

Sugáregészségtan. Ionizáló sugárzások egészségre gyakorolt hatásai

Dr. Horváth Ferenc

horvath.ferenc@med.semmelweis-univ.hu

SE ÁOK Népegészségtani Intézet

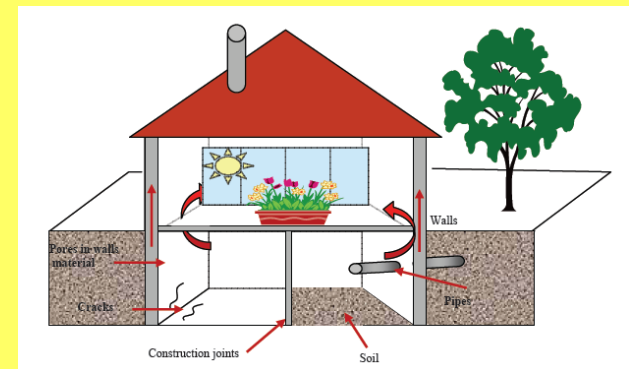
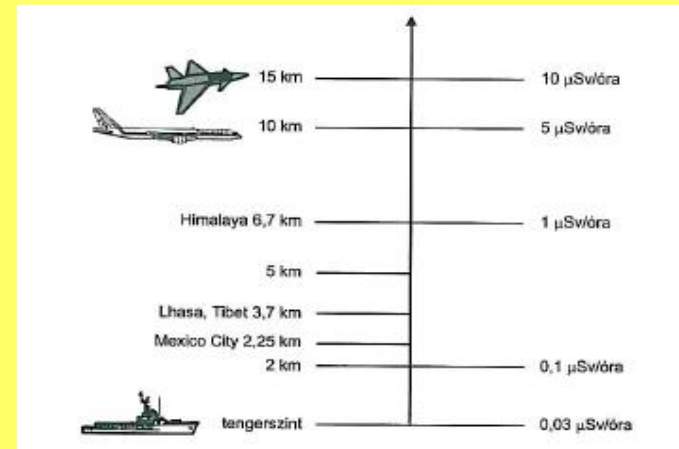
2019.04.11.



Ionizáló sugárforrások az ember környezetében

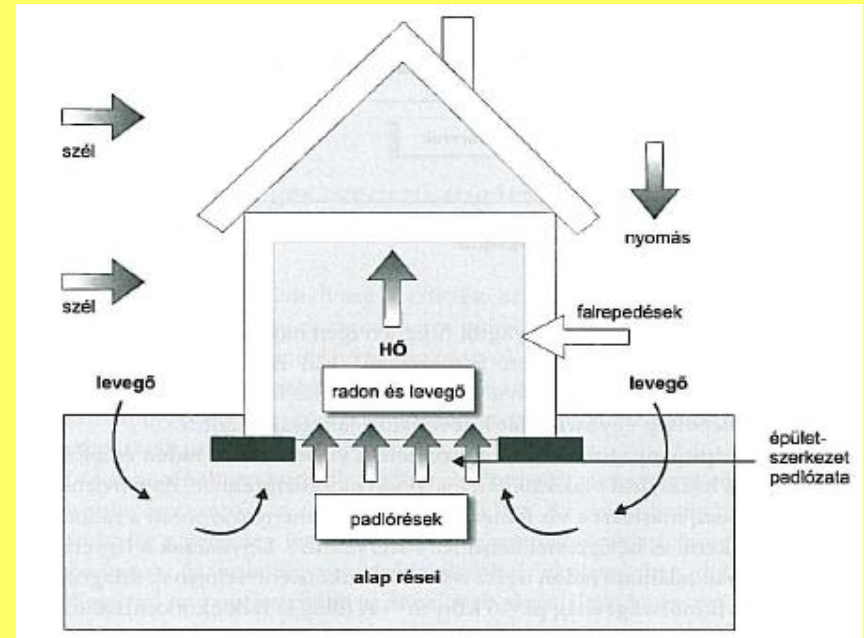
Természetes eredetű sugárterhelés

Forrás		Évi effektív dózis	
		Világátlag	Hazai átlag
Külső expozíció	Kozmikus sugárzás	0,4 mSv	0,370 mSv
	Földkérgi sugárzás	0,5 mSv	0,377 mSv
Belső expozíció	Belégzés (főleg radon)	1,2 mSv	3 mSv
	Lenyelés	0,3 mSv	0,3 mSv
Összesen		2,4 mSv	4,1 mSv
Epid. Adatok		2,0 mSv (Rn:0,8 mSv)	3,1 mSv (Rn:2 mSv)



Radon

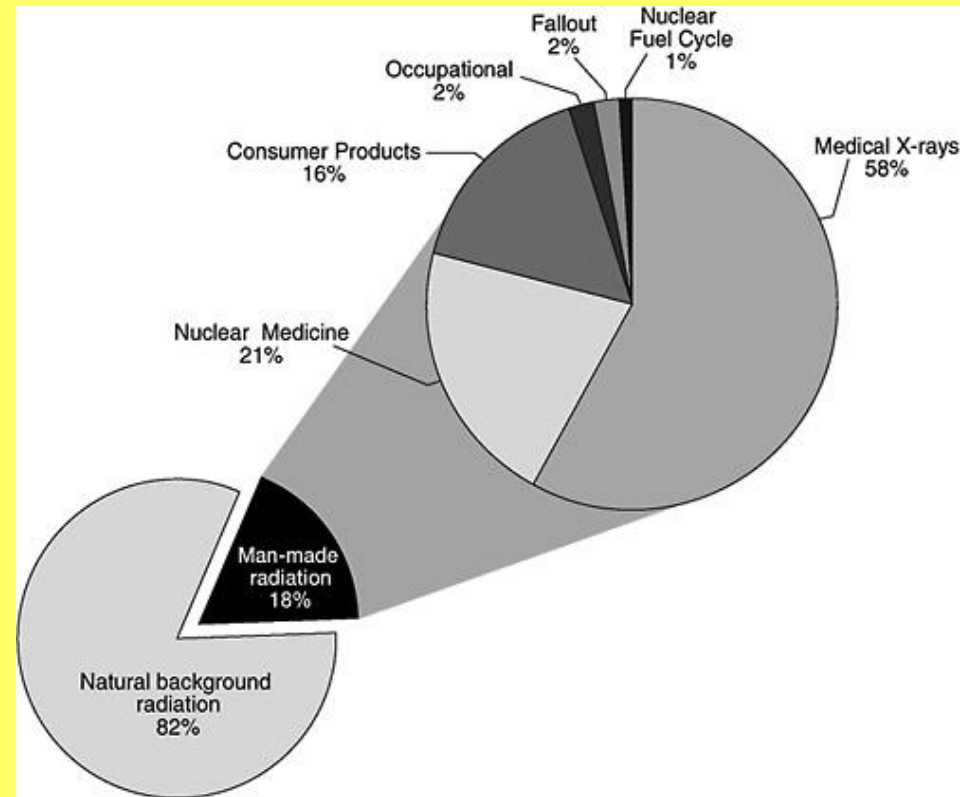
- ^{222}Rn nemesgáz
- Szabadban néhány $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$
- Magyar lakásokban $128 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, ez 2,5-szer nagyobb a világátlagnál
- a radontól származó éves effektív dózis hazai és világátlaga $2,0$ és $0,8 \text{ mSv}$
- Tüdőrák második leggyakoribb oka



Ionizáló sugárforrások az ember környezetében

Mesterséges eredetű sugárterhelés

- Orvosi felhasználás (Dg: 0,3 mSv rtg., izotóp 0,03 mSv; Th: 0,3 mSv sugár, radioizotóp 0,002 mSv)
- Atomrobbantások és légköri atomfegyver kísérletek (évi 0,01 mSv, teljes dózislekötés 3,7mSv)
- Atomenergia békés alkalmazásából eredő normál időszaki sugárterhelés



A mesterséges forrásokból származó egy főre eső éves sugárterhelés jelenlegi világátlagos 0,6 mSv körüli, a fejlett országokban mintegy 2 mSv-re tehető

Az ionizáló sugárzás biológiai hatásai

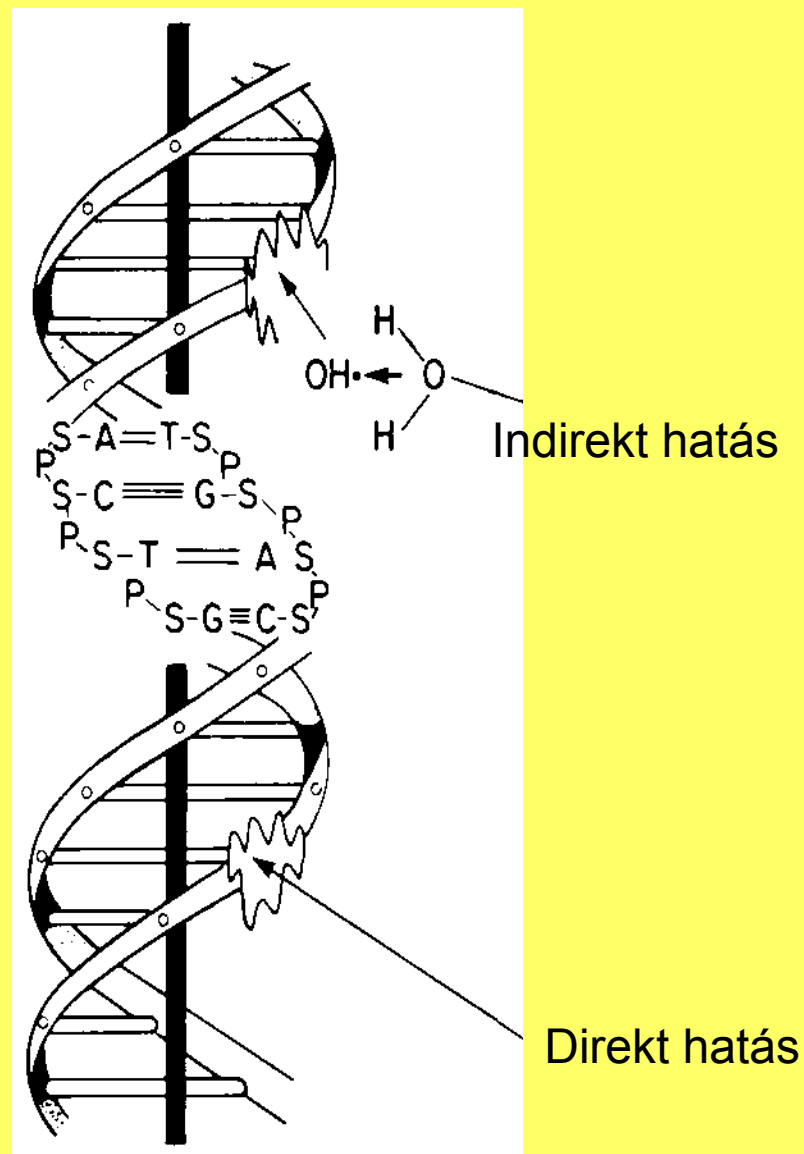
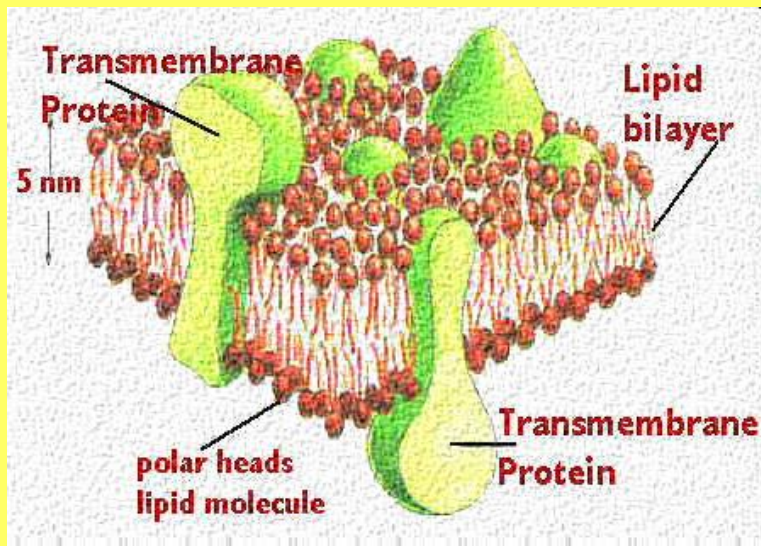
Fizikai-fizikokémiai fázis



Kémiai-biokémiai fázis



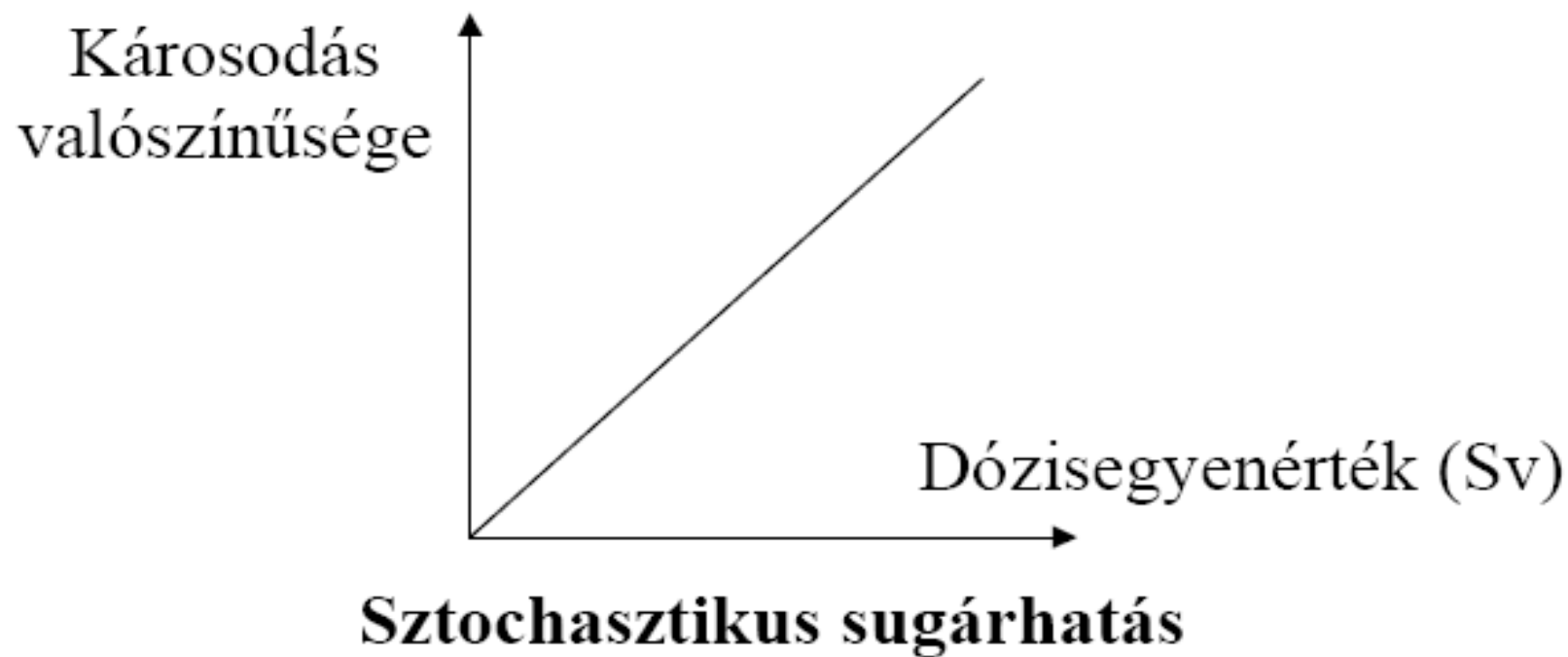
Biológiai fázis



A sugárzás hatásait módosító tényezők

Fizikai	Kémiai	Biológiai
Sugárzás fajtája Dózisteljesítmény Dózisfrakcionálás Hőmérséklet	Oxigénhatás Víztartalom Sugárzással szemben érzékenyítő vegyületek Sugárvédő vegyületek Szabad gyökfogók Tiol-reaktív vegyületek Antioxidánsok	Sejtciklus állapota Sejtbiológiai képességek (hormezis, alkalmazkodási válasz, génállapot) Életkor Nem Antioxidáns kapacitás

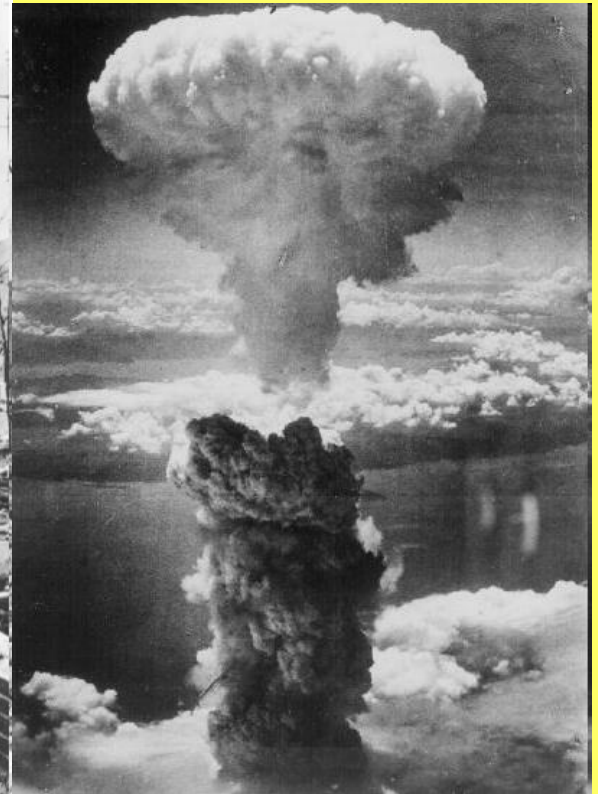
A sugárzás dózisa és a biológiai hatások jellege sztochasztikus sugárhatás



A sugárzás okozta rosszindulatú daganatképződés – epidemiológiai megfigyelések

1950-1990 között
86 572 vizsgált
személy, 50 113
személy legalább
0,005 Sv dózist
kapott

7 578 szolid tumor
alakult ki, ez 334-el
több mint a várható

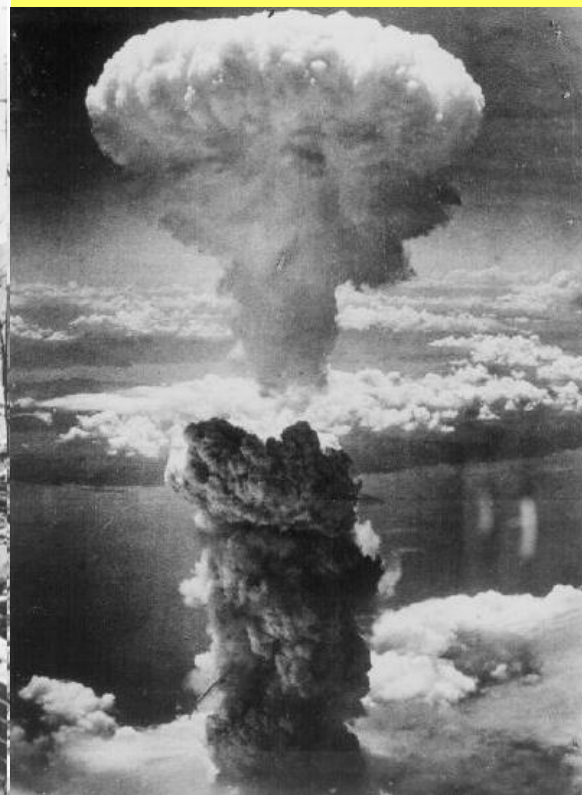


A sugárzás okozta rosszindulatú daganatképződés – epidemiológiai megfigyelések

Utolsó 5 évben ugrott meg a szolid tumorok száma – sugárhatásra kialakult szolid tumorok negyede

A daganatok dóziszfüggően jelentek meg

Össz daganaton belül 3% a leukémia, sugárzás gerjesztette daganatok között 20%



A sugárzás okozta rosszindulatú daganatképződés – epidemiológiai megfigyelések



Csernobili atomerőmű balesete

Figure 31. Radiation Hotspots Resulting From the Chernobyl Nuclear Power Plant Accident



A csernobili baleset következményei

- 237 ARS, 26-an haltak meg sugárbetegség következtében

1-2 Gy	2-4 Gy	4-6 Gy	6-16 Gy
140	55	21	21



- Likvidátorokról kevés adat van (600-800 ezer ember)
 - Átlagos feljegyzett dózis 1986-ban 170mSv



Table 1. Estimates of mean effective doses (mSv) for population groups of interest (Cardis *et al* 1996, UNSCEAR 2000).

Population	Approximate size of population	Mean effective dose (mSv)
Liquidators (1986–1987, 30 km zone)	240 000	100
Evacuees of 1986	116 000	33
Persons living in contaminated areas:		
<i>Deposition density of $^{137}\text{Cs} > 37 \text{ kBq m}^{-2}$</i>	5200 000 ^a	10 ^b
<i>Deposition density of $^{137}\text{Cs} > 555 \text{ kBq m}^{-2}$</i> ^c	270 000	50 ^b

^a Including approximately 1 900 000 persons from Belarus, 2 000 000 from Russia and 1 300 000 from Ukraine (UNSCEAR 2000).

^b For the period 1986–2005.

^c Strict control zones (included in the areas with deposition density $> 37 \text{ kBq m}^{-2}$).

Distribution of doses to clean-up as recorded in state Chernobyl registries (UN Chernobyl Forum 2006)

Country and period	Number of clean-up workers	Percentage for whom dose is available	External dose (mSv)			
			Mean	Median	75th (%)	95th (%)
Belarus						
1986–1987	31 000	28	39	20	67	111
1986–1989	63 000	14	43	24	67	119
Russian Federation						
1986	69 000	51	169	194	220	250
1987	53 000	71	92	92	100	208
1988	20 500	83	34	26	45	94
1989	6 000	73	32	30	48	52
1986–1989	148 000	63	107	92	180	240
Ukraine						
1986	98 000	41	185	190	237	326
1987	43 000	72	112	105	142	236
1988	18 000	79	47	33	50	134
1989	11 000	86	35	28	42	107
1986–1989	170 000	56	126	112	192	293

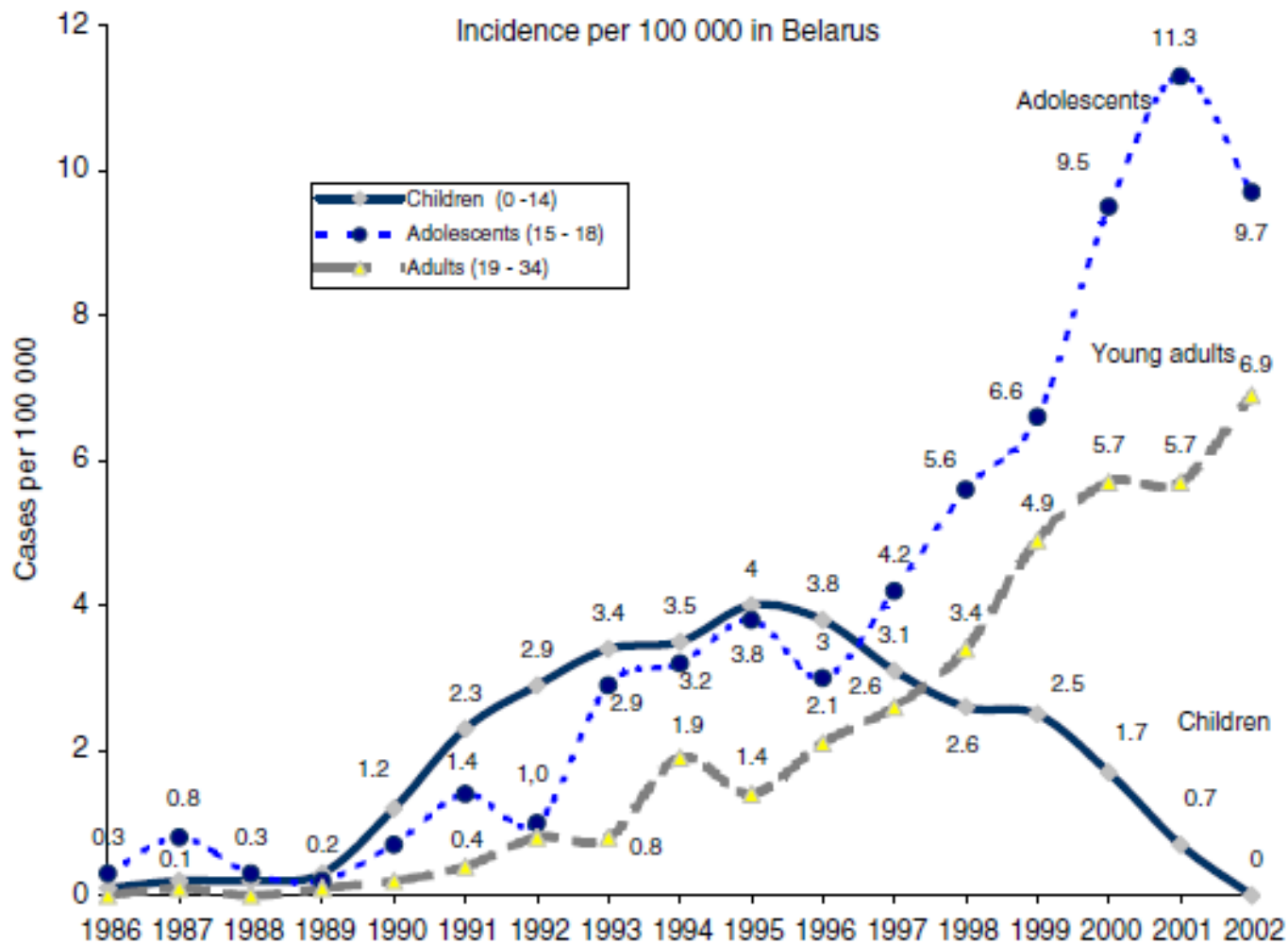


Figure 1. Annual incidence of childhood, adolescent and adult thyroid cancer in Belarus (courtesy of Yu E Demidchik).

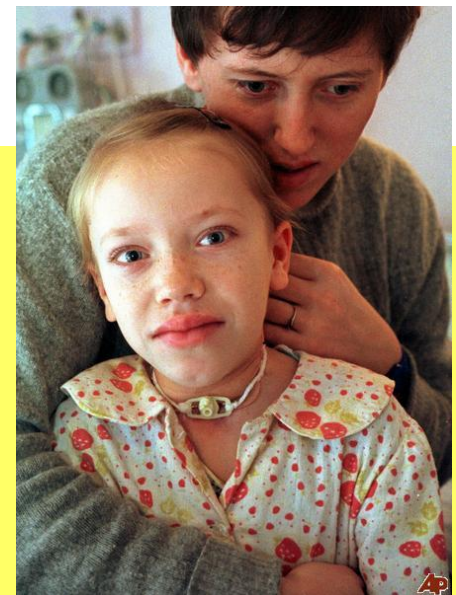
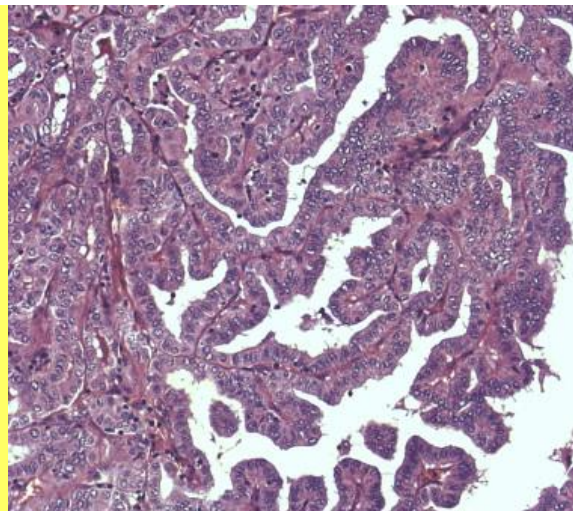
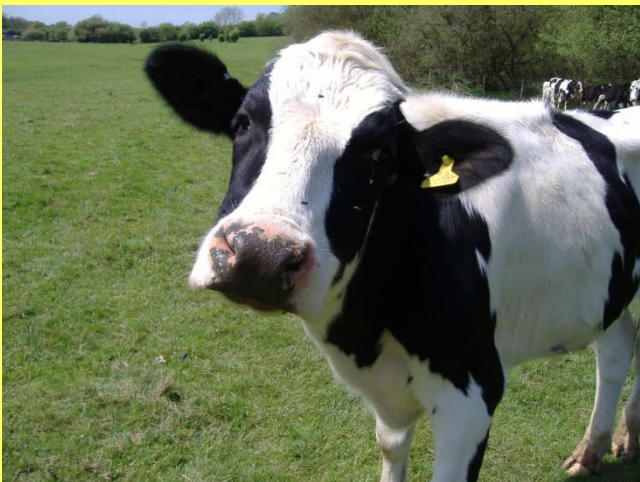
Table 4. Number of cases of thyroid cancer diagnosed between 1986 and 2002, by country and age at exposure.

Age at exposure (years)	Number of cases			
	Belarus ^a	Russian Federation (4 most contaminated regions) ^b	Ukraine ^c	Total
<15	1711	349	1 762	3822
15–17	299	134	582	1015
Total	2010	483	2 344	4837
Population aged less than 15 years in 1986	2 300 000	1 100 000	11 000 000	14 400 000

^a Cancer Registry of Belarus, 2006.

^b Cancer subregistry of the Russian National Medical and Dosimetric Registry, 2006.

^c Cancer Registry of Ukraine, 2006.

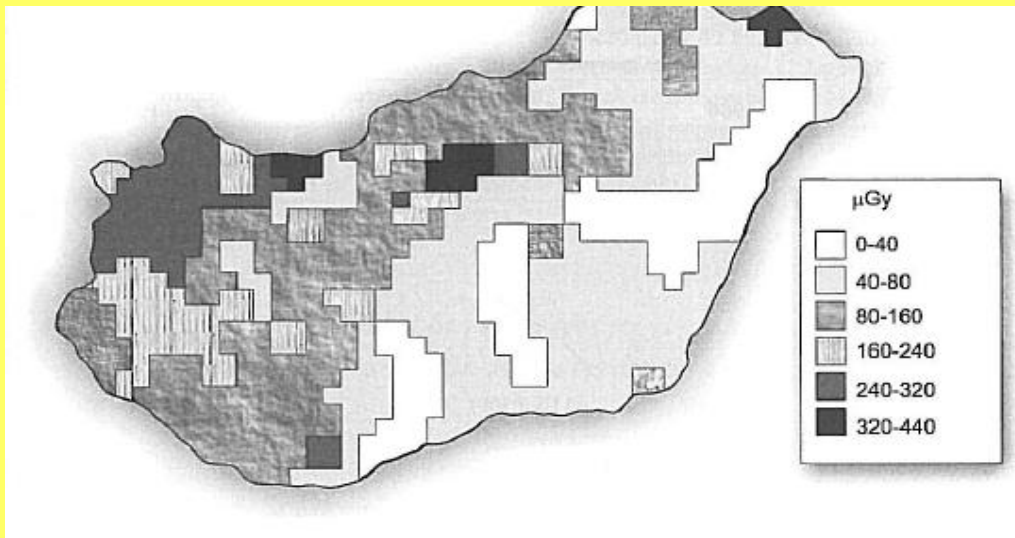


A csernobili baleset egészségi következményei

- Fiatal gyermekek körében a pajzsmirigyrák előfordulása emelkedett (500 eset, 10 halál)
- Leukémia nem emelkedett
- Elkövetkező 70 évben 10 000-re teszik – statisztikailag nehéz lesz kimutatni



A csenobili erőmű balesetének hazai következményei



A környezeti háttérsugárzás levegőben mért dózisának növekedése

Külső gamma dózisteljesítmény maximuma Budapesten $400\text{nGy}\cdot\text{h}^{-\text{h}}$ volt (a természetes háttér $100\text{ nGy}\cdot\text{h}^{-\text{h}}$)

Élelmiszerfogyasztásból származó sugárterhelés 1986 évi felvételből 1 éves gyerekekre $570\text{ }\mu\text{Sv}$, felnőttekre $180\text{ }\mu\text{Sv}$, az 1986-95 között számítva $620\text{ }\mu\text{Sv}$, illetve $240\text{ }\mu\text{Sv}$ értékűre becsülhető.

1 éves gyerekeknél a meghatározó radioizotóp a ^{131}I volt (80%), míg felnőtteknél a ^{137}Cs izotóp (40%)

Mindkét csoportnál a tejfogyasztás jelentette a legnagyobb járulékot

Ionizáló sugárzás okozta foglalkozás daganatos megbetegedések

- radiológusok – bőrrák (pikkelysejtes), leukémia
- rádium munkások – csonttumor
- számlap festők – ajakrák
- uránbányászok – tüdőrák



A sugárzás okozta rosszindulatú daganatképződés – molekuláris és sejtbiológiai mechanizmusok

- Daganatkeletkezés többlépcsős folyamat
- Onkogének és tumorszupresszor gének
- Genetikai instabilitás
- Mutációk kialakulása a citoplazma besugárzása hatására
- „bystander” hatás
- Védekező mechanizmusok
- Öröklött genetikai háttér szerepe

Kis dózisok biológiai hatásai

Lineáris – küszöb nélküli dózis-hatás modell

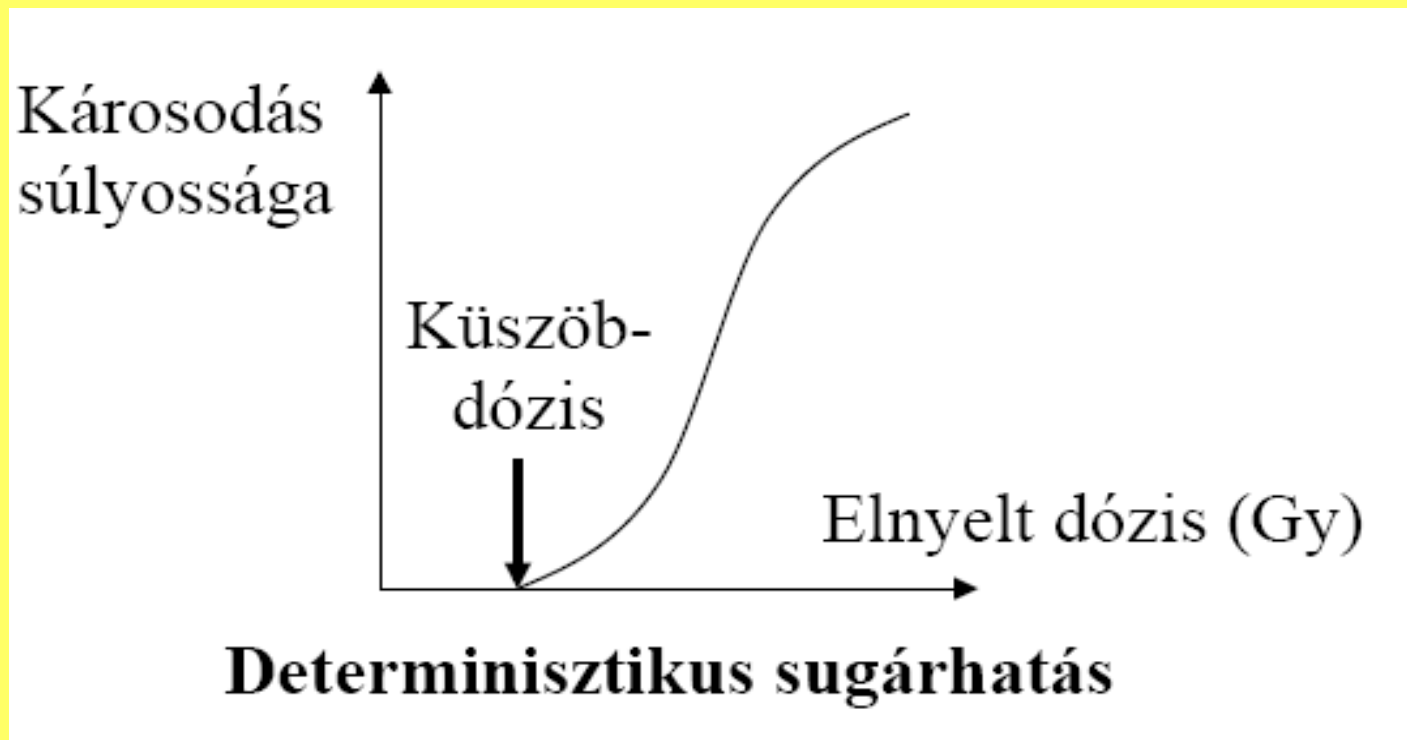
LNT: linear-nothreshold

Kis dózis

- epidemiológiai tanulmányok alapján 200 mSv effektív dózis alatt, 100 mGy/óra dózisteljesítmény alatt
- sejtbológiaiilag 10-100 mSv

Hormezis és alkalmazkodási adaptív válaszadás

A determinisztikus biológiai hatások determinisztikus sugárhatás



A szövetek és szervek sugárérzékenysége

- Limfatikus és immunrendszer
- Csontvelő
- Gyomor és bélrendszer
- Ivarszervek
- Bőr
- Érrendszer
- Központi idegrendszer
- Szemlencse

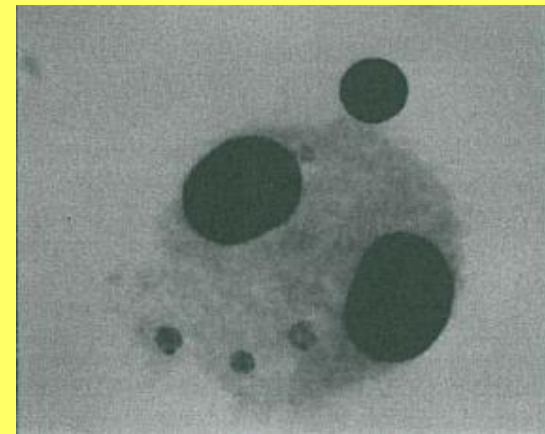
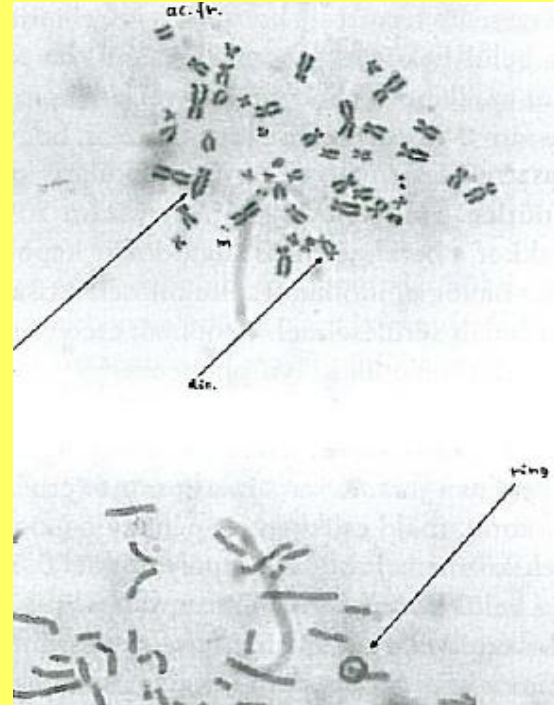
Az akut sugárbetegség

Dózistartomány (Gy)

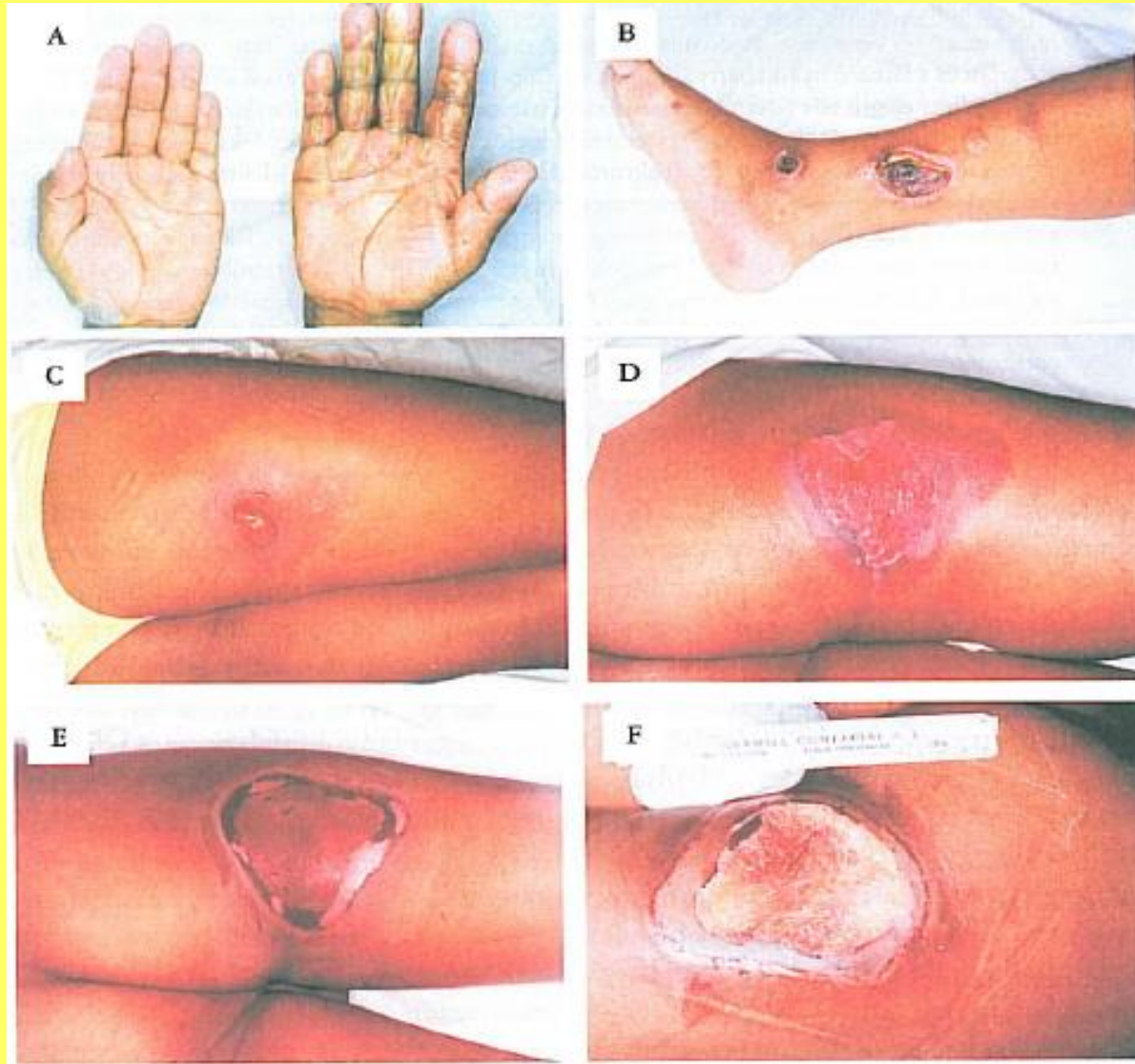
	0-1	1-2	2-6	6-10	10-15	50 felett
Hányinger és hányás megjelenésének ideje		3 óra	2 óra	1 óra	30perc	<30perc
valószínűsége	0	1Gy:5% 2Gy:50%	3Gy:100%	100%	100%	100%
Vezető tüneteket okozó szerv	-	Vérképző rendszer		Gyomor-bélrendszer		KIR
tünetek	-	Fvs↓	Fvs ↓ ↓ ↓ Bevérzések	Hasmenés, láz, elektrolit-egyensúlyzavar		Görcsök, remegés, elesettség
Súlyosság		Könnyű, I	Közepes (2-4 Gy) II Súlyos (4-6 Gy) III	Rendkívül súlyos IV		

Az akut sugárbetegség diagnózisának laboratóriumi módszerei

- Hematológiai vizsgálatok
- Citogenetikai vizsgálatok
 - CA
 - Ly mikronukleusz
- Biofizikai módszerek



Helyi sugársérülések

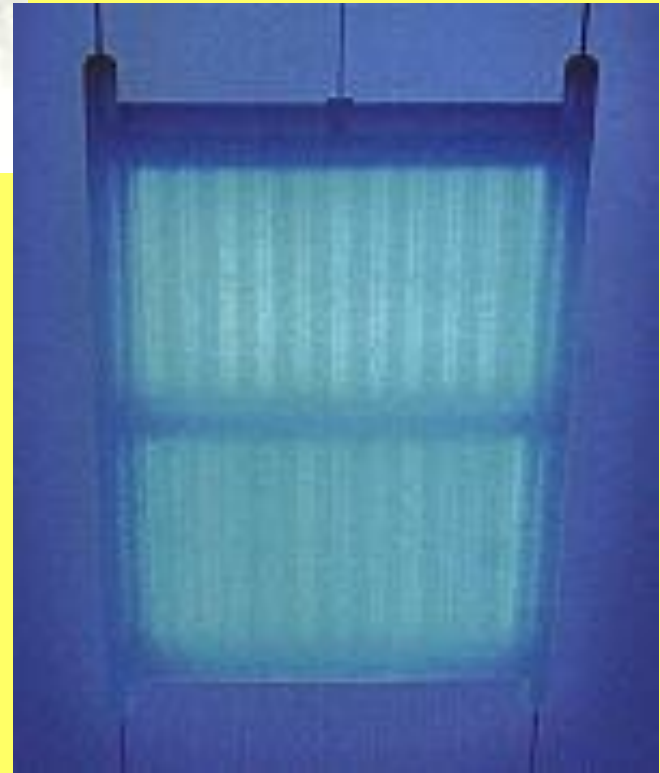
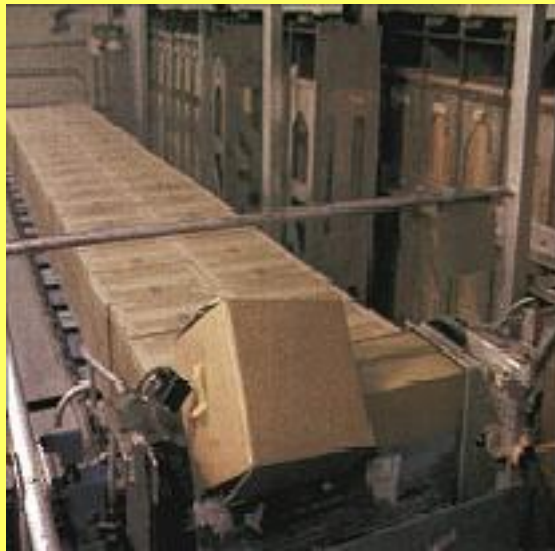


Sugárbalesetek előfordulása, okai

- *^{60}Co besugárzó: sugárbiztonsági előírások megszegése javítások során:* El Salvador 1989 3ARS 1 H; Soreq, Izrael 1990 1ARS 1 H; Nesvizh, Belorusszia 1991 1ARS 1H; Jilin, Kína 1992 8ARS 3H
- *Eltulajdonítás, elvesztés, szétszedés:* Goiana, Brazília 1987 14ARS 4H; Tammiku, Észtország 1994 4ARS 1H, Gilán, Irán 1996 1ARS; Lilo, Grúzia 1996 11ARS; Isztambul, Törökország 1998 10ARS; Peru 1999 1ARS; Thaiföld 10ARS 3H; Meet Haifa, Egyiptom 2000 7ARS 2H
- *Hibás kalibrálás:* Zaragoza, Spanyolország 1990 27ARS 11H; San Jose, Costa Rica 1996 77ARS 7H;



05.02.1989, San Salvador, El Salvador;

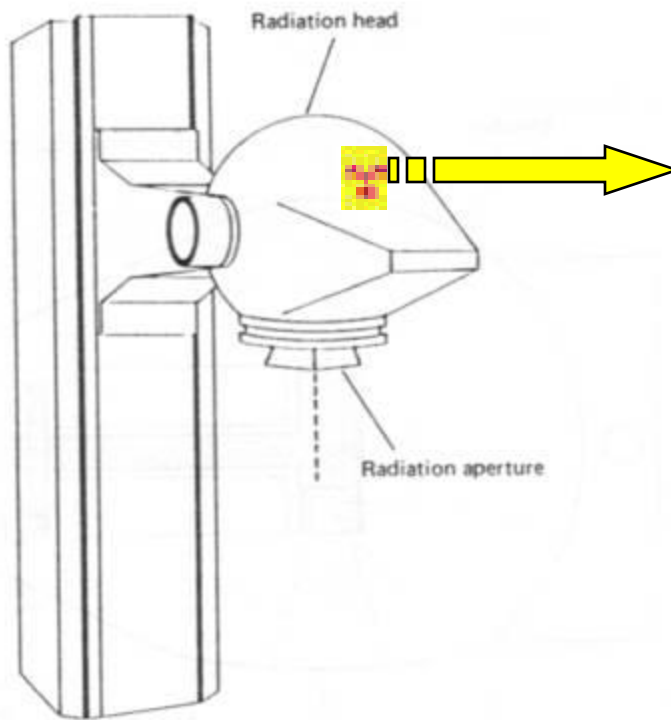


Accident description

Goiania Accident



Source



$^{137}\text{CsCl}$
(caesium chloride)
50.9 TBq (1375 Ci)
main gamma: 0.66 MeV
main beta: 1.17 MeV
 $T_{1/2}=30$ years

FIG. 4. Schematic view of a teletherapy machine similar to the one from which the source assembly was removed in Goiânia. The radiation head is adjustable vertically and can be rotated about two horizontal axes.



13. Contaminated rubble from the demolition of R.A.'s house on 57th Street.



Radiological triage



4. *The physicist W.F. monitoring for contamination at the Olympic stadium.*

112 000 persons monitored
249 identified contaminated
120 only clothing and shoe contamination
129 internal contamination

50 subjected to direct medical surveillance, **4 died**

Contrôle radiologique
d'un très jeune enfant suite
à l'accident survenu
en septembre 1987 à Goiana.



Internal dose assessment

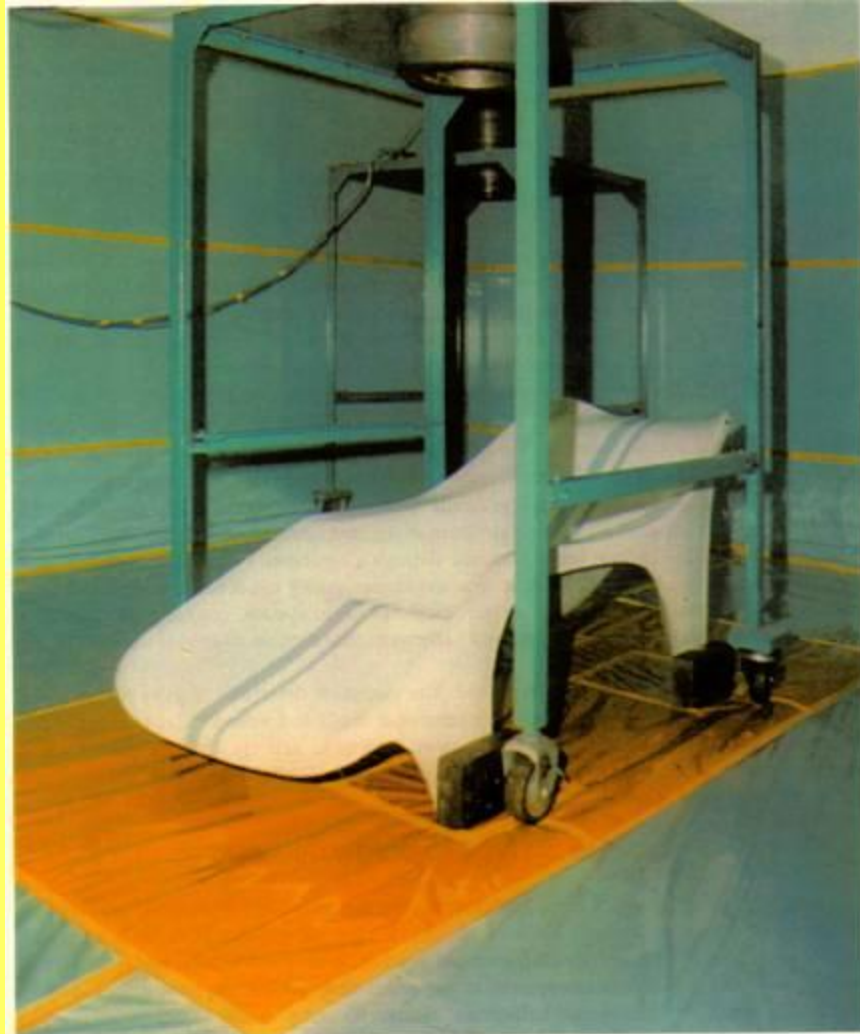
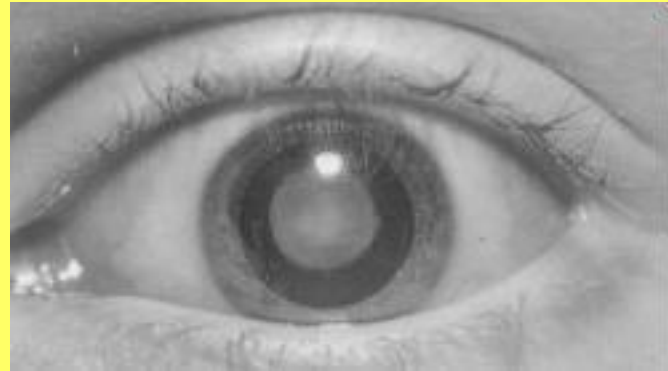


FIG. 3.5. New configuration of the whole body counter system, with the distance detector-chair reduced from 2.23 m to 1.36 m.

Késői determinisztikus hatások

- Krónikus sugár dermatitis (röntgenkéz)
- Lencsehályog (sugár-cataracta)
- Teratológiai elváltozások



Jelentősebb környezeti hatással járó nukleáris és sugárforrással kapcsolatos balesetek

- Windscale-i reaktor baleset
- Kistim-i plutóniumfeldolgozóban történt baleset
- A Three Mile Island-i atomerőműi baleset
- Csernobili atomerőmű balesete
- Környezetszennyezés Ciudad Juarezben
- A Goiania-i Cs forrással történt környezetszennyezés

Környezetszennyezés nukleáris fegyverekkel történt balesetek és műholdak visszatérése miatt

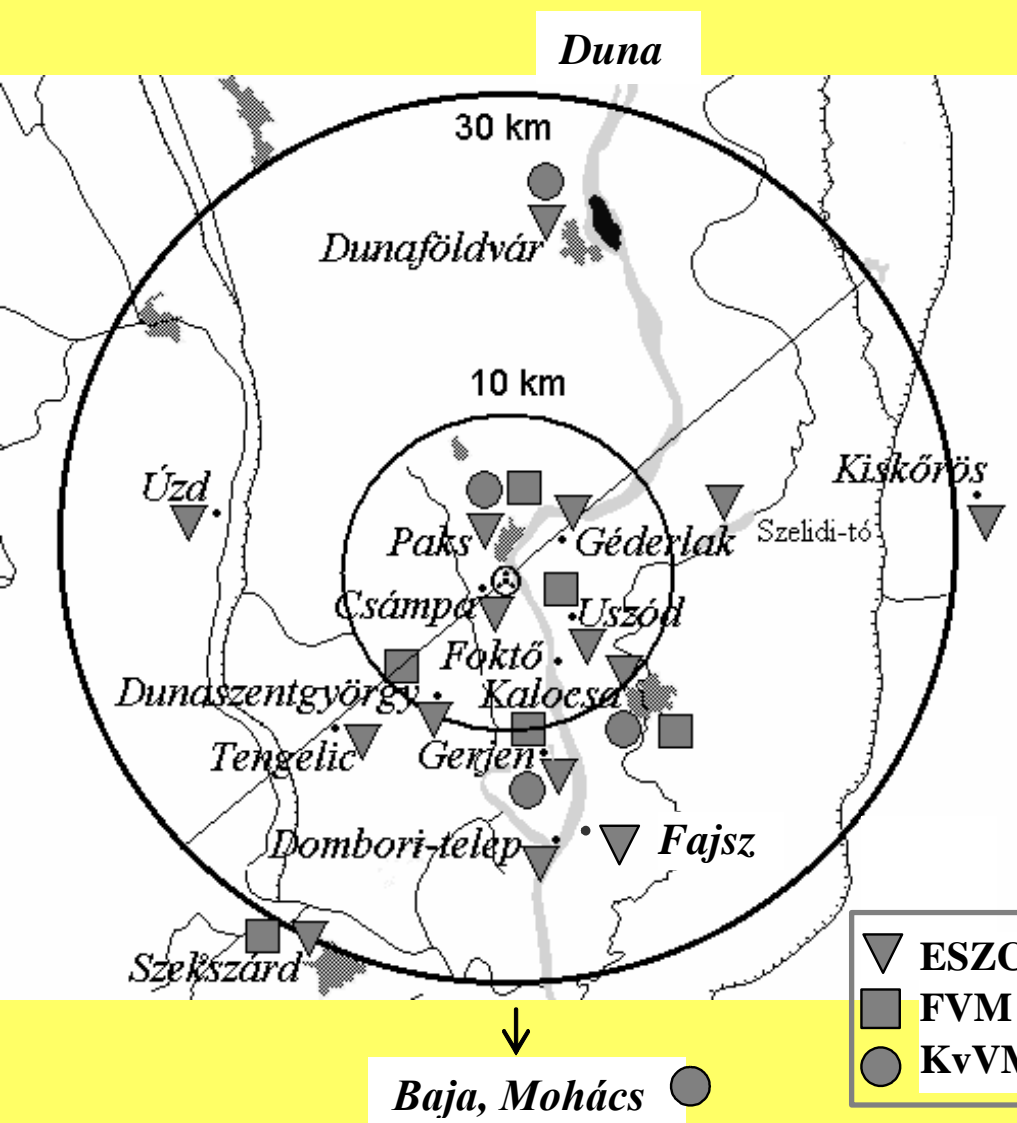
- Légi jármű baleset – 14
 - Palomares, Spanyolország
 - Grönland (1986)
- Hajóbaleset
 - 50 –hez közeli nukleáris fegyver
 - 12 atomreaktor
- Műhold



A sugárvédelem alapelvei

- Indokoltság
- Optimálás
 - ALARA („as low as reasonably achievable” – a sugárterhelés olyan kicsi legyen, amely ésszerűen megvalósítható)
- Dóziskorlátozás
 - Lakosság évi 1 mSv effektív dózis
 - Szemlencsére 15 mSv egyenértékdózis, bőrre 50 mSv egyenértékdózis

HATÓSÁGI KÖRNYEZETI SUGÁRVÉDELMI ELLENŐRZŐ RENDSZER (HAKSER)



ERMAH: Egészségügyi Radiológiai Mérő és Adatfeldolgozó Hálózat

Köszönöm a figyelmet!