövet	szöveti súlytényező (w_T)	
	ICRP 60	ICRP 103
ivarmirigyek	0,20	0,08
pajzsmirigy	0,05	0,04
emlő	0,05	0,12
csontvelő, vastagbél	0,12	0,12
tüdő,gyomor	0,12	0,12
nyelőcső, hólyag, máj	0,05	0,04
csontfelszín, bőr	0,01	0,01
agy, nyálmirigy		0,01
visszamaradó (átlag)	0,05	0,12

Szöveti súlytényező

A súlyozó tényező a különböző szövetek, szervek relatív sugárérzékenységét fejezi ki.

Hatás szempontjából az egész testet érő sugárzás egyenlő az egyes szövetek, szervek által elszenvedett (súlytényezővel figyelembe vett) sugárzással.

Lekötött effektív dózis

- **Lekötött effektív dózis:** Radionuklid felvételtől származó, T szövetre, szervekre vonatkozó és a szövetnek v. szervnek megfelelő súlytényezővel (w_T) szorzott lekötött egyenérték dózisok összege.

$$E = \sum_T H_T(\tau) \cdot w_T \quad [E] = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Sv}$$

Belső sugárterhelésre értelmezhető.

Kollektív egyenérték dózis

- **Kollektív egyenérték dózis:** Adott sugárforráshoz és szervhez kötött fogalom, \Rightarrow mindig ismerni kell azt a tevékenységet vagy eseményt, melynek kapcsán a sugárterhelés létrejött.

Meg kell határozni a: – forrás(oka)t

- a sugárzás hatásának lehetséges útvonalait (levegő, víz, táplálék...stb.)
- művelet időtartamát
- érintett lakosság létszámát

$$S_T = \sum_i \bar{H}_{T,i} \cdot N_i$$

$$[S] = \text{személy} \cdot Sv$$

$\bar{H}_{T,i}$ – átlagos egyenérték dózis, adott T szervre, szövetre az i-edik alcsoportot alkotó N személyre vonatkozóan

Kollektív effektív dózis

- **Kolektív effektív dózis:** Népeség – vagy foglalkozási csoportok egészének, külső forrásból eredő besugárzását jellemző összdózis.

$$S_E = \sum_i \bar{E}_i \cdot N_i$$

\bar{E}_i – átlagos egyéni effektív dózis

N_i – N személyből álló i-edik alcsoport

Sugárvédelmi dózismennyiségek

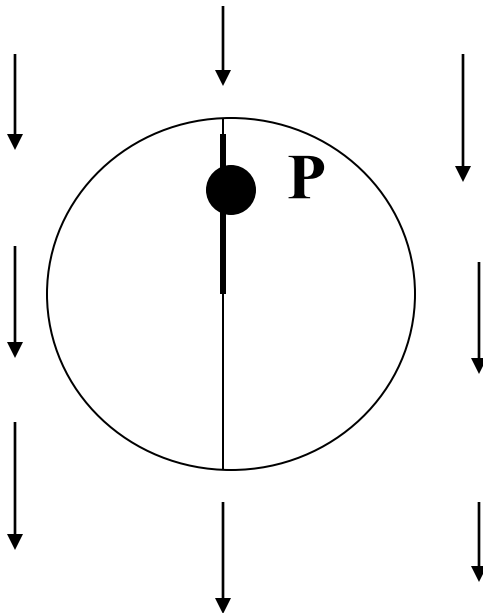
SUGÁRVÉDELMI DÓZISMENNYISÉGEK

- Közös jellemvonásuk, hogy definíciójuk:
 - az emberi test (vagy az azt utánzó fantom) adott pontjára vonatkozó *dózisegyenértékre*,
 - a *sugárzás típusának és energiájának* figyelembevételére épül.
- Az **ICRU gömb** egy olyan fantom, mely az emberi test közelítésére szolgál, az ionizáló sugárzás energiájának elnyelődése szempontjából (30 cm átmérőjű, 1 g/cm³ sűrűségű, szövetegyenértékű szilárd anyag, összetétele: 76,2% Oxigén, 11,1 % Szén, 10,1 % Hidrogén, 2,6% Nitrogén).

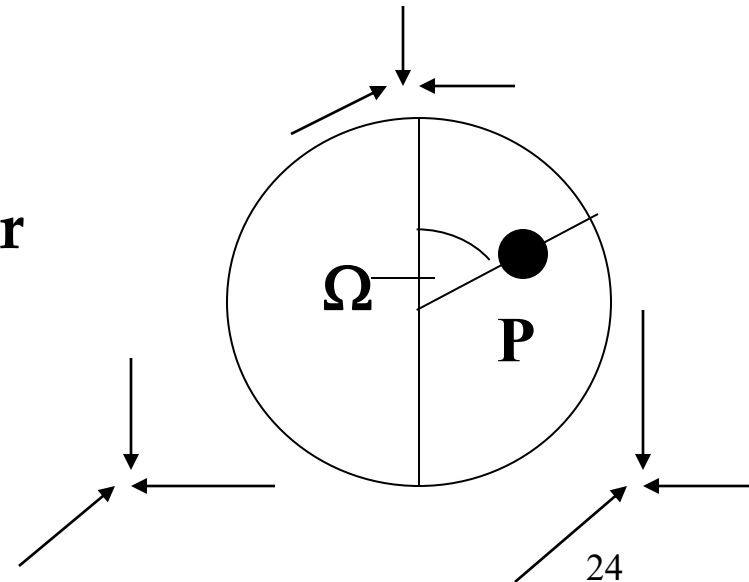
Környezeti dózisegyenérték (1)

Sugárzási tér

egyirányú: $H^*(d)$



izotróp: $H'(d)$



ICRU
Sugárzási tér

Környezeti dózisegyenérték (2) egyirányú sugárzási térben

- **Környezeti dózisegyenérték ($H^*(d)$):** Az a dózisegyenérték a sugárzási tér egy adott pontjában, melyet az ICRU gömb d mélységében, a dózisegyenértéknek megfelelő kiterjesztett és irányított sugárzási tér eredményezne, az irányított nyalábbal ellenétes irányú gömbsugáron nézve.
- Az ICRU
 - nagy áthatoló képességű sugárzásra vonatkozóan $d = 10 \text{ mm}$ mélységet,
 - gyenge áthatoló képességű sugárzásra vonatkozóan $d = 0,07 \text{ mm}$ mélységet ajánl.
- $[H^*(d)] = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Sv}$

Környezeti dózisegyenérték (3) izotróp sugárzási térben

- **Irány szerinti (környezeti) dózisegyenérték:** Az a dózisegyenérték a sugárzási tér egy adott P pontjában, amelyet a dózisegyenértéknek megfelelő kiterjesztett sugárzási tér eredményezne az ICRU-gömb d mélységében, a meghatározott Ω irányú gömbsugáron mérve.
- Az ICRU
 - gyenge áthatolóképességű sugárzásra vonatkozóan $d = 0,07 \text{ mm}$ mélységet,
 - bőrre vonatkozóan $d = 0,07 \text{ mm}$ testszöveti mélységet
 - szemlencse sugárterhelésére vonatkozó becslések esetén $d = 3 \text{ mm}$ mélységet ajánl.
- $[H' (d,\Omega)] = 1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Sv}$

Személyi dózisegyenérték

- **Személyi dózisegyenérték ($H_p(d)$):** A testfelület egy meghatározott pontja alatt „d” mélységben elhelyezkedő lágy szövetre vonatkozó dózisegyenérték.
Feltétel: **d = 10 mm**
- Sugárzás áthatolókéességétől függően
 - d = 10mm-t
 - d = 3 mm (szemlencse)-t
 - d = 0,07 mm (bőr)-t kell alkalmazni.

DOZIMETRIA

Személyi dozimetria

Személyi sugárvédelem feladata:

Radioaktív sugárforrásokkal, ionizáló sugárzást létrehozó berendezésekkel dolgozó személyek részére olyan munkafeltételek biztosítása, hogy ne érje őket károsodás.



Mérni kell ezen személyek által kapott dózist!

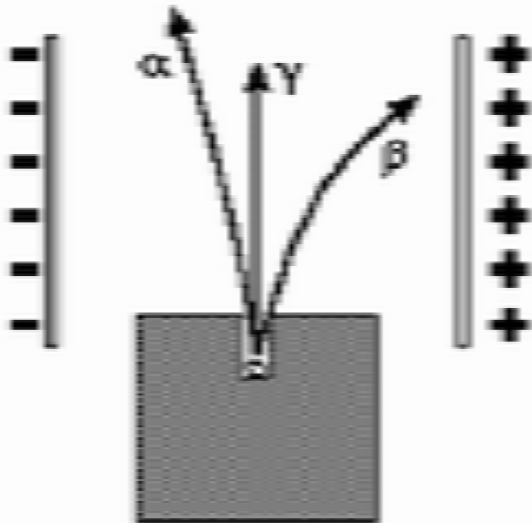
A DOZIMETRIA a különböző sugárzások által, az élő testben elnyelt energiamennyiség mérési módszereivel foglalkozik.

Ionizáló sugárzások mérése

*Ionizáló sugárzások
kölcsonhatása az anyaggal*

Ionizáló sugárzás

Nyugalmi tömeg
és Töltés
(α és β sugárzás)



Nyugalmi tömeg
Töltés nélküli
(neutronsugárzás)

Nincs valódi tömeg
és Töltés
Diszkrét
energiacsomagok
(röntgen-,
 γ -sugárzás)

Ionizáló sugárzás kölcsönhatása

- **Kölcsönhatás:**

Alapja az energiaátadás (teljes, szóródás - héjelektron, atommag elektromos tere, atommag), de nem az átadott energia mennyisége a döntő, hanem, hogy milyen formában történik az

$$5 \text{ Gy} = 5 \text{ J/kg} \Rightarrow 0,001 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- **Következmény**

- Élettelen anyag: mérés (minőség és erősség)
védelem (minőség és erősség)
- Élő anyag: fizikai - kémiai - biológiai hatás

Ionizáló sugárzások mérése

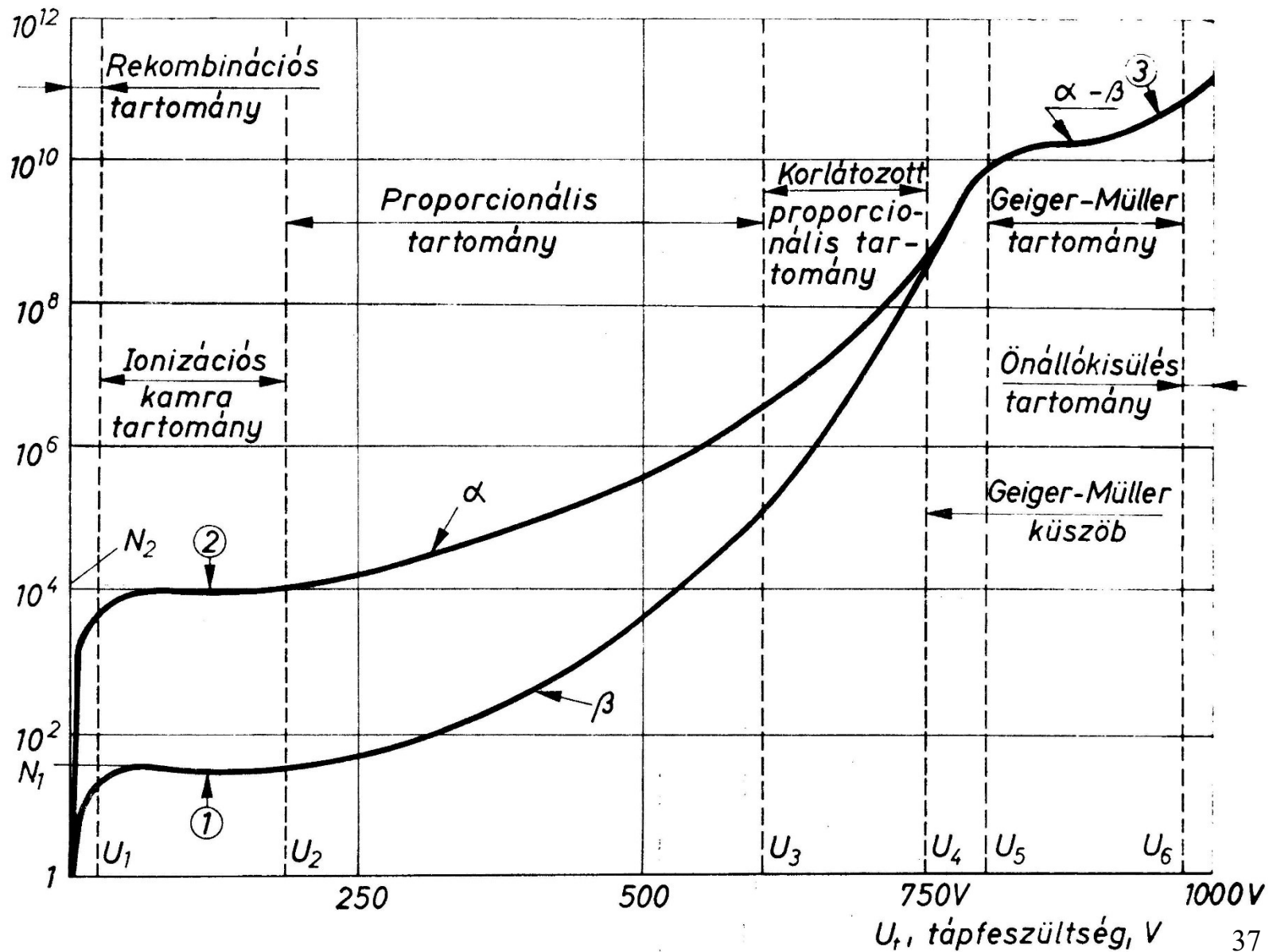
- Radioaktív sugárzást az általuk létrehozott **kölcsönhatások** eredményei alapján észleljük, mérjük.
- **Alapkövetelmény** bármely sugárzásmérővel kapcsolatban, hogy a sugárzás észlelt hatása arányos (ill. arányossá tehető) legyen az anyagban elnyelt sugárzás energiájával (dózissal).
- A sugárzásoknak és a környezet atomjainak kölcsönhatása leggyakrabban **ionizációt** eredményez.

Sugárzásmérők típusai (1)

Észlelés	Sugárzásmérő típusa	Érzékelő (detektor)
elektromos ionizáció	ionizációs kamra	gáz
	proporcionális számláló	gáz
	Geiger-Müller számláló	gáz
	szilárdtest dózismérő	félvezető
fény	szcintillációs számláló	kristály, folyadék
	termolumineszcens dózismérő(TLD)	kristály
fotokémia	film doziméter	fotográfiai emulzió

Sugárzásmérők típusai (2)

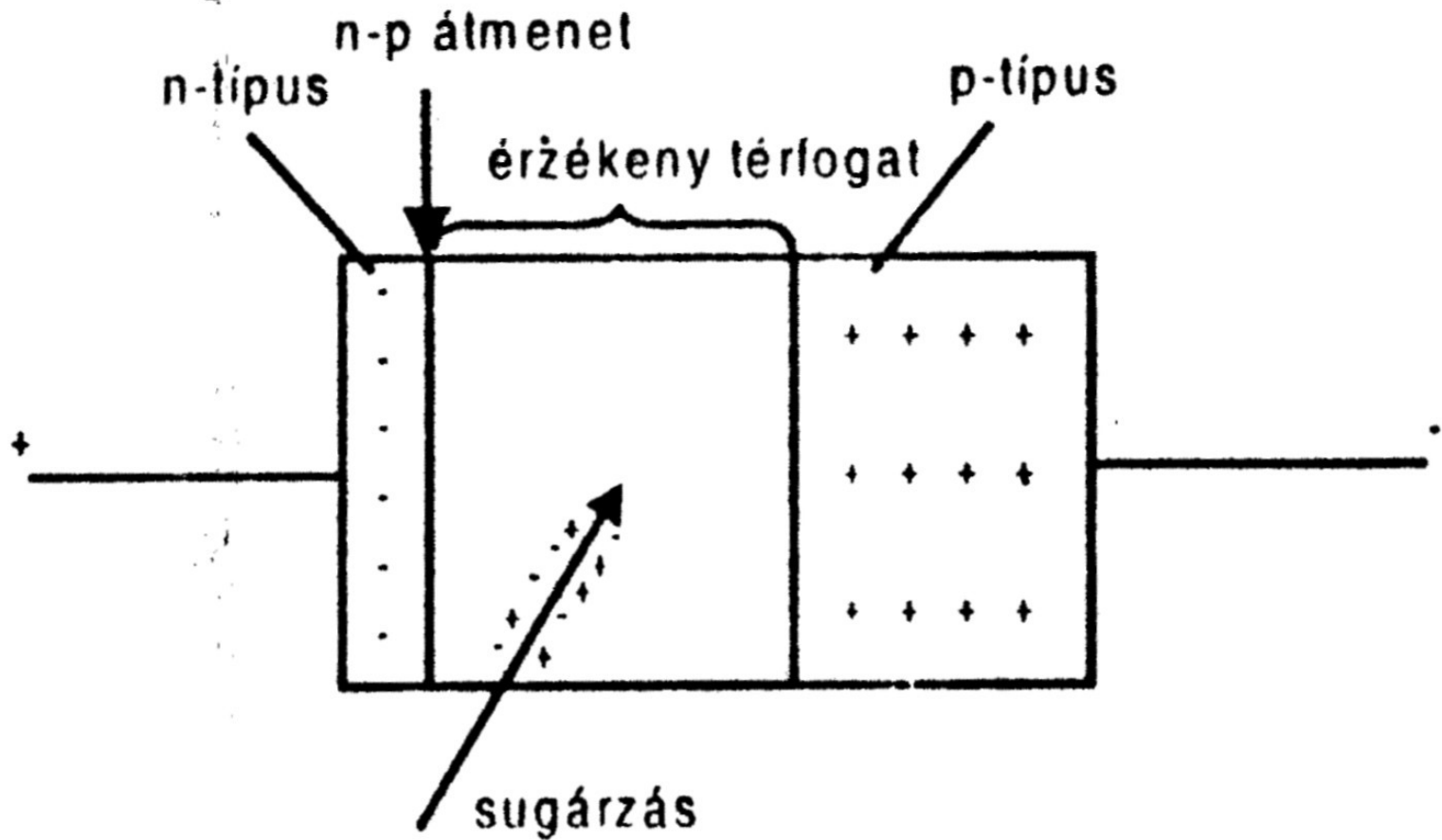
- **Gázionizációs detektorok:** Gáztartalmú kamrák, csövek
gáz ionizálása, elektródákra kapcsolt feszültség →
töltéshordozók elektródák felé gyorsulnak →
mozgásuk révén keltett **elektromos áramot** mérjük.
- **Ionizációs kamra:** Változatos méretű kamrák, melyek
általában levegőt tartalmaznak, nem
hermetikusak.
Széles energia - és intenzitástartomány
elektromosan elszigetelt elektródák koaxiális
elrendezésben → elektródákra feszültséget
kapcsolunk, amely az összes töltéshordozót begyűjti
→ **keletkező áram** arányos a sugárzás intenzitásával
(áramüzemű kamrák)



Sugárzásmérők típusai (4)

- **Geiger-Müller (GM) számláló:** Leggyakrabban használt magsugárzásmérő (α , β , γ) detektortípus. Minden primer ionizáló részecske jelét külön-külön méri, a becsapódó részecskéket gyűjti, számlálja.
Felbontási (holt) ideje: 100 μ s.
Előnye: érzékeny, gyors, olcsó és kis térfogatú
Hátránya: 200 keV alatt energiafüggő,
kis intenzitástartomány
- **Félvezető detektorok:** Az ionizáció szilárd, félvezető (GeLi, SiLi) anyagban jön létre.
Előnye: több töltéshordozó,
kisméretű érzékelő,
nagy érzékenység,
kisebb gyűjtőfeszültség,
energiafelbontása a legnagyobb

Félvezető detektorok



Sugárzásmérők típusai (5)

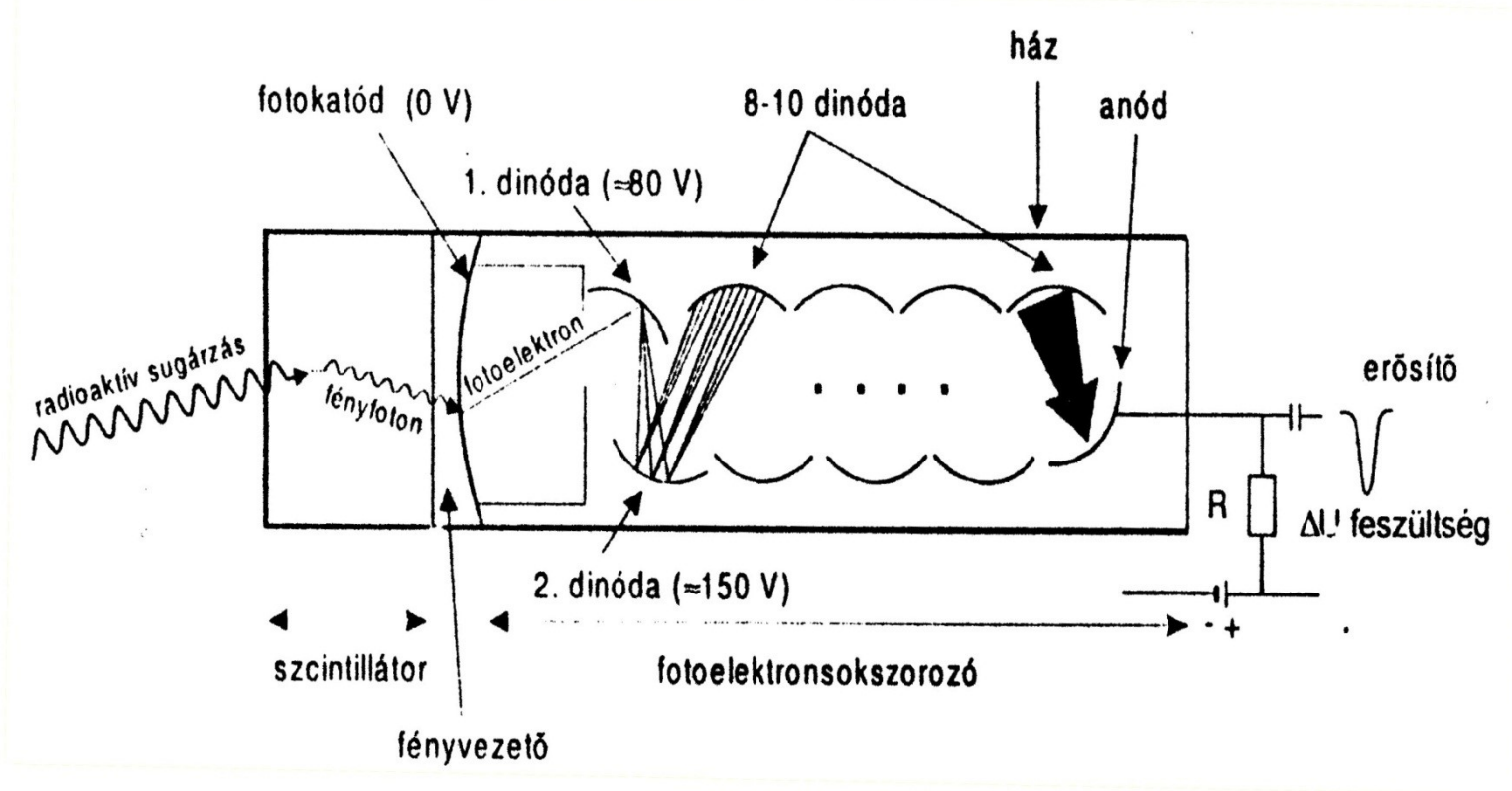
A sugárzás energiáját fényvé alakító érzékelőt hívjuk **szcintillátornak**. Anyaga lehet szerves (naftalin), szervetlen (ZnS, NaI, LiI, CsI), halmazállapota szilárd, folyékony (toluol) vagy gáz.

- **Szcintillációs számláló:** Sugár-részecskék becsapódását spontán, azonnali **fényfelvillanás** kíséri.
Széles energia - és intenzitástartomány
Hátrány: viszonylag drága,
a fotonelektron- sokszorozó instabil

Számos szigetelő anyag képes az ionizáló sugárzás energiájának tárolására.

- **Termolumineszcens dózismérő (TLD):** Felmelegítés (termo-) hatására tárolt energia **látható fény** formájában kiszabadul (lumineszcencia), mely dózismérésre alkalmas.

Szcintillációs számláló



Személyi doziméterek (1)

A sugárveszélyes tevékenységet végző dolgozók külső forrástól származó sugárterhelésének megállapítására személyi dozimétert alkalmazunk.

Külső sugárterhelés mérésére használatos személyi dózismérők számos fajtája ismert, hiszen a mérendő sugárzás fajtája, energia- és dózistartománya munkahelyenként változik.

A személyi dozimétereket 2 nagy csoportra oszthatjuk az *aktív- és passzív dózismérőkre*.

Aktív dózismérők esetén a mérőberendezés detektorának válaszele közvetlen kijelzésként érzékelhető, míg a passzív változatoknál a detektor utólagos kiértékelést igényel.

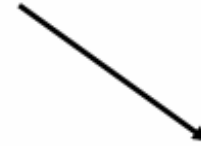
SZEMÉLYI DÓZISMÉRŐK



Aktív doziméterek közvetlen kijelzés

(folyamatos tápellátást igényel)

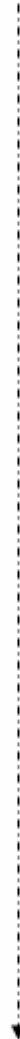
- gáztöltésű detektorok
- szilícium detektorok



Passzív doziméterek utólagos kiértékelés

(besugárzási periódusban nincs szükség elektromos energiára)

- Filmdózismérők
- termolumineszcens (TLD)
- radio-fotolumineszcens (RPL)
- optikailag stimulált lumineszcens (OSL)
- szilárdtest nyomdetektorok



Külön kategória:

Levegővel töltött ionizációs kamra, elektroszkóp kiolvasóval: - tolldózismérő

Személyi doziméterek (2)

Egyes munkahelyeken különböző személyi dozimétereket együtt, egymást kiegészítve alkalmaznak.

Ennek leginkább az az oka, hogy nincs olyan detektor, amely a különböző ionizáló sugárzásokkal szemben, minden szempontból úgy tud viselkedni, mint az emberi szövetek (amelyek ráadásul igen sokfélék).

Sugármérők típusai (6)

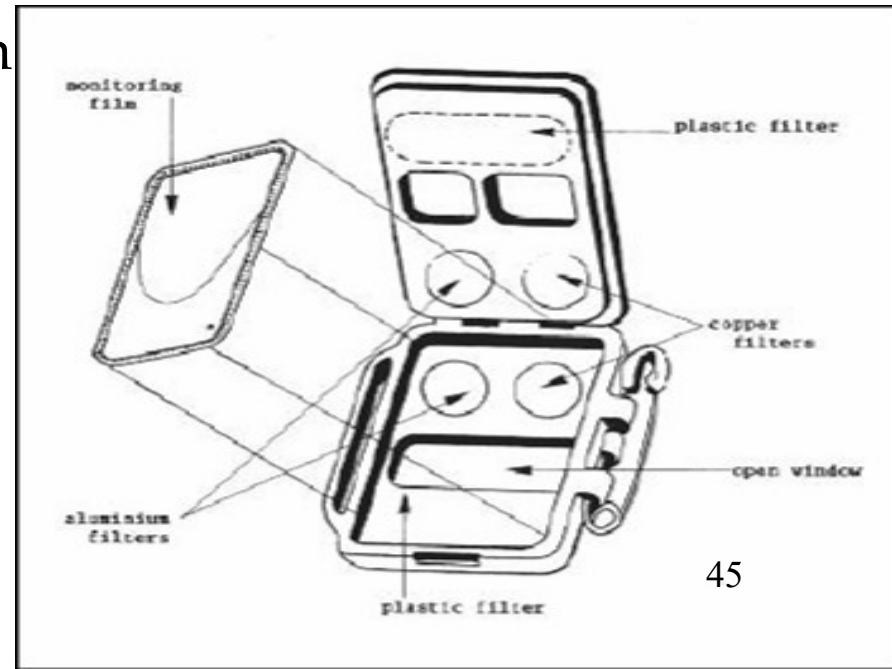
Film doziméter: β , és γ -sugárzás dózisének mérésére használják.

A kiértékelés alapja, hogy a besugárzott filmen áthaladó fény intenzitása más mint a besugárzatlan filmen áthaladóé.

$$S = \lg \frac{I_0}{I}$$

S : feketedés
I : besugárzott filmen áthaladó fényintenzitás

I_0 : Besugárzatlan, de előhívott filmen áthaladó fényintenzitás



A filmdoziméter technikai paramétereit

Sugárzás	Gamma	Röntgen	Béta
Mérhető dózis-tartomány	0,1 mSv- 10Sv	0,1 mSv- 400mSv	0,1 mSv- 10Sv
Mérhető energia-tartomány	10 keV- 7 MeV	10 keV- 7 MeV	700 keV- 3,5 MeV

Sugárzásmérők típusai (7)

- Termolumineszcens dózismérők



Szilárdtest dózismérő, melynek használata napjainkban egyre nagyobb elterjedést mutat. A fenti képek alapján is észrevehető, hogy ezen doziméterek igen kis méretben is előfordulnak, ezáltal alkalmazásuk még szélesebb körben lehetséges.

Különböző TLD anyagokat használva, béta-, gamma- és (termikus)neutron sugárzás mérésére használhatók.

A termolumineszcencia szilárd anyagok hőmérsékletének emelkedésekor jelentkezik. A jelenség akkor figyelhető meg, amikor szilárd szigetelő anyagban, ionizáló sugárzás hatására keletkező szabad elektronok a hibahelyeken (lyukak) csapdába esnek. A szabad elektronok és lyukak egyesülnek és fény fotont emittálnak. A kibocsátott fény intenzitása arányos az elnyelt dózissal. A kilépő fény mérésére kizárólag fotoelektron-sokszorozót használnak.

Ilyen TLD anyagok: gipsz, kvarc, LiF, BeO, Li₂B₄O₇, CaSO₄, Al₂O₃, CaF₂ .

Hp(0,07) és a Hp(10) dózisértékek határozhatók meg.

Személyi Dozimetria Európában

- EURADOS (European Radiation Dosimetry Group)

1981-ben alakult (Hollandia) önálló tudományos társaság, melynek CÉLja a dozimetriai kutatások elősegítése, dozimetriai módszerek fejlesztésének és alkalmazásának támogatása, nemzetközi összemérések (29 ország) végzése.

Osvay M.

EURADOS Személyi Dozimetria

Felmérés, kérdések:

- A külső és belső sugárzásból eredő **személyi dózisek**
- Az adott országban használt **hivatalos dózismérő rendszerek** jellemzése
- A dózismérők **hitelesítése**
- Hivatalos dozimetriai **szervizek száma**
- A dózisadatok értékelése, **dokumentálása**
- **Ellenőrzött személyek száma, foglalkozás szerinti megoszlása**

Eredmények, Következtetések (1)

Magyarország:

- 1955: film + ionkamra (toll) doziméterek
- 1966: Kodak film kazetta országos bevezetése külső gamma- és béta-sugárzásból eredő személyi dózisek ellenőrzésére:
 - Film kiértékelés 2 havonta (OSSKI)
 - Dokumentálás: OSSKI
- Hitelesítés: Országos Mérésügyi Hivatal (OMH)

Eredmények, Következtetések (2)

A 29 ország:

- EU tagok, jelölt EU országok, Svájc, Ukrajna

- Ellenőrzött személyek száma: 727 640

F: 243 000, CH: 62 000, D:53 000, E: 53 000, UK: 47 000,
I: 44 000, PL: 35 000, NL: 32 000, CZ: 20 000, H: 16 000,
BG: 12 500, HR: 3 700

- Dozimetriai szervizek száma: 89

Országok szerint: F: 7, CH: 10, D: 8, E: 4, UK: 7, I: 12,
PL: 3, NL: 4, CZ: 4, H: 1, BG: 5, HR: 2

- Doziméter típus szerint: Film: 21, TLD: 61, RPL: 1,
Vegyes (OSL, elektronikus): 6

Eredmények, Következtetések (3)

Személyi dózismérő rendszerek megoszlása:

F : 90% RPL, 10% V

D: 30% F, 70% TLD

I : 20% F, 80% TLD

B : 30% F, 70% TLD

PL: 40% F, 60% TLD

CZ: 50% F, 50% TLD

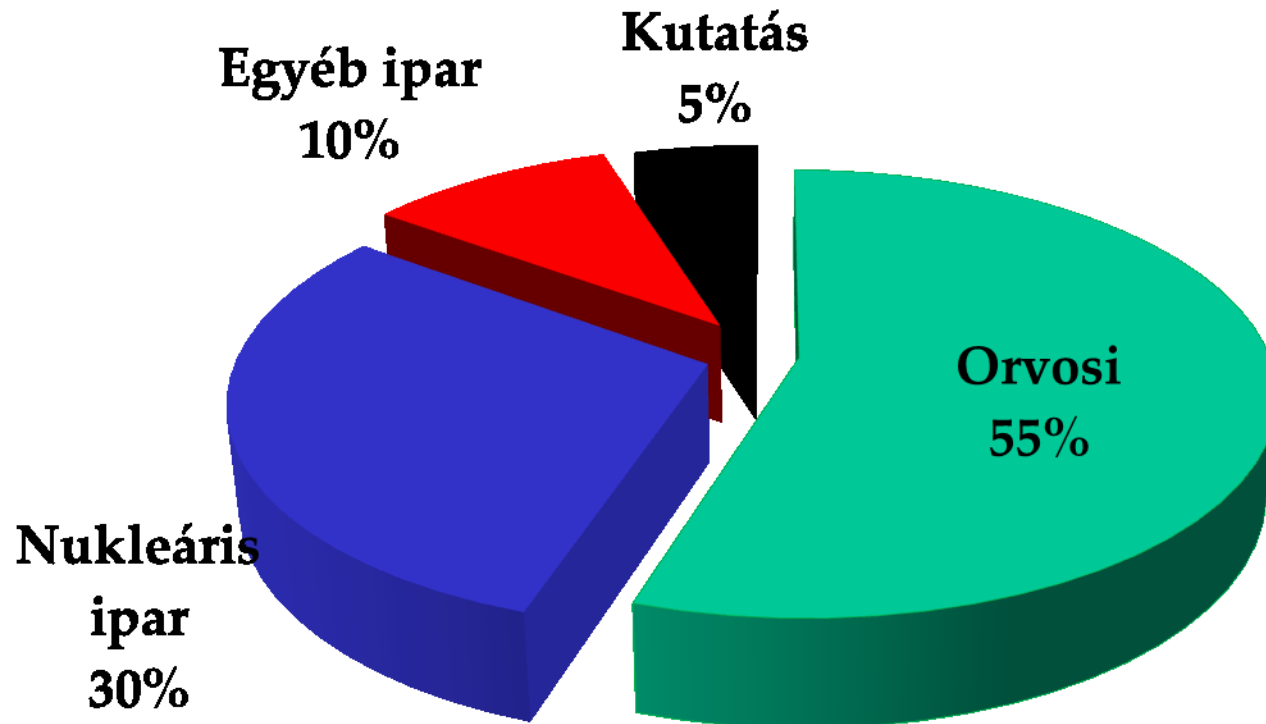
BG: 15% F, 85% TLD

HR: 50% F, 50% TLD

H : 100% F

Eredmények, Következtetések (4)

Ellenőrzött személyek száma 16 000, megoszlásuk:



Eredmények, Következtetések (4)

- Magyarországon 1966 óta **hivatalosan egy dózismérő rendszer**, a film kazetta a személyi dózismérő
→ 50 év alatt **jelentősen megváltoztak a feladatok, a dózisméréssel kapcsolatos követelmények**
- A film nem előnyös a nagy számú orvosi beavatkozásnál (pl. intervenciós radiológia) alkalmazott 60-120 keV röntgen-gamma sugárzás mérésére
- Itthon az ellenőrzött személyek közel 60%-a dolgozik az „orvosi” területeken
- Európában átlagosan 3 hivatalos dozimetriai szervíz van egy-egy országban

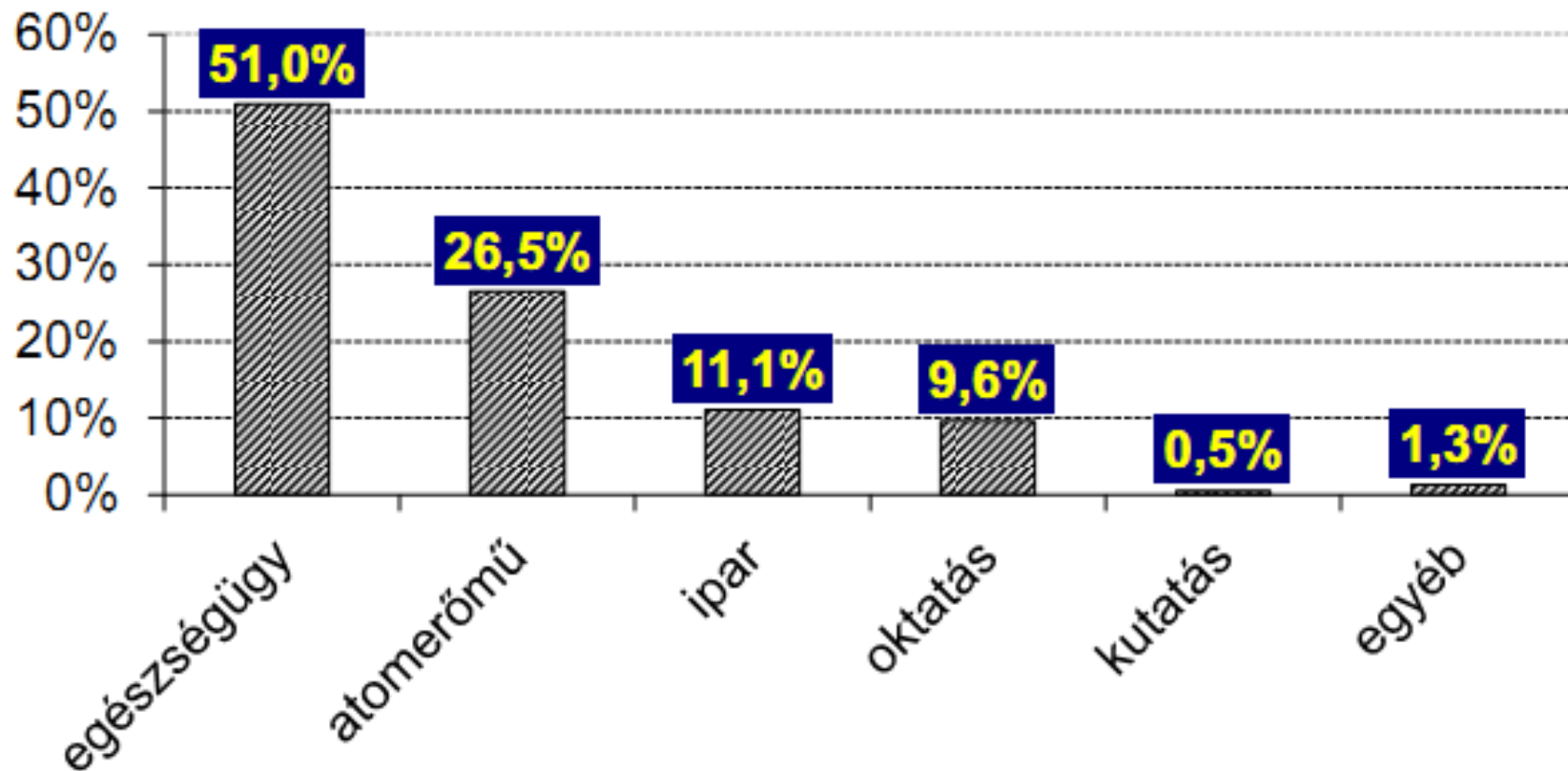
OSSKI
Személyi Dozimetria
Szolgálat

2011 adatai

Munkavállalók foglalkozási sugárterhelésének hatósági ellenőrzése

	2006	2007	2008	2009	2010	2011
munkahelyek	5739	6026	6078	6202	6071	6078
"A"-munkahelyek	1213	1209	1193	1162	1170	1138
"A"-munkavállalók	16973	16883	16384	16193	15740	15891
film dozimetriai ell. (rendkívüli kiért.)	98368	93635	88695	89223	90371	91113
Rn adatok	27	4	22	4	9	5
Neutron adatok	99	91	100	98	101	100
inkorporációs adatok	366	57	81	316	310	(318)
"dózisútlevelek"	169	20	125	26	116	20
"dózisútlevelek"	68	58	68	45	103	78
mhelyi/hat.kivizsgálások	34 / 24	44 / 25	41 / 22	56 / 27	56 / 22	68 / 30

„A” munkavállalók megoszlása



2011 közbeszerzési eljárás

- 98 Mft becsült összértékű eljárás (EU)
 - 6000 db „foton egésztest doziméter”
 - 200 db „foton résztest doziméter”
 - 200 db „béta résztest doziméter”
 - 1 db „automata kiértékelő” (+besugárzó, +kinullázó)
- Meghirdetés: 2011. december 20.
- Eredményhirdetés: 2012. március 30.

Nyertes: **Panasonic Corporation / Matsushita**

Electric Industrial Co., Ltd - TLD rendszer

- Szerződéskötés: 2012. április 11.

Panasonic UD802AT és UD807ATN doziméterek



Panasonic UD802AT adatok

- 4 db szűrő / 4 db TL-detektor:
 - 14 mg/cm² műanyag / Li₂B₄O₇:Cu (β, γ) [≡ UD807ATN]
 - 160 mg/cm² műanyag / Li₂B₄O₇:Cu (β, γ)
 - 160 mg/cm² műanyag / CaSO₄:Tm (β, γ)
 - 700 mg/cm² ólom / CaSO₄:Tm (γ)
- E (γ) = 10 keV ... 10 MeV
- Tartomány = 10 μSv ... 10 Sv
- Kimutatási határ = 1,6 μSv (Cs-137)
- Kalibrálás = 1...5 mSv
- Élettartam > 1000 (7000) kiolvasás
- Fading = 5% / év

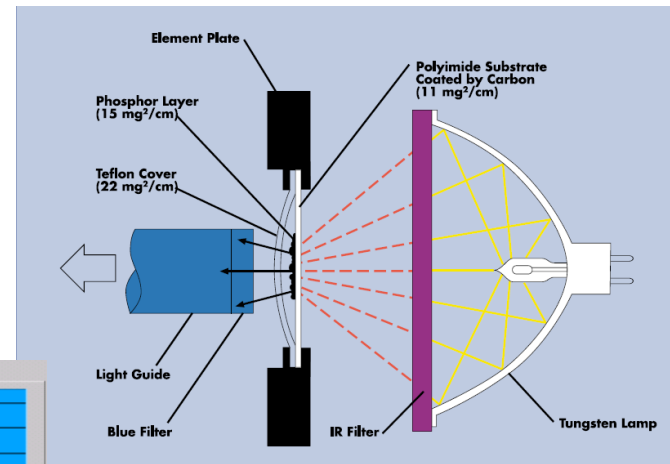
2012 közbeszerzési eljárás

- + 27000 db UD802AT „foton egésztst” doziméter
(≈ 16000 fő)
- + műanyag tasak
- + 3600 db UD807ATN „foton/béta résztst” doziméter
(≈ 2000 fő)
- + gyűrű
- + címke, festék, csomagolóanyag
- bruttó ≈ 270 MFt összérték

TLD (Panasonic UD802AT)

Kétféle vegyület: lítium-tetraborát
kálcium-szulfát

Három féle szűrő: - polietilén
- ABS (műanyag)
- ólom



Kifűtés infravörös sugarakkal

A kék szűrőn keresztül kilépő fény detektálása fotoelektron-sokszorozóval

1mSv besugárzás esetén, kifűtés hatására:

540-560 impulzus a $Li_2B_4O_7$ elemekből
31000-34000 impulzus a $CaSO_4$ elemekből

