

# Sugárfizikai és sugárvédelmi ismeretek

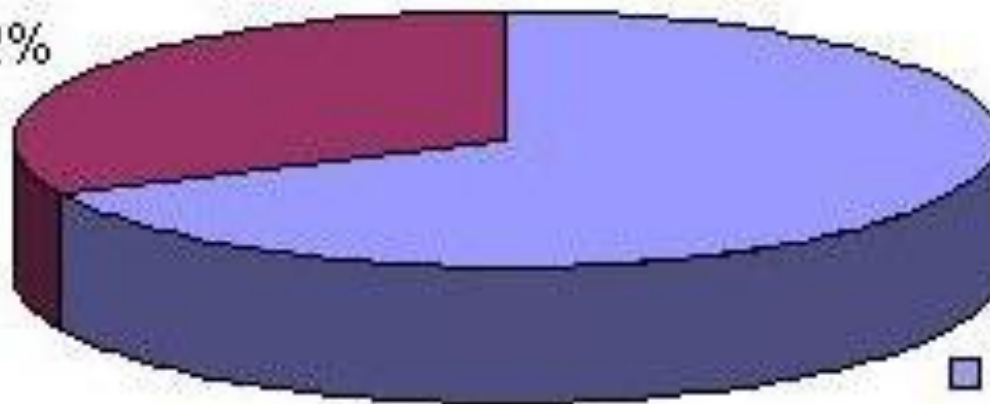
SZTE Nukleáris Medicina Intézet

# A lakosság sugárterhelése 1

## A Föld lakosságának sugárterhelése

Mesterséges  
eredetű

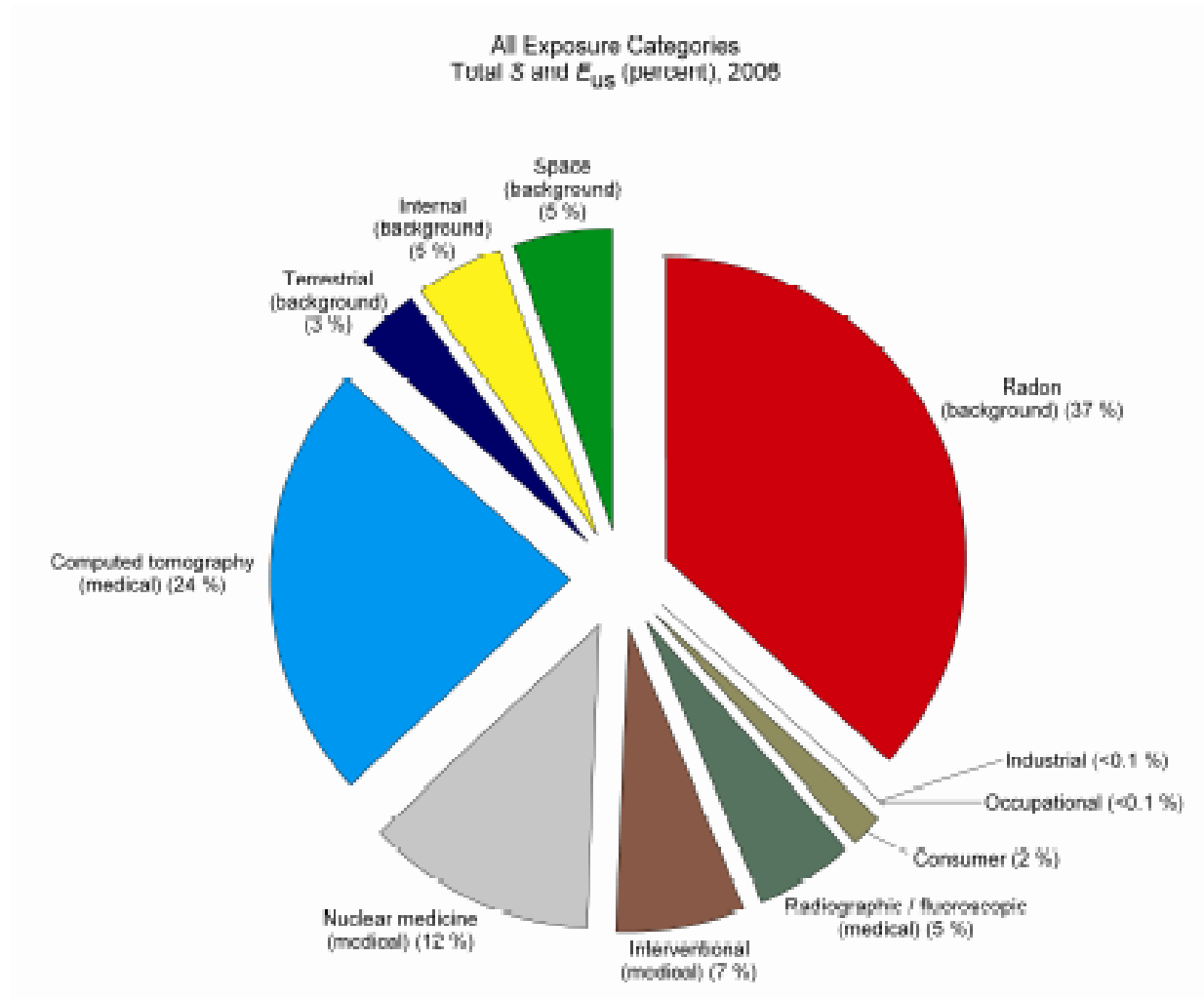
■ 32%



Természetes  
eredetű

■ 68%

# A lakosság sugárterhelése 2



**Percent contribution of various sources of exposure to the total collective effective dose ( $S$ ) (1,870,000 person-Sv) and the total effective dose per individual in the U.S. population ( $E_{US}$ ) (6.2 mSv) for 2006.**

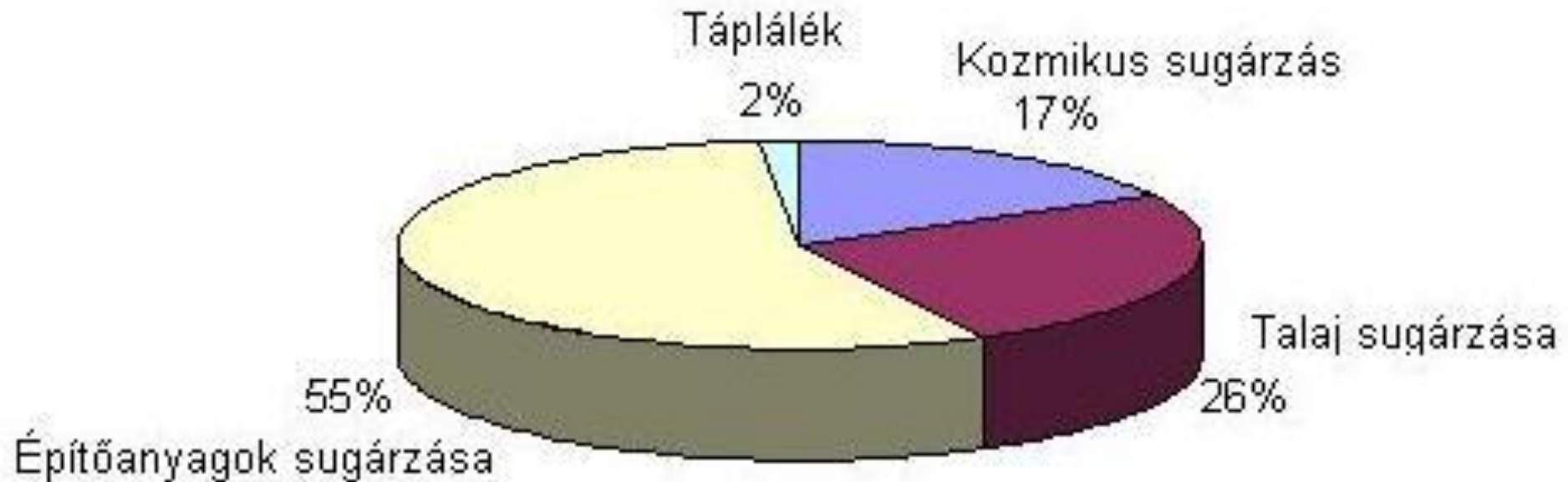
# A lakosság sugárterhelése 3

## Comparison of collective effective dose ( $\underline{S}$ ) and effective dose per individual in the U.S. population ( $\underline{E}_{US}$ ) as reported in NCRP (1987)

Exposure Category	This Report [for 2006]			NCRP (1987 <sup>a</sup> ) [for the early 1980s]		
	$\underline{S}$ (person-Sv)	$\underline{E}_{US}$ (mSv)	Percent of Total $\underline{S}$ or $\underline{E}_{US}$	$\underline{S}$ (person-Sv) <sup>a</sup>	$\underline{E}_{US}$ (mSv) <sup>a</sup>	Percent of Total $\underline{S}$ or $\underline{E}_{US}$
<b>Ubiquitous background</b>	<b>933,000</b>	<b>3.11</b>	<b>50</b>	<b>690,000</b>	<b>3.0</b>	<b>83</b>
Radon	684,000	2.28	37	460,000	2.0	55
Other	249,000	0.83	13	230,000	1.0	28
<b>Medical</b>	<b>899,000</b>	<b>3.00</b>	<b>48</b>	<b>123,000</b>	<b>0.53</b>	<b>15</b>
Computed tomography (2006)	440,000	1.47	24			
Radiography/fluoroscopy (2006)	100,000	0.33	5			
All diagnostic (1980)				91,000 <sup>b,c</sup>	0.39	11
Nuclear medicine	231,000	0.77	12	32,000 <sup>f</sup>	0.14	4
Interventional (2006)	129,000	0.43	7			
<b>Consumer</b>	<b>33,000</b>	<b>0.11</b>	<b>2</b>	<b>12,000– 29,000</b>	<b>0.05–0.13</b>	<b>&lt;2</b>
<b>Industrial, security, medical, educational and research</b>	<b>1,000</b>	<b>0.003</b>	<b>0.05</b>	<b>200<sup>d</sup></b>	<b>0.001</b>	<b>0.03</b>

# Természetes eredetű sugárterhelés 1

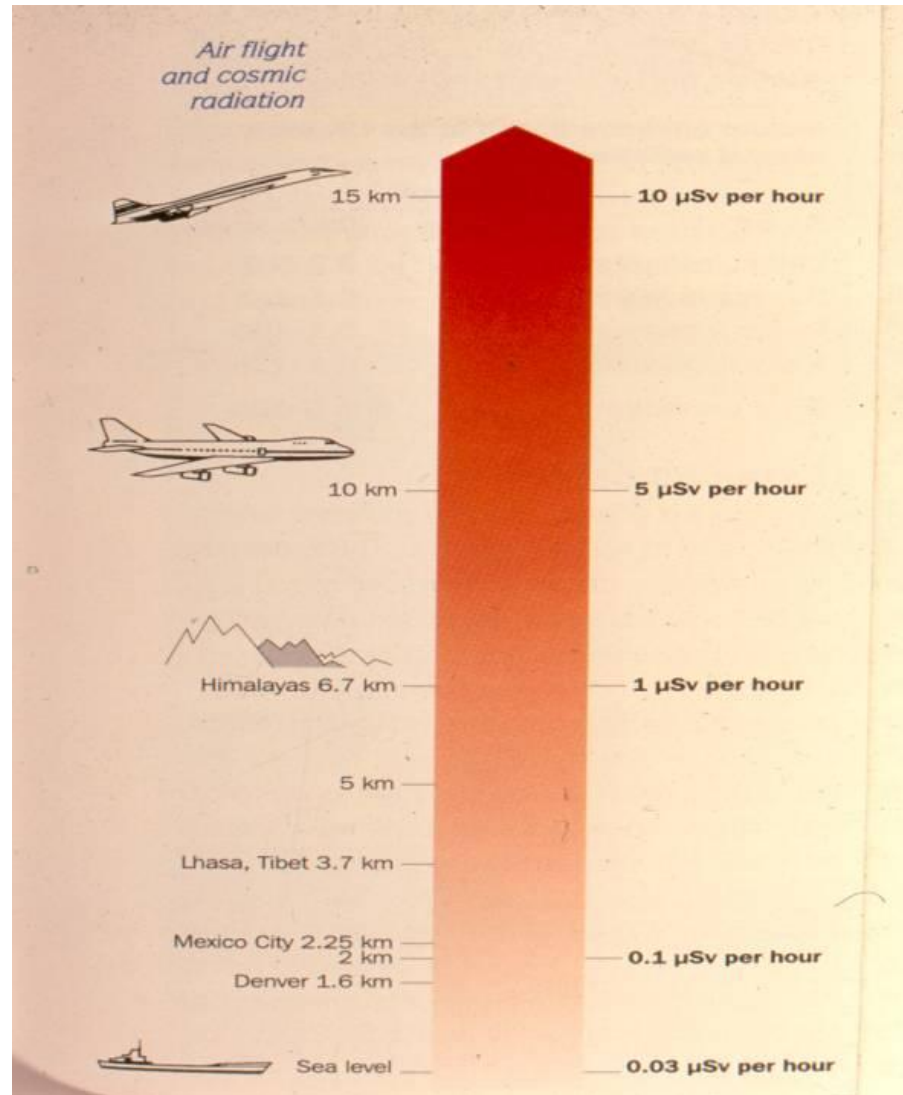
## Természetes eredetű sugárterhelés



# Természetes eredetű sugárterhelés 2

Food	Radioactive levels (Bq/kg)				
	Daily intake (g/d)	Ra-226	Th-228	Pb-210	K-40
Rice	150	0.126	0.267	0.133	62.4
Wheat	270	0.296	0.270	0.133	142.2
Pulses	60	0.233	0.093	0.115	397.0
Other Vegetables	70	0.126	0.167	--	135.2
Leafy Vegetables	15	0.267	0.326	--	89.1
Milk	90	--	--	--	38.1
Composite Diet	1370	0.067	0.089	0.063	65.0

# Természetes eredetű sugárterhelés 3

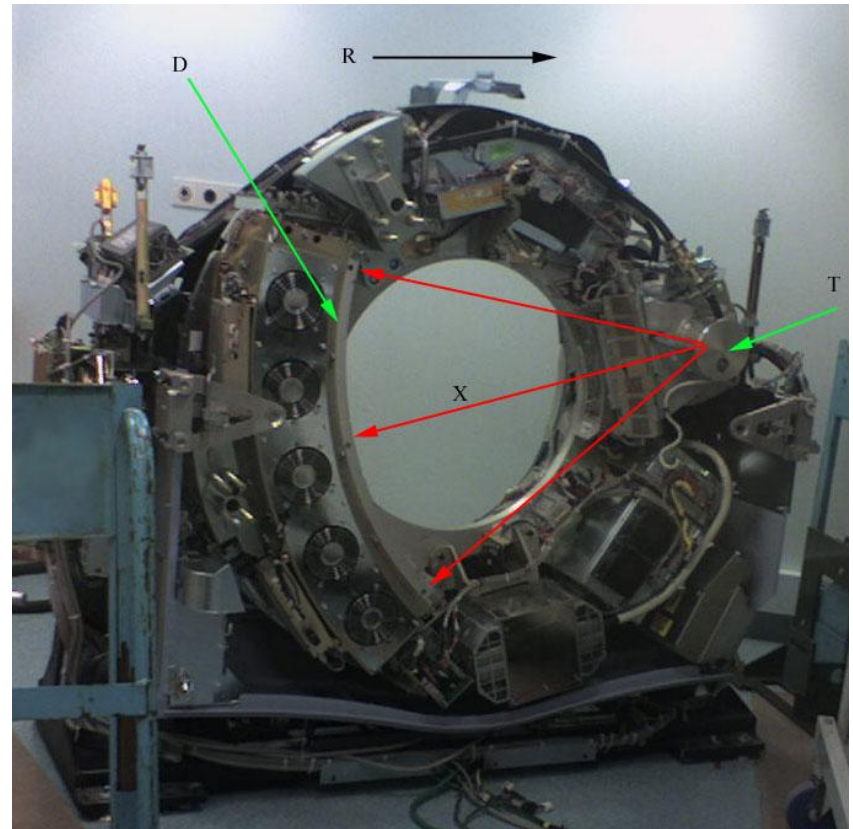
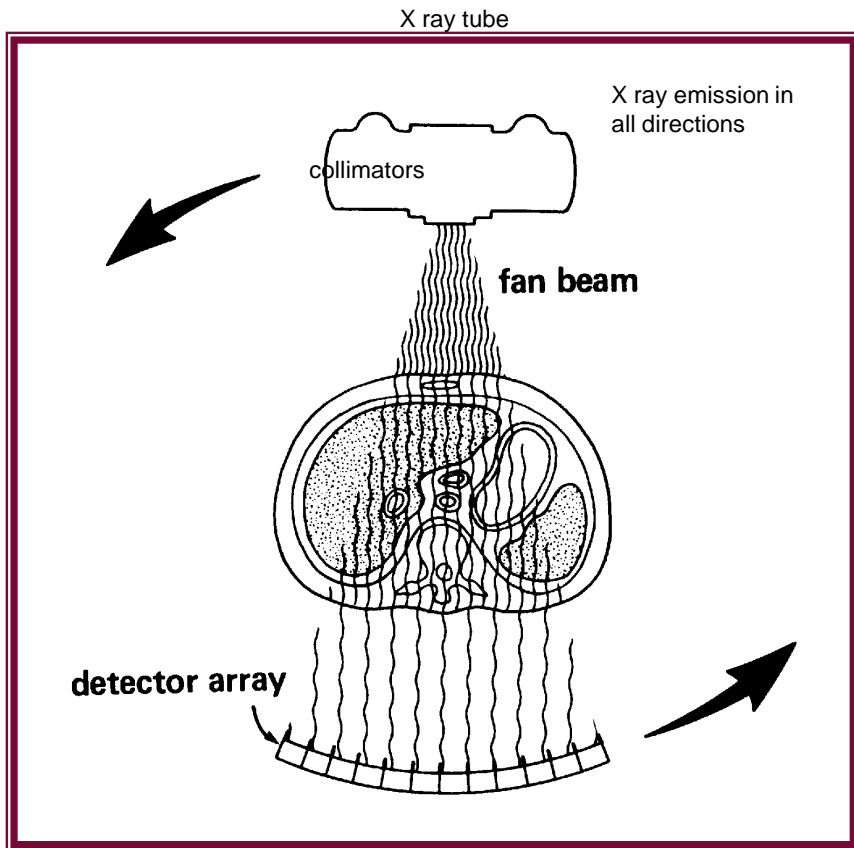


# Mesterséges eredetű sugárterhelés

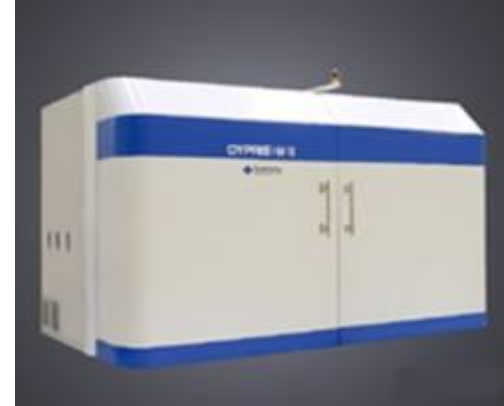
- **Mesterséges sugárforrások**
  - röntgencső
  - atomreaktor, részecske gyorsító
- Egészségkárosító hatásuk ellenére, az alkalmazásukkal járó előnyök miatt célszerűtlen lenne a forrásokat betiltani
- Optimális - az egyén és társadalom számára még elviselhető kockázat  
(Sugárvédelmi rendszer)



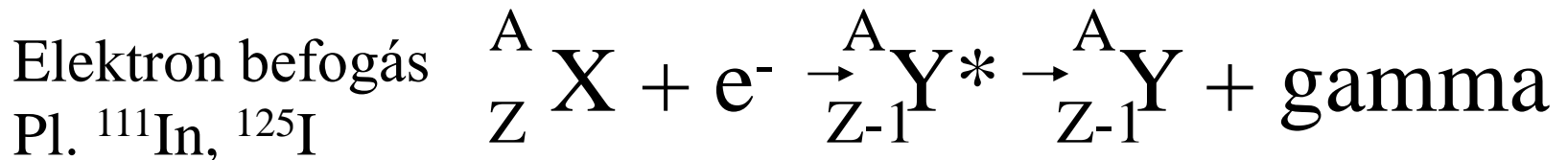
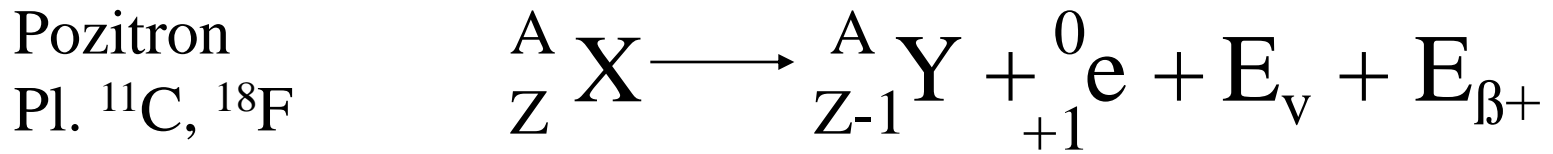
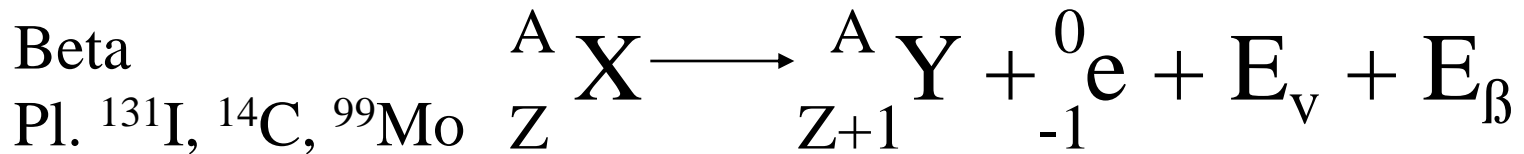
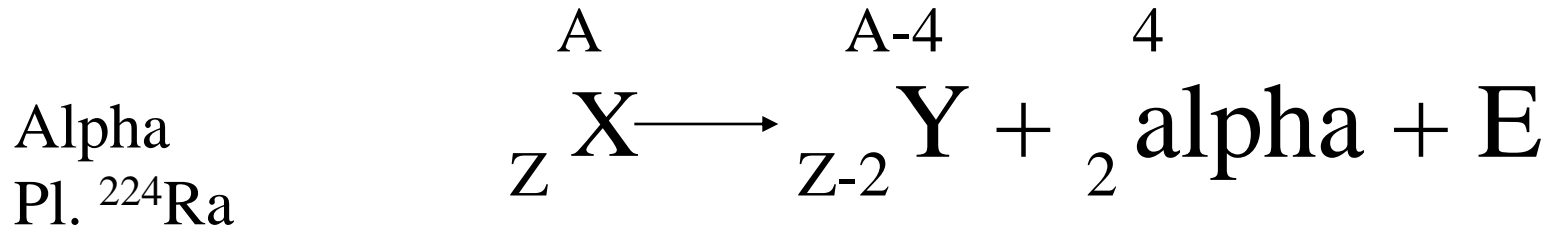
# CT készülék



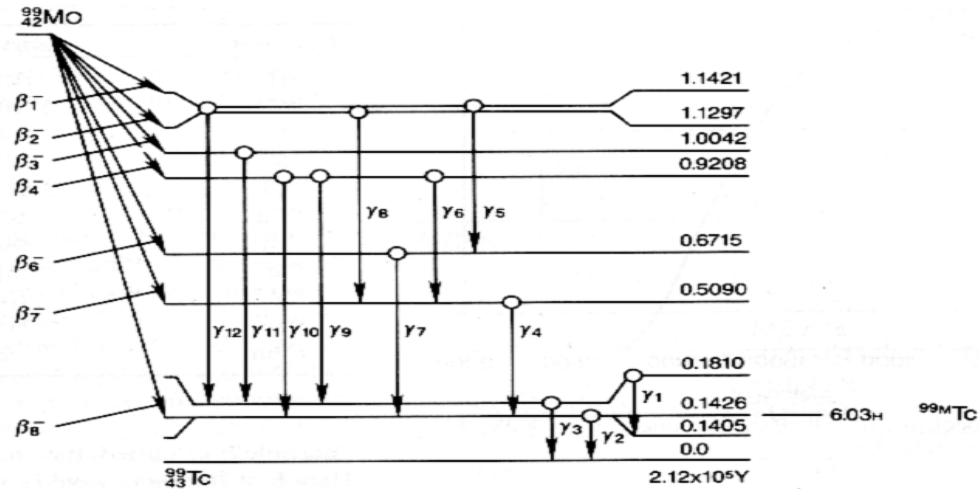
# Ciklotronok



# Bomlástípusok



# 99-Mo bomlása



RADIATION		MEAN NUMBER/ DISINTE- GRATION $N_i$	MEAN ENERGY/ PARTICLE $E_i$ (MeV)	RADIATION		MEAN NUMBER/ DISINTE- GRATION $N_i$	MEAN ENERGY/ PARTICLE $E_i$ (MeV)
BETA MINUS	1	0.0012	0.0658	GAMMA	4	0.0143	0.3664
BETA MINUS	3	0.0014	0.1112	GAMMA	5	0.0001	0.3807
BETA MINUS	4	0.1850	0.1401	GAMMA	6	0.0002	0.4115
BETA MINUS	6	0.0004	0.2541	GAMMA	7	0.0005	0.5289
BETA MINUS	7	0.0143	0.2981	GAMMA	8	0.0002	0.6207
BETA MINUS	8	0.7970	0.4519	GAMMA	9	0.1367	0.7397
GAMMA	1	0.0130	0.0405	K INT CON ELECT		0.0002	0.7186
K INT CON ELECT		0.0428	0.0195	GAMMA	10	0.0479	0.7782
L INT CON ELECT		0.0053	0.0377	K INT CON ELECT		0.0000	0.7571
M INT CON ELECT		0.0017	0.0401	GAMMA	11	0.0014	0.8231
GAMMA	2	0.0564	0.1405	GAMMA	12	0.0011	0.9610
K INT CON ELECT		0.0058	0.1194	K ALPHA-1 X-RAY		0.0253	0.0183
L INT CON ELECT		0.0007	0.1377	K ALPHA-2 X-RAY		0.0127	0.0182
GAMMA	3	0.0657	0.1810	K BETA-1 X-RAY		0.0060	0.0206
K INT CON ELECT		0.0085	0.1600	KLL AUGER ELECT		0.0087	0.0154
L INT CON ELECT		0.0012	0.1782	KLX AUGER ELECT		0.0032	0.0178
M INT CON ELECT		0.0004	0.1806	LMM AUGER ELECT		0.0615	0.0019
				MXY AUGER ELECT		0.1403	0.0004

# A sugárzások forrásai

- Ionizáló sugárzás
- Nem ionizáló sugárzás

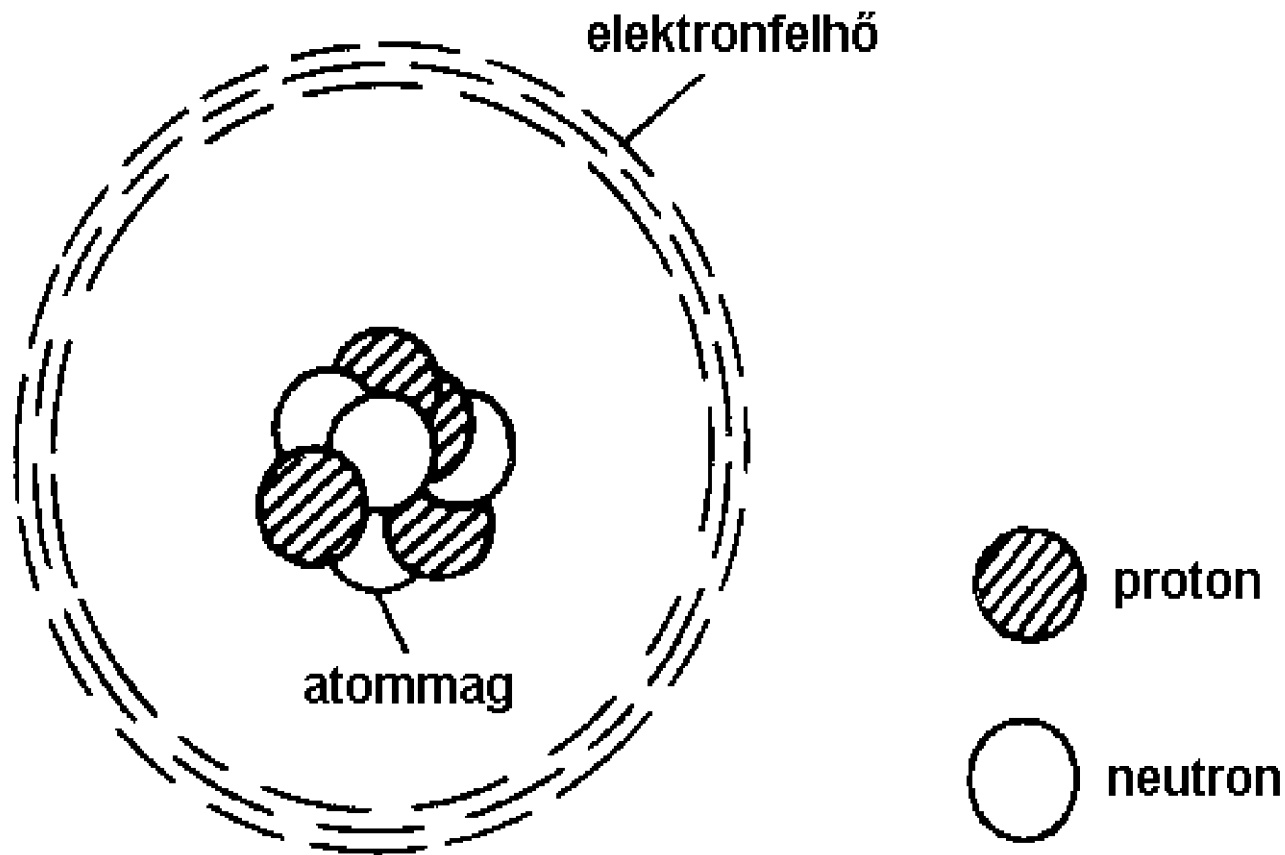
# Sugárforrások

- Ionizáló sugárzás
  - Részecske sugárzás (Energia MeV)
    - alfa-részecskék ( $\alpha$ ) 2-10
    - béta-részecskék ( $\beta$ ) 0,01-50
    - protonok (p) 1-10
    - neutronok (n) 0,02-30
    - ionok 1-50
  - Elektromágneses sugárzás
    - röntgen-sugárzás (R) 0,005-0,5
    - gamma-sugárzás ( $\gamma$ ) 0,005-50

# Sugárforrások

- Nem ionizáló sugárzás
  - Elektromágneses
    - optikai (fény)
    - nagyfrekvenciás
    - alacsonyfrekvenciás
  - Hang
    - infrahang
    - hallható hang
    - ultrahang

# Az ionizáló sugárzások biológiai hatásai 1





# Az ionizáló sugárzások biológiai hatásai 2

## Az elemi sugárhatás szakaszai

- Fizikai fázis ( $10^{-18}$ - $10^{-16}$  s)
  - Direkt és indirekt sugárhatás
  - Indirekt sugárhatás
    - $H_2O$  radiolízis
    - Szabadgyök képződés
- Kémiai fázis ( $10^{-16}$ -1 s)
  - H kötések felbomlása, Peroxidáció
  - Keresztkötések
  - Molekula fragmentáció
- Biológiai fázis (sec-évek)
  - Determinisztikus
  - Stochasztikus

# Az ionizáló sugárzások biológiai hatásai 3

- Sztochasztikus
- Determinisztikus

# Sztochasztikus hatások 1

statisztikai valószínűség szerint megjelenő

Jellemző:

- az elnyelt dózis növekedésével egyenes arányban nő a hatás valószínűsége
- nincs „küszöbdózis”
- minden dózis mellé rendelhető egy bizonyos (bármilyen kicsi is) valószínűség

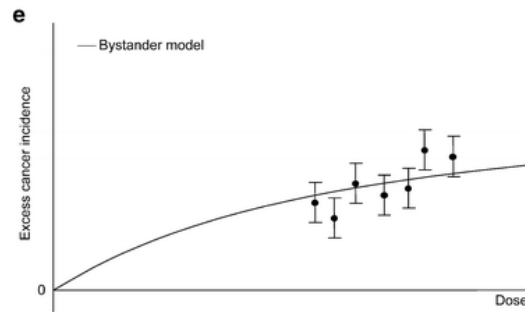
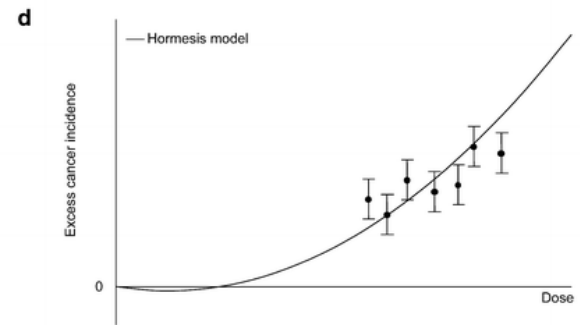
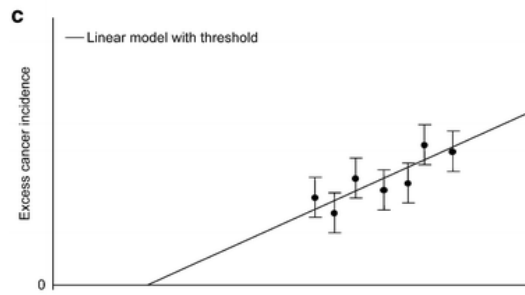
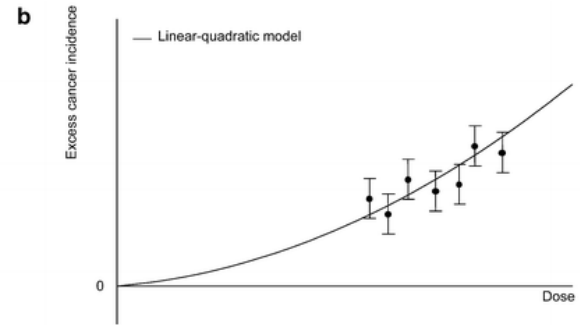
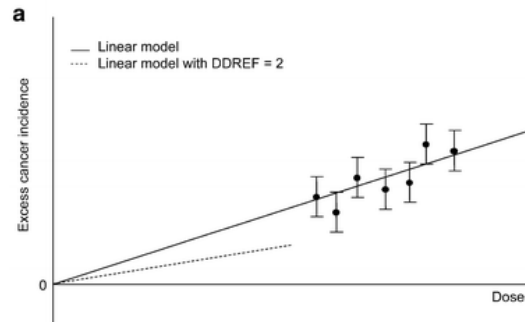
Hatások:

- rosszindulatú daganatképződés (néhány éven, évtizeden át tarthat)
- genetikai hatások (az utódokban jelenhetnek meg)

# Sztochasticus hatások 2

- Az ionizáló sugárzások nem okoznak specifikus hatásokat, az egyéb eredetű tényezők okozta ártalmak  
  
Pl. mutációk, kromoszómaabberációk, anyagcsere rendellenességek  
  
előfordulási gyakoriságát növelik
- A genetikai ártalmak kockázatát az emberben a kísérleti állatokon kapott eredmények alapján becsülik

# Kockázat modellek



# Kockázatbecslés

## A kockázat mértékének határai

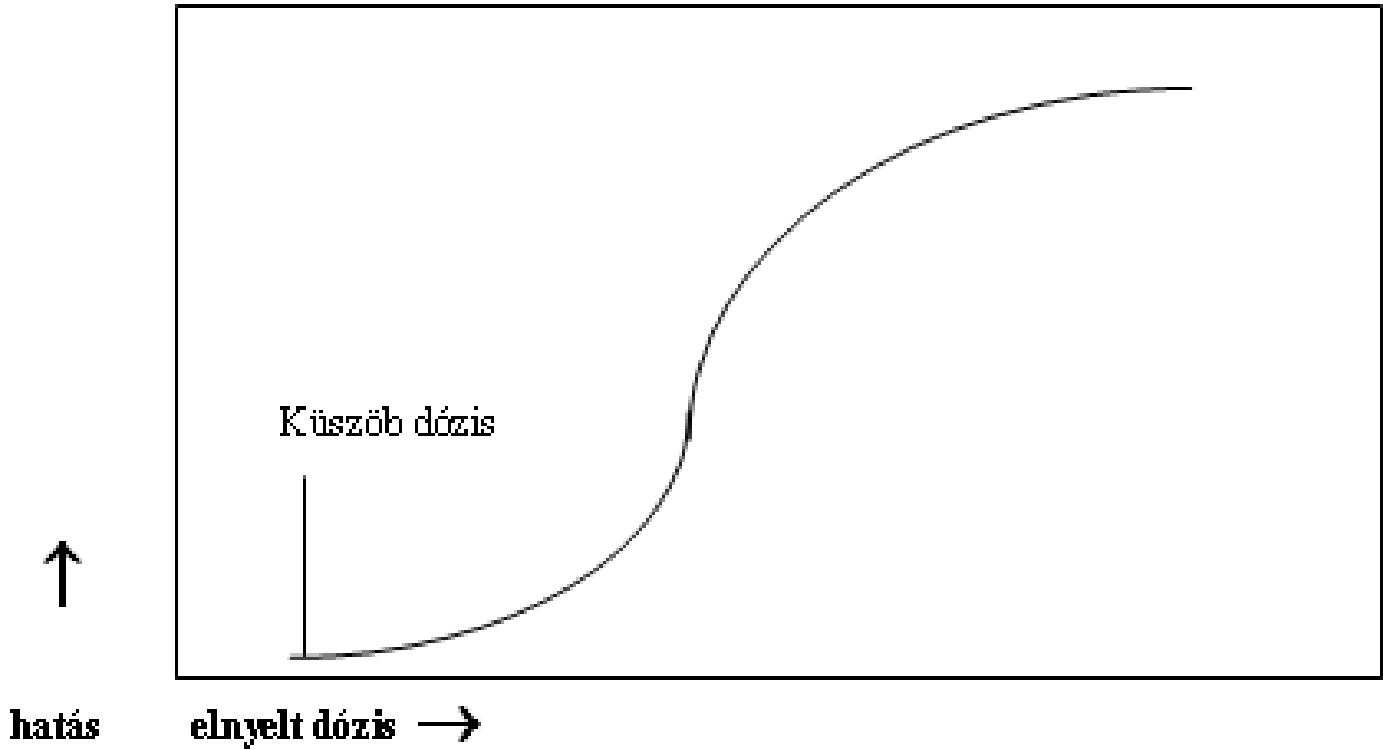
- $10^{-3}$  (1/1000) - munkavállalókra

ICRP - végzetes kimenetű rákképződés kockázata:

- Felnőtt munkavállalók:  $4,0 \times (10^{-2}/\text{Sv})$
- Teljes lakosság:  $5,0 \times (10^{-2}/\text{Sv})$

- 20 mSv:  $8 \times 10^{-4} = 1/1250$  eset
- 1 mSv/év:  $5 \times 10^{-5} = 1/20000$  eset

# Determinisztikus biológiai hatások 1



# Determinisztikus biológiai hatások 2

- Késői sugár-dermatitis
- Lencsehályog
- Teratológiai elváltozások
- Akut sugárbetegség



# A sugárérzékenység mértéke

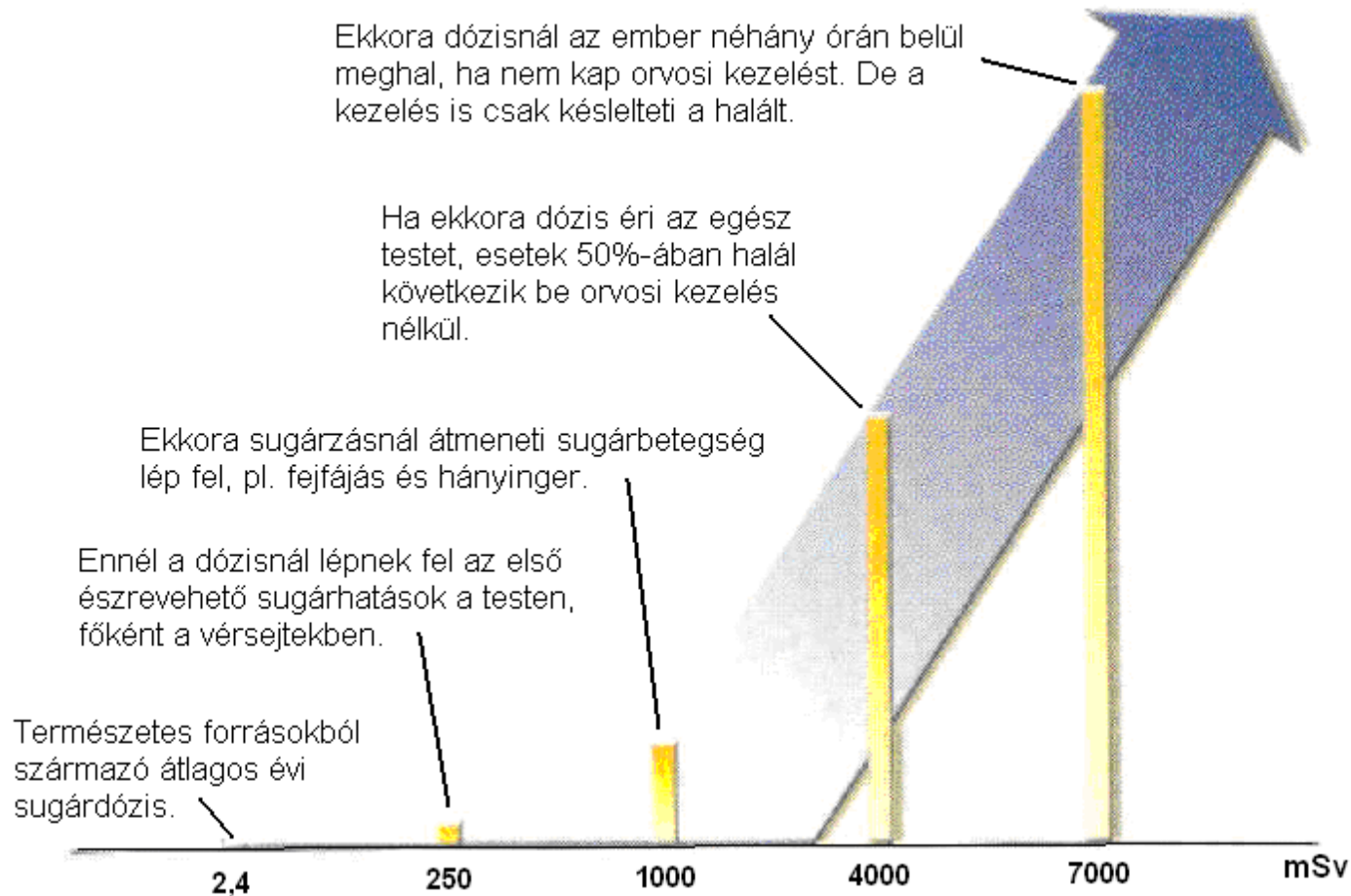
- Szaporodó sejtek, nem regenerálódó sejtek
- Bél, vérképző szervek, szaporodás sejtjei, szemlencse

Csökkenő sugárérzékenység:

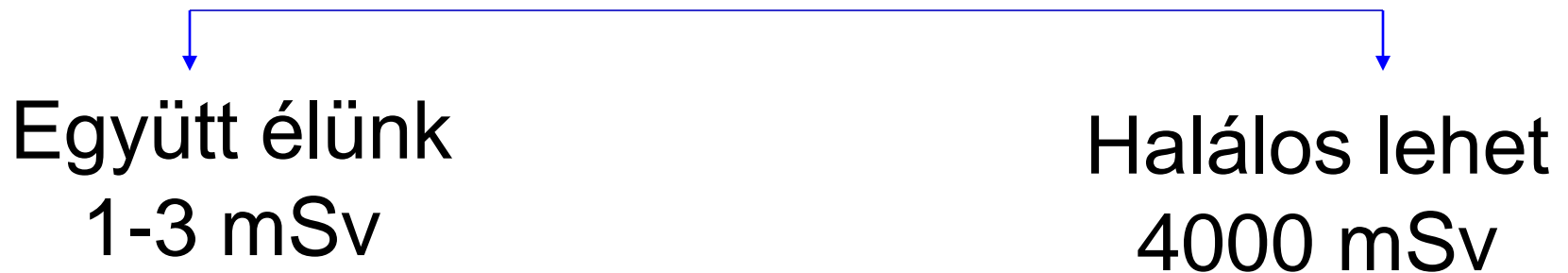
nyirokszövet – csontvelő - gyomor és bélrendszer  
nyálkahártyája – ivarsejtek - bőr proliferáló sejtrétege –  
erek - mirigyszövetek, máj – kötőszövet – izomszövet -  
idegszövet

# Az ionizáló sugárzások biológiai hatásai (összefoglalás)

## Biológiai következmények



# Sugárzás



**Hol a határ?**

# Dózis fogalmak 1

- Elnyelt dózis
- Egyenérték dózis
- Effektív dózis
- Személyi dózisegyenérték
- Lekötött egyenérték dózis
- Lekötött effektív dózis
- Kollektív dózis

# Dózis fogalmak 2

- Elnyelt dózis

$$D = d \varepsilon / dm$$

*mértékegysége: J/ kg; neve: gray (Gy)*

- Egyenérték dózis

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R}$$

*mértékegysége: J/ kg; neve: sievert (Sv);  $w_R=1$  (fotonok)*

- Effektív dózis

$$E = \sum_T w_T H_T = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}$$

*mértékegysége: J/ kg; neve: sievert (Sv)*

# Dózis fogalmak 3

## Lekötött dózis

- atomfegyver-kísérletek
  - hosszú felezési idejű radionuklidok
    - $^{137}\text{Cs}$  (30 év),  $^{90}\text{Sr}$  (28.5 év)
  - felvesszük táplálékkal, ivóvízzel, levegővel
- $^{137}\text{Cs}$  (a K biológiai analógja)
  - a lágy szövetekben dúsul
- $^{90}\text{Sr}$  (a Ca biológiai analógja)
  - a csontszövetekben dúsul

# Dóziskorlátok 1

- **96/29/EURATOM**
- **16/2000. EüM Rendelet (az Atomtörvény végrehajtási rendelete)**

100 mSv/egymást követő 5 év; 50 mSv/bármely egyedi év, külső és belső sugárterhelésből származó **effektív dóziskorlát**

# Dóziskorlátok 2

## Szervi dóziskorlátok

- szemlencsére
  - évi egyenérték dóziskorlát **150 mSv**
- a bőrre – bármely  $1 \text{ cm}^2$  területre átlagolva –, továbbá a végtagokra
  - évi egyenérték dóziskorlát **500 mSv**



# A lakosság tagjaira vonatkozó dóziskorlátok

- egésztestre vonatkozó *évi 1 mSv* effektív dózis
- a *szemlencsére* engedélyezett egyenérték dóziskorlát *évi 15 mSv*
- a *bőrre* vonatkozóan - bármely  $1 \text{ cm}^2$  területre átlagolva - egyenérték dóziskorlát *évi 50 mSv*

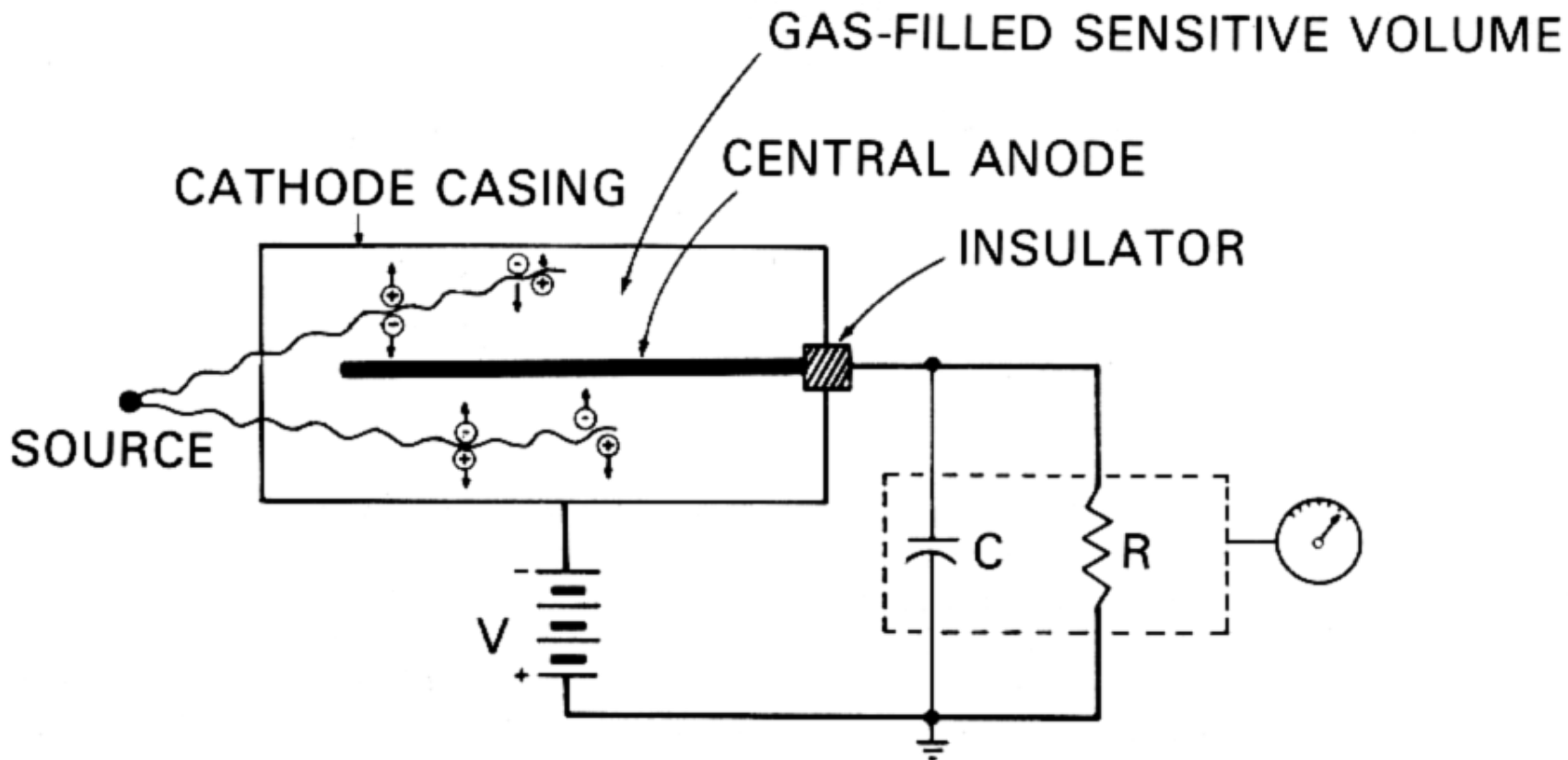
# A sugárzás mérése 1

- a detektor anyagában az elektromos vezetőképesség megváltozása
- a detektor anyagában fényfelvillanások keletkezése
- a detektor anyagában kémiai elváltozás keletkezése

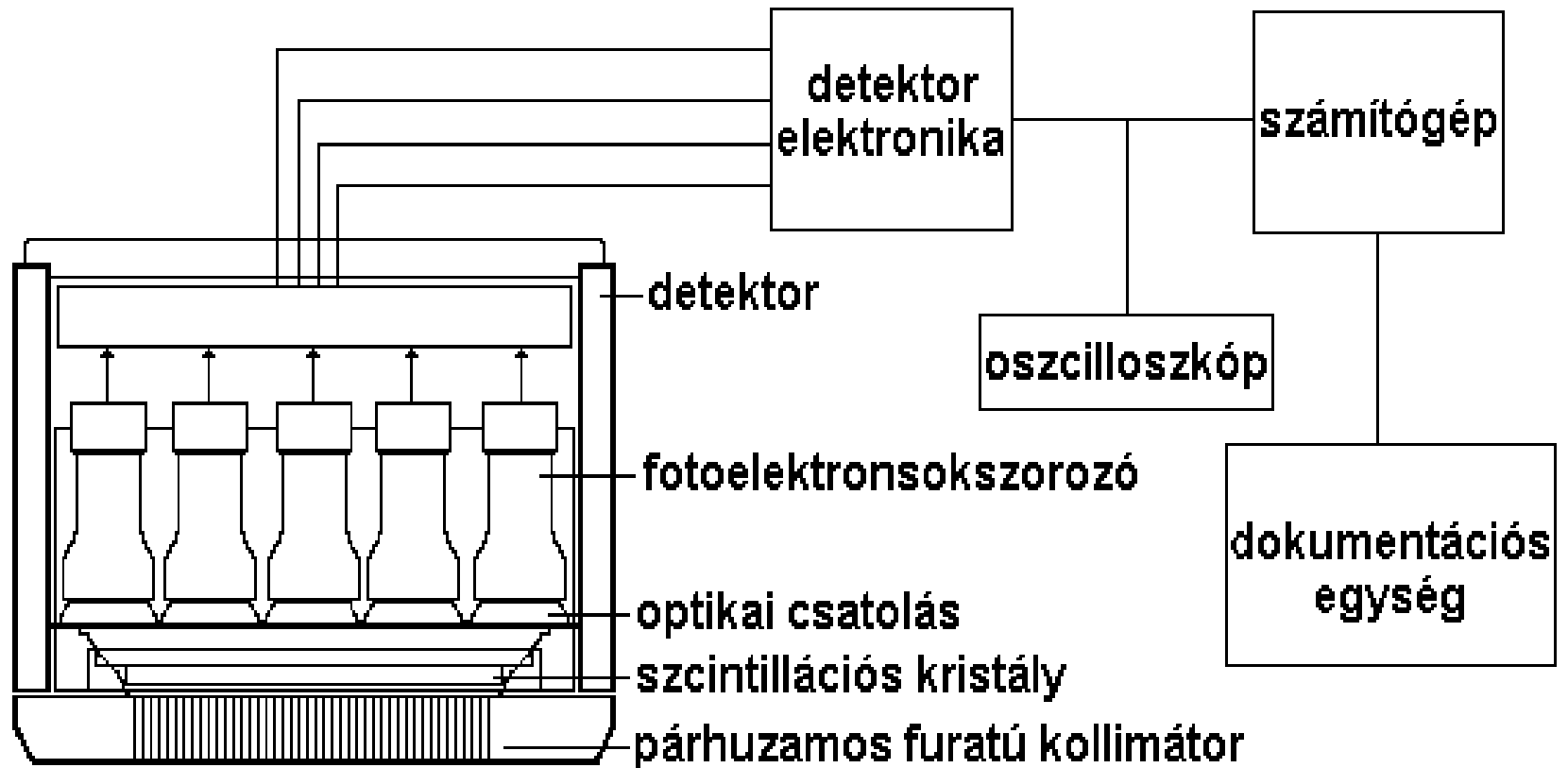
# A sugárzás mérése 2

- Gázzal töltött detektorok
  - Ionizációs kamra
  - Proporciónális számláló
  - Geiger-Müller számláló
- Szcintillációs detektorok
  - SPECT, PET, CT
- Röntgen film

# Gázionizációs detektorok



# Szcintillációs detektor



# Személyi dózismérő (filmdózismérő)

- Film (zselatinba ágyazott ezüst bromidot tartalmaz, ionizáló sugárzás hatására ezüst és bróm )
- Előhívás + fixálás = a szabad ezüst feketedést hoz létre
- Kalibrációs görbe segítségével a kapott dózis meghatározása
- Szűrők:  $\beta$ ,  $\gamma$ , röntgen sugárzás, termikus neutronok okozta dózisok elkülönítésére

# Sugárvédelmi szabályok

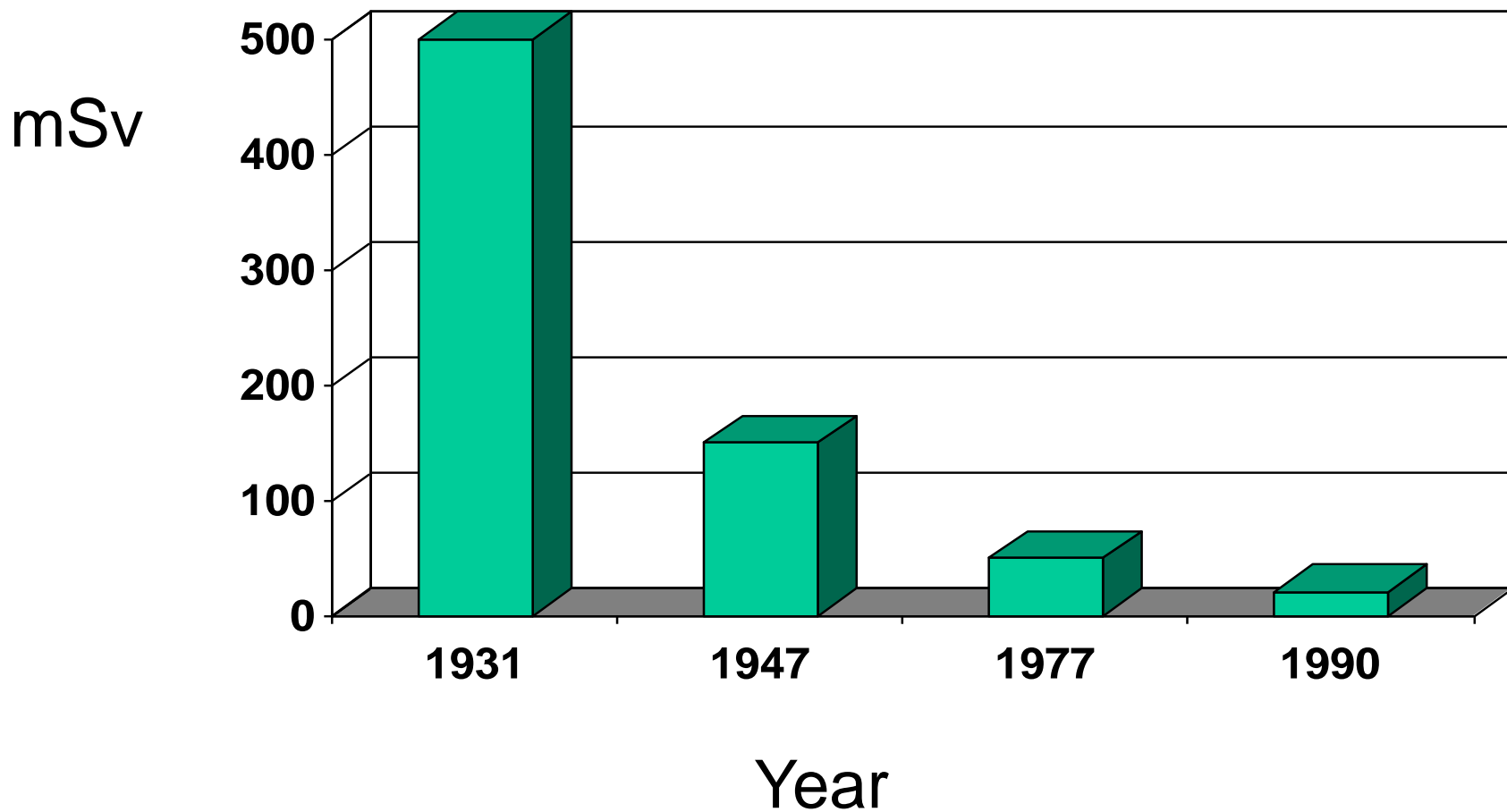
- 1895-ben röntgensugárzás
- 1896-ban radioaktivitás
- sérülések elkerülésének céljából szabályok felállítása

# Korszerű sugárvédelmi szabályozás

- az indoklás
- a dóziskorlát
- a dózisterhelés olyan alacsony szinten tartása, ami még ésszerűen elérhető (“As Low As Reasonably Achievable” – **ALARA** elv).



# A dóziskorlátok változása



# Nyitott radioaktív készítményekkel végzett munkák alapfeltételei 1

- A munkavégzés az arra kijelölt helyen történjen.
- A radioaktív készítményt tartalmazó zárt tartályokat, különös tekintettel a könnyen párologó oldatokra (pl. rádiójód), nyitott térben tilos felbontani. Minden esetben elszívófülke alatt kell dolgozni.

# Nyitott radioaktív készítményekkel végzett munkák alapfeltételei 2

- A munkafelületeket műanyag védőfóliával, üveggel, kell ellátni, vagy rozsdamentes tálcán kell dolgozni. A tálcára lehetőleg papírkendőt kell helyezni a radioaktív folyadékcseppek felitatására, így megelőzve a szennyeződés szétterjedését.
- A munkafolyamatokat előre meg kell tervezni, hogy a potenciálisan szennyeződő felületeket fokozott ellenőrzés alatt lehessen tartani.

# Nyitott radioaktív készítményekkel végzett munkák alapfeltételei 3

- A használaton kívüli radioaktív izotóp oldatokat zárt tartályban kell tartani.
- A laboratóriumban szigorú rendet kell tartani.
- A munkaterületek sugárszennyezettségét és sugárszintjét rendszeresen ellenőrizni kell.
- Ellenőrizni kell a kezek, ruházat, cipők, védőeszközök szennyezettségét.
- Étkezés, ivás, vagy dohányzás előtt alaposan kezet kell mosni.

# Radioaktív szennyezettség mentesítése 1

- A szennyezett területre papírkendőt kell teríteni, a szennyeződés továbbterjedésének megakadályozására.
- Tájékoztatni kell a dolgozókat a szennyeződésről, és az elszennyeződött terület határait ki kell jelölni.
- A személyi elszennyeződést ellenőrizni kell, szennyezettség esetén a dekontaminálást azonnal el kell kezdeni.

# Radioaktív szennyezettség mentesítése 2

- A szennyeződés eltávolítását a szennyezett terület határától a közepe felé haladva kell elvégezni. A szennyeződés mentesítésére a lehető legkevesebb vizet, illetve egyéb folyadékot célszerű használni.
- A mentesítésnél használt tisztító anyagokat radioaktív hulladékként kell kezelni.
- Mentés után a szennyezett terület sugárzási szintjét ellenőrizni kell.

# Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála

A biztonság szempontjából jelentős események azonnali jelentésére



BALESET

ÜZEMZAVAR



SKÁLA ALATTI ESEMÉNYEK  
A BIZTONSÁG SZEMPONTJÁBÓL NINCŚ JELENTŐSÉGŰK