

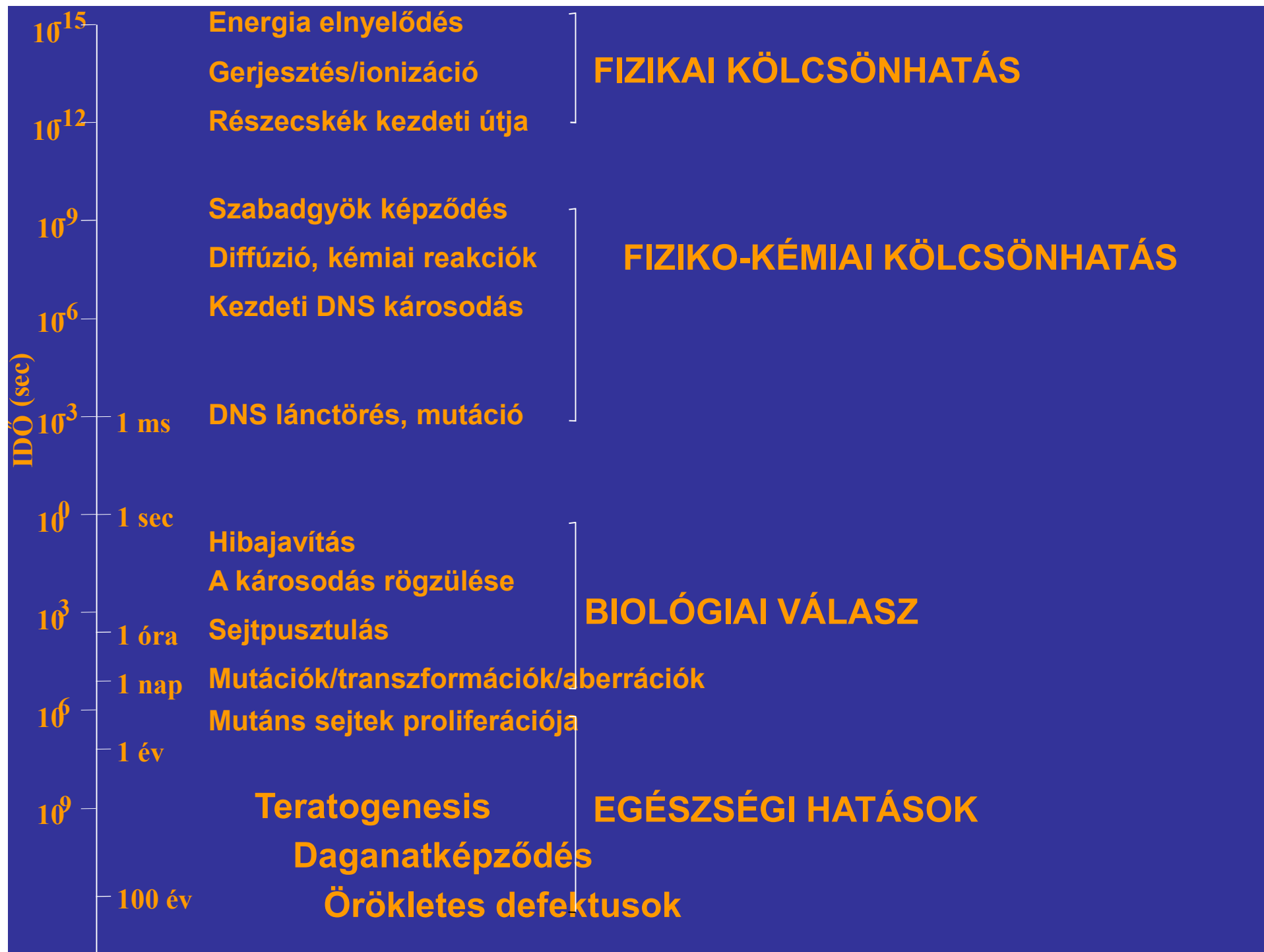
# Sugárbiológia

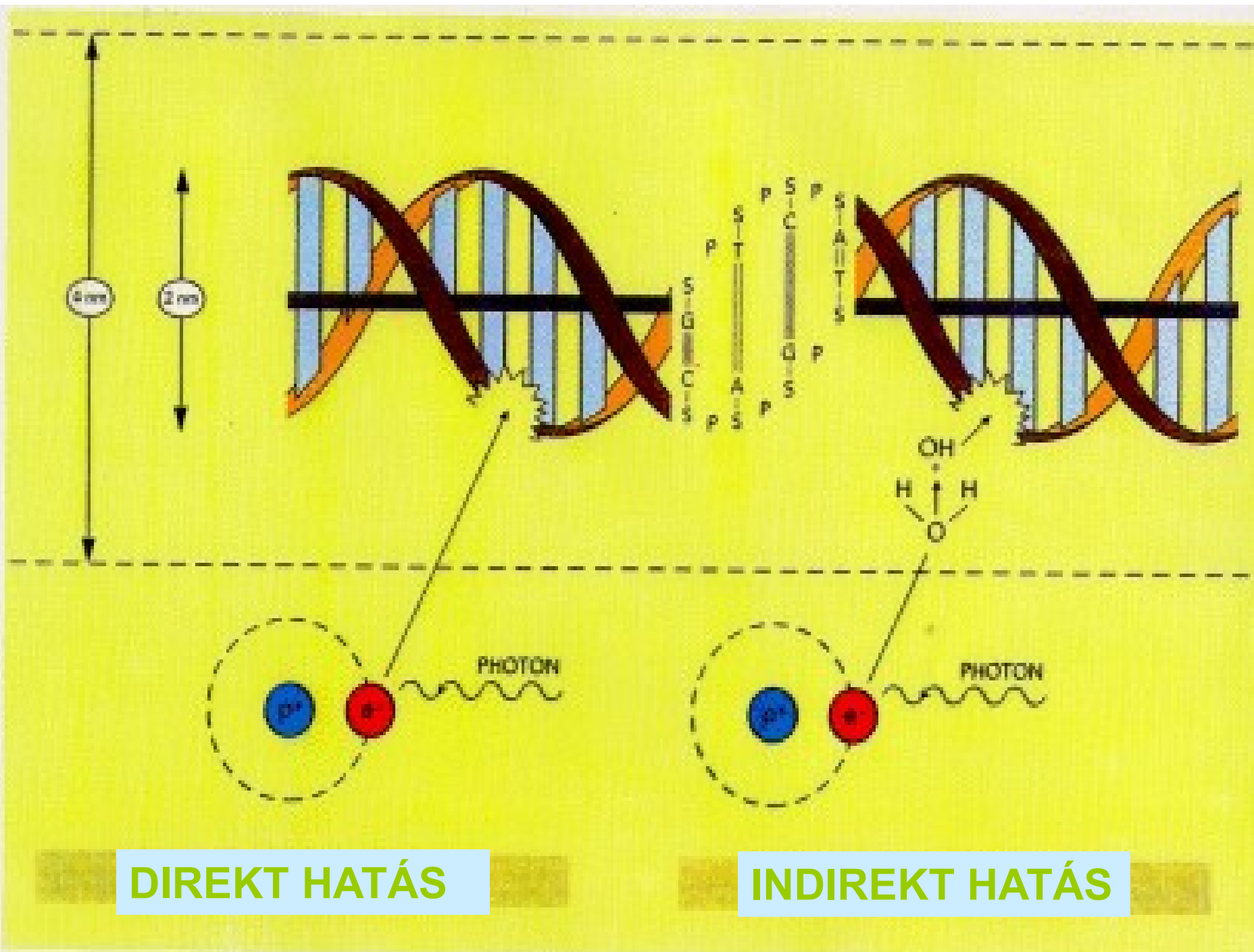
Dr. Voszka István  
SE Biofizikai és Sugárbiológiai  
Intézet

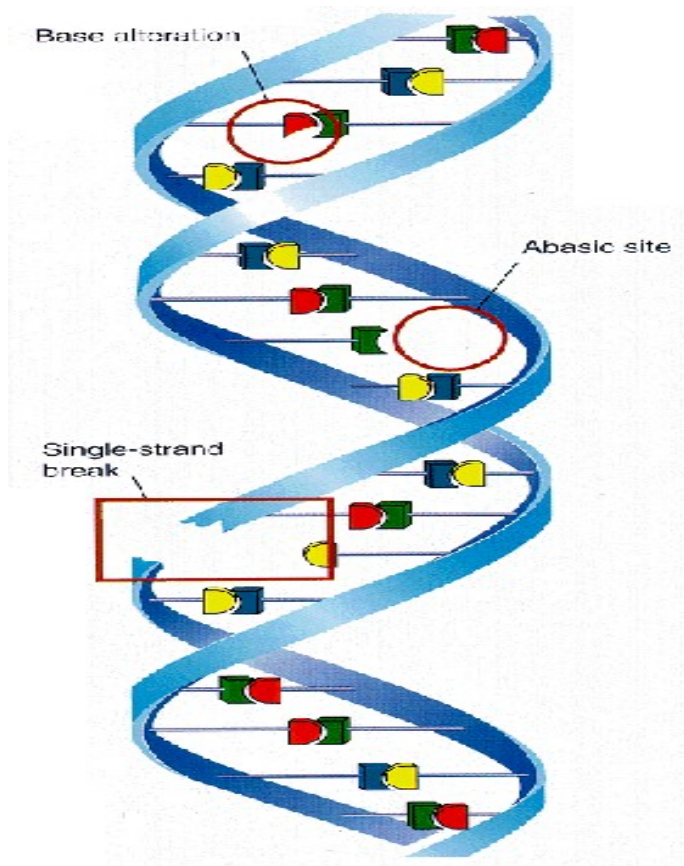


## ***Grotthus (1815) - Draper (1845)***

Csak az elnyelt sugárzás okozhat fizikai, vagy kémiai hatást a szövetekben  
(és következményes biológiai hatást)







**DNS mutáció**

**kijavított  
mutáció**

**életképes sejt**

**sejthalál**

**életképtelen sejt**

**A mutáns sejt  
túlél**

**daganat ?**

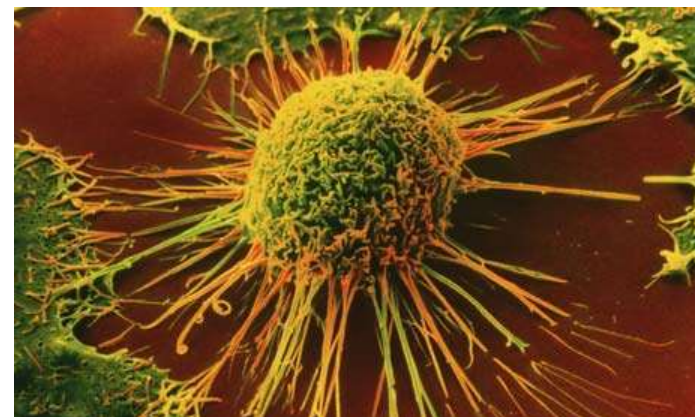
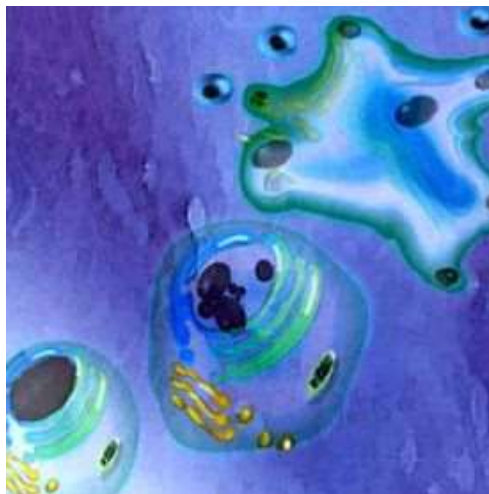
# A sejt besugárzása után lehetséges kimenetek

## DNS károsodás

kijavított  
károsodás

sejthalál  
(necrosis vagy  
apoptosis)

malignusan  
transzformált  
sejt





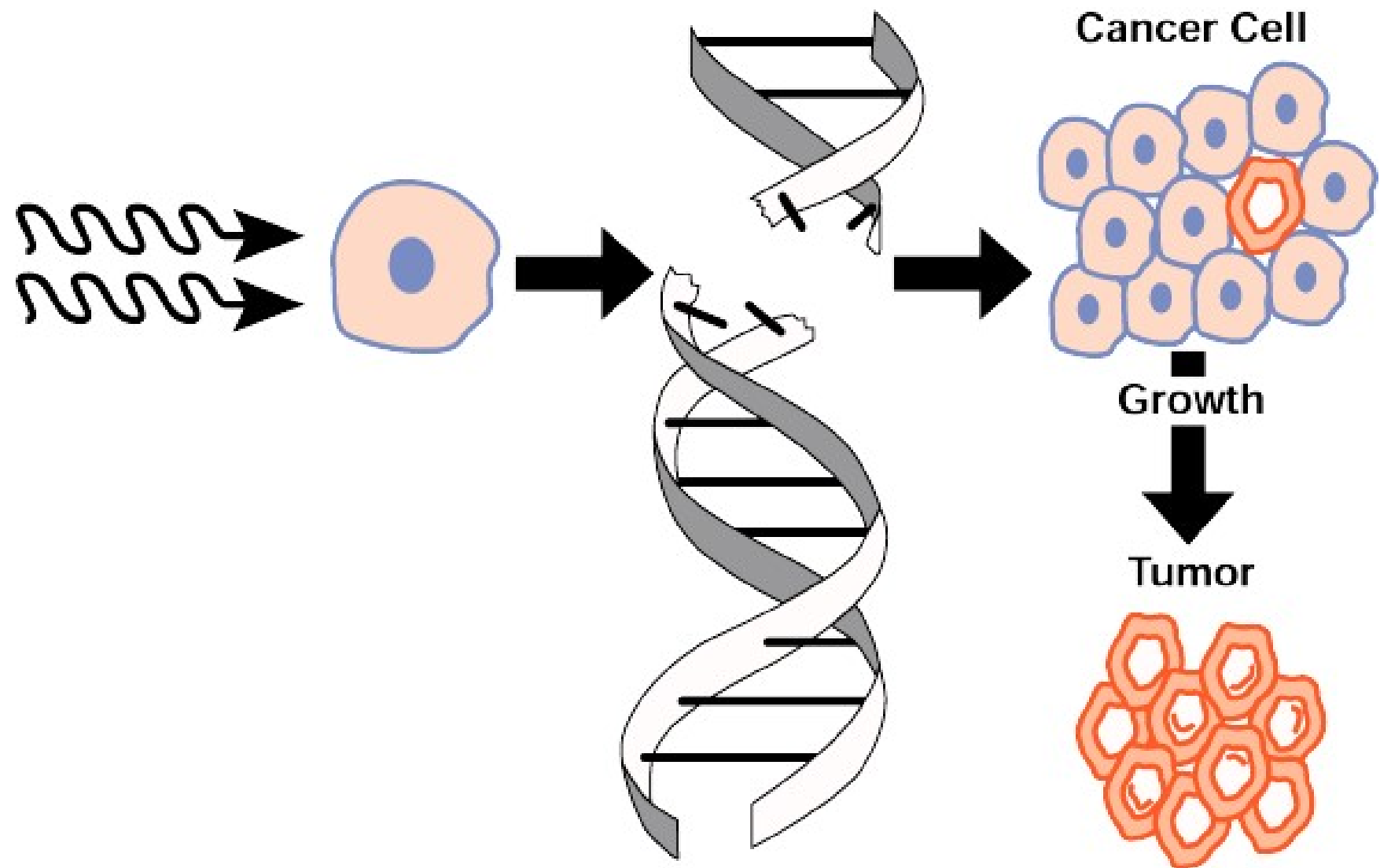
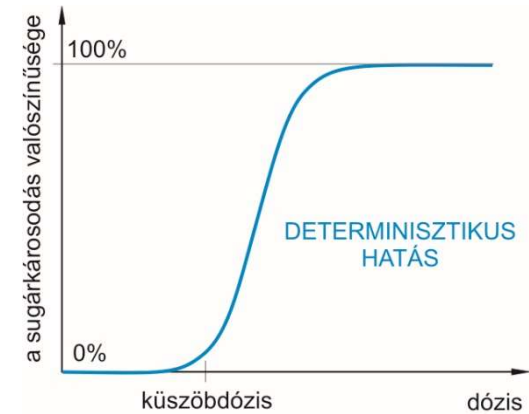


Figure 1. Development of cancer from mutation produced by ionizing radiation.

# A sugárkárosodások fajtái

## Determinisztikus

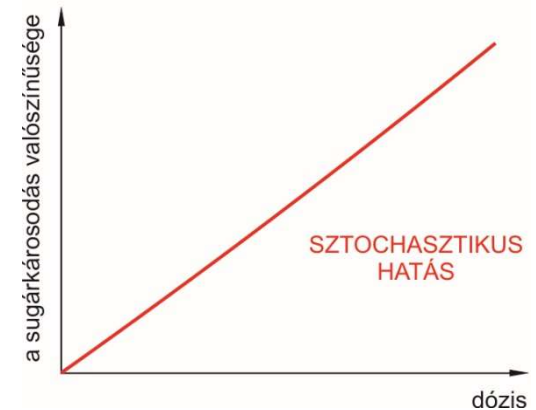
- Csak küszöbdózis felett
- A károsodás súlyossága arányos a dózissal (pl. bőrpír, sugárbetegség)
- Órákon, napokon belül



## Sztochasztikus

Nincs küszöbdózis

- A valószínűsége arányos a dózissal (pl. daganatkeletkezés)
- Évek, évtizedek alatt







## **Bergonié-Tribondeau törvény (1906)** **(sugárérzékenységi törvény)**

(Jean A. Bergonié, francia radiológus, 1857-1925;  
Louis F.A. Tribondeau, francia orvos, 1872-1918)

Egy szövet sugárérzékenysége a szövetben található  
differenciálatlan sejtek számától, a mitotikus  
aktivitásuktól és az aktív proliferáció időtartamától.

# A szövetek sugárérzékenysége

magas	közepes	alacsony
csontvelő lép thymus nyirokcsomók gonádok szemlencse lymphocyták (kivétel a sugárérzékenységi törvény alól)	bőr Mezodermális szervek (máj, szív, tüdő...)	izom csont idegrendszer

# A sugárérzékenységet (SÉ) befolyásoló tényezők

- Fizikai

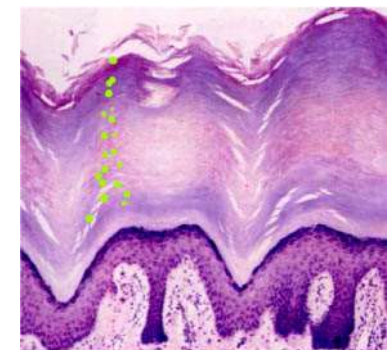
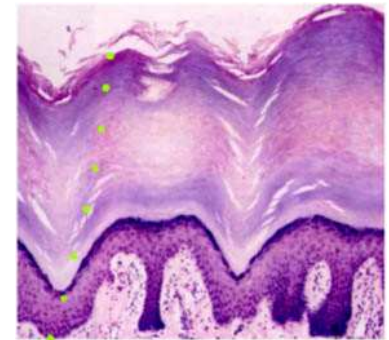
- LET (linear energy transfer):  $\uparrow$  SÉ
- Dózisteljesítmény:  $\uparrow$  SÉ

- Kémiai

- Növelik: OXIGÉN, citosztatikumok.
- Csökkenti: kén (cys, cysteamine, glutathione)

- Biológiai

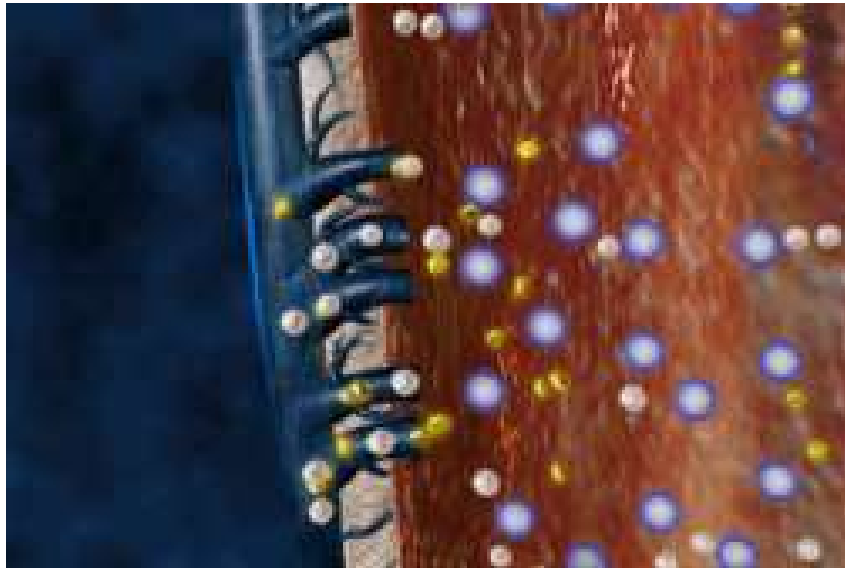
- Sejtciklus státusz:
  - $\uparrow$  SÉ: G2, M
  - $\downarrow$  SÉ: S
- A károsodás kijavítása (a szubletális károsodás kijavítható pl. frakcionált dózis)



## Az akut sugárkárosodás jellemző szindrómái:

**Csontvelői szindróma** (hematológiai szindróma) rendszerint a teljes szindróma 0,7 és 10 Gy között jelentkezik, de enyhe tünetek már 0,3 Gy-tól előfordulhatnak.

A betegek túlélési rátája a dózis növekedésével arányosan csökken. Az elsődleges halálok a csontvelő károsodás következtében fellépő fertőzés, illetve vérzés.

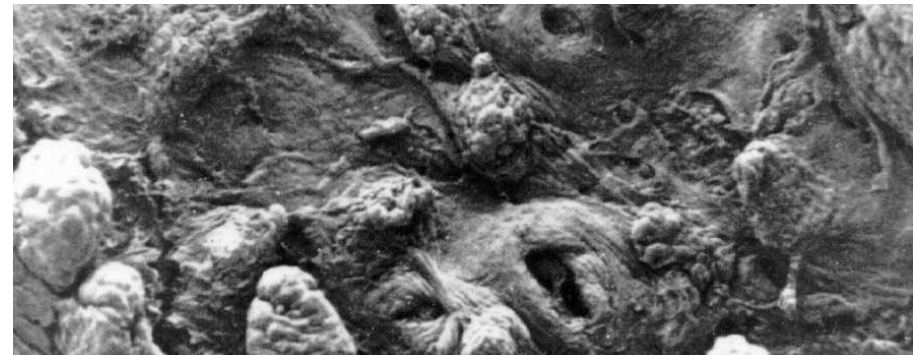
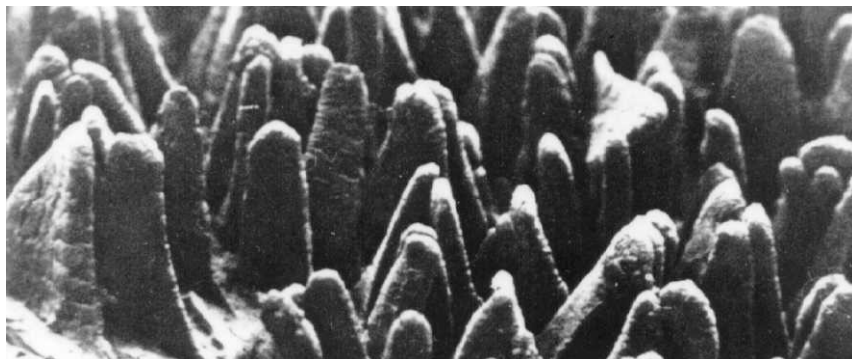
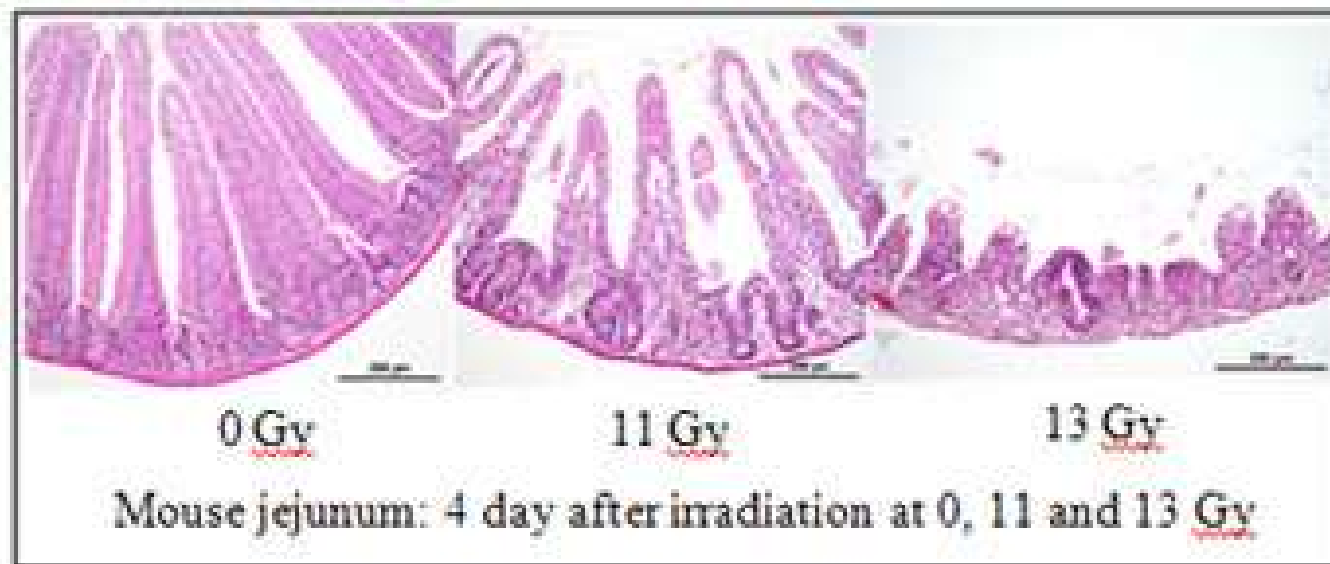


egészséges



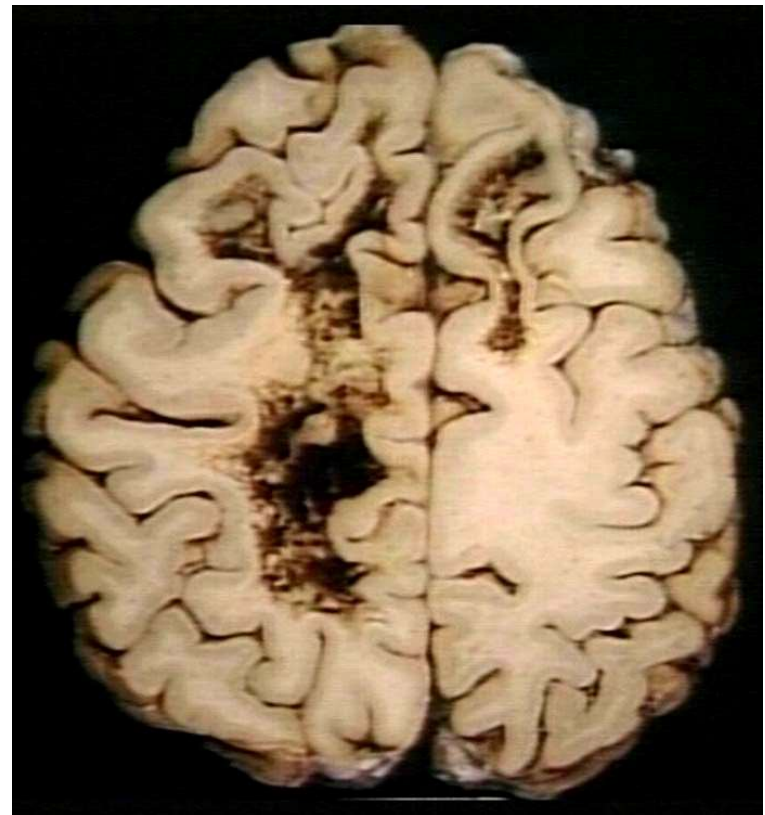
károsodott

**Gastrointestinális szindróma:** a teljes szindróma rendszerint 10 Gy felett jelentkezik, de egyes tünetek már 6 Gy-től előfordulhatnak. A túlélés valószínűsége nagyon kicsi. A gyomor-bél rendszerben bekövetkező irreverzibilis, destruktív változások általában dehidrációhoz és az elektrolit háztartás felborulásához vezetnek. A halál általában 2 héten belül bekövetkezik.



**Kardiovaszkuláris/ központi idegrendszeri szindróma:** a teljes szindróma rendszerint 50 Gy felett jelentkezik, de egyes tünetek már 20 Gy-től előfordulhatnak.

A halál 3 napon belül bekövetkezik. A halál valószínű oka keringés összeomlás illetve a megnövekedett koponyaűri folyadékmennyiség miatt létrejövő intracranialis nyomásnövekedés ödéma, vasculitis, vagy meningitis miatt.



## Cutan sugár szindróma

A cutan sugár szindróma fogalma az utóbbi időben került bevezetésre a bőrben az akut sugárexpozíció következtében kialakuló komplex patológiai változások leírására. Az akut sugárbetegség rendszerint bőrkárosodással jár együtt. A bőr károsodása lehetséges az akut sugárbetegség tünetei nélkül is, főleg rövid idejű béta, vagy röntgen expozíció után. Előfordulhat a bőr, vagy a ruházat radioaktív kontaminációja után is.





# Akut sugárdermatitis

6,5 órás helyi expozíció Iridium-192 sugárforrásból  
( $\beta, \gamma$ -sugárzó) kb. 0,9 TBq



2. nap: hólyagosodás, erythema



9. nap: kiterjedt erózió, gyulladás

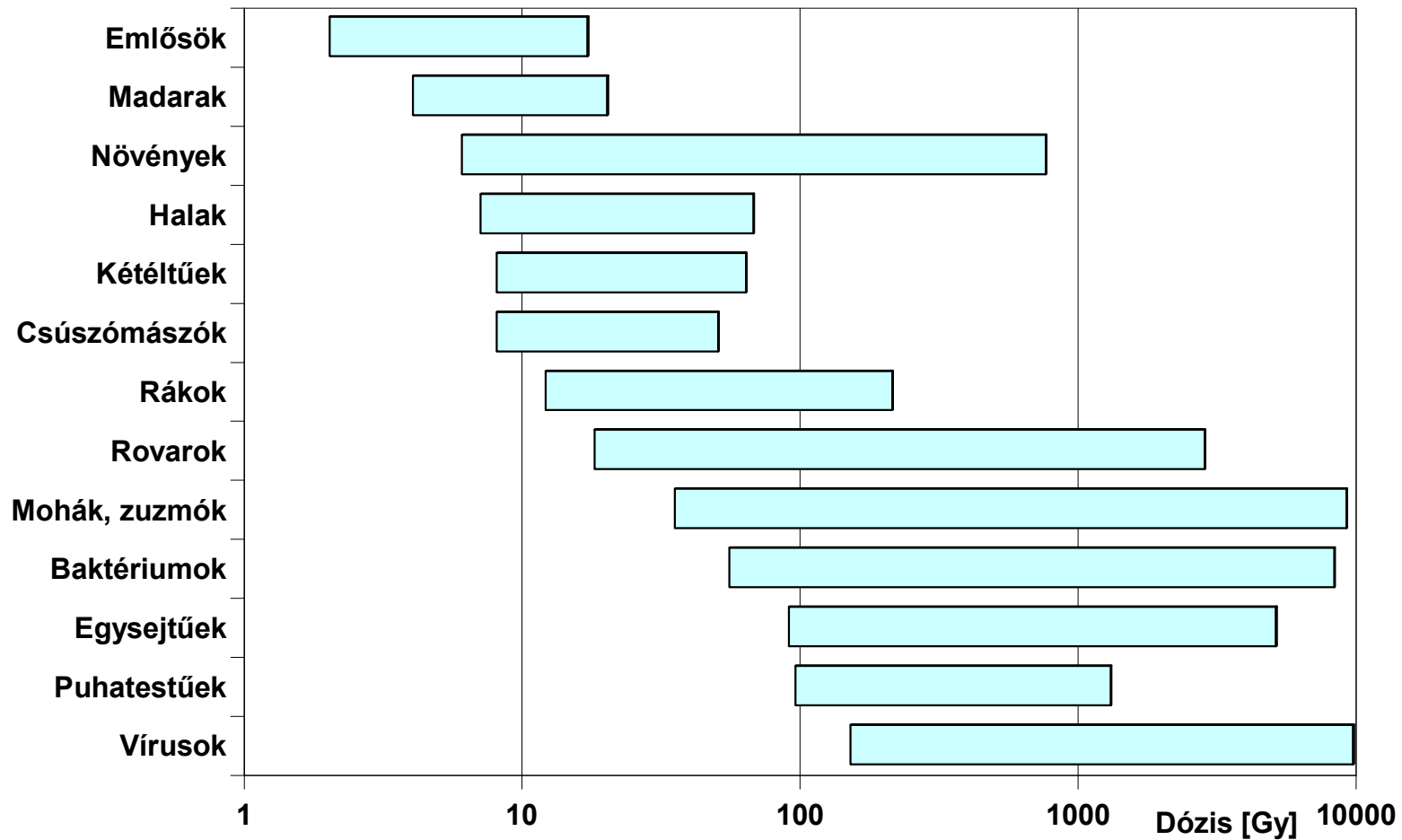
*Turai e.a., BMJ 2004, 328: 568-572*

## **Akut sugárbetegség**

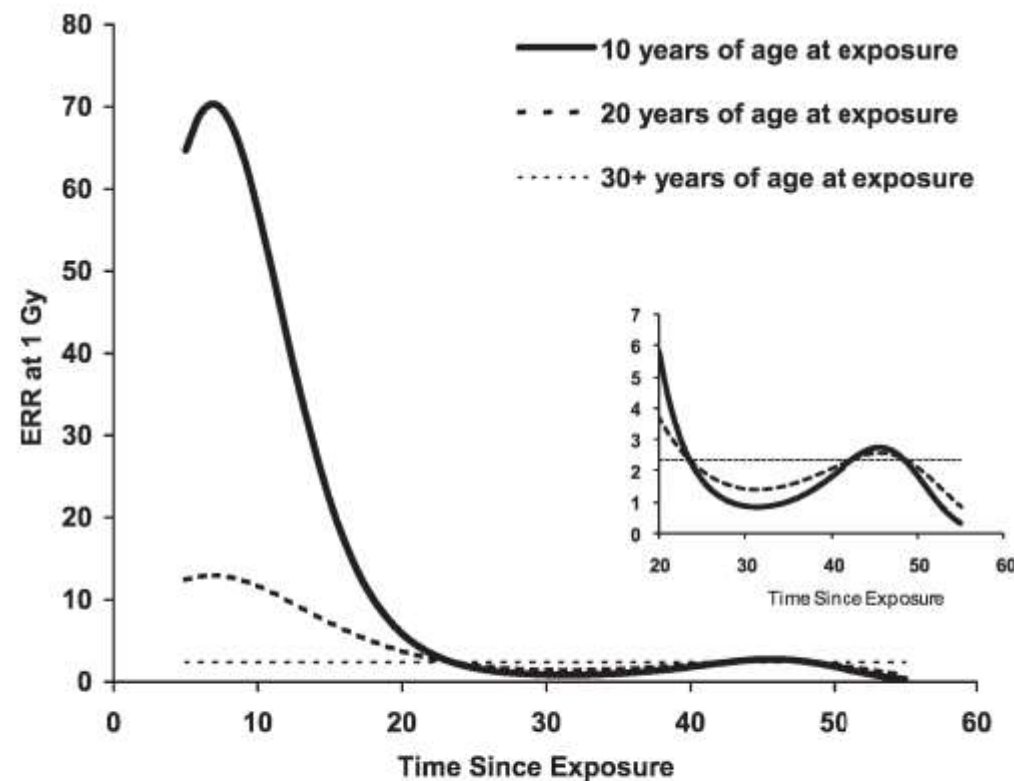
### **Nagy dózisú egésztest besugárzás hatásai**

<b>Hatás</b>	<b>Dózis (Sv)</b>
Nincs megfigyelhető hatás	0- 0,25
Enyhe vérsejtszám csökkenés	0,25-1
Jelentős vérlemezke és fehérvérsejt szám csökkenés (átmeneti)	1-2
Súlyos vérsejt károsodás, émelygés, kopaszodás, vérzés, gyakran halál	2-5
Több, mint 80%-ban 2 hónapon belül halál	> 6

# Félhalálos dózisok, akut besugárzás esetén

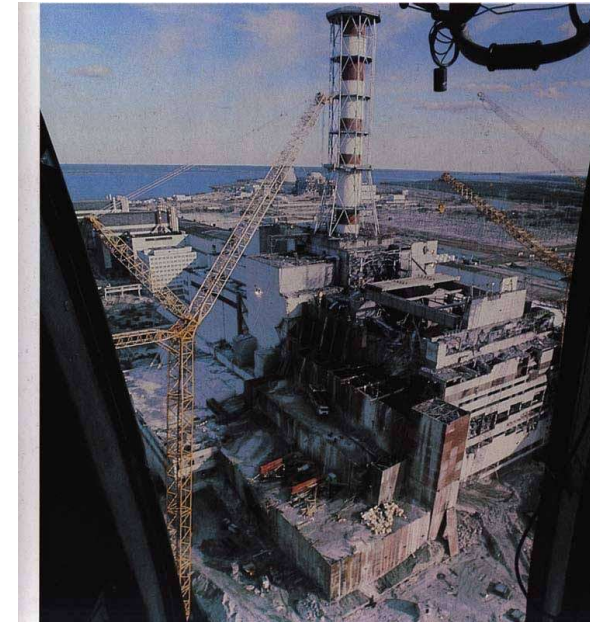


# Tapasztalatok a hirosimai és nagaszaki atombomba támadás után

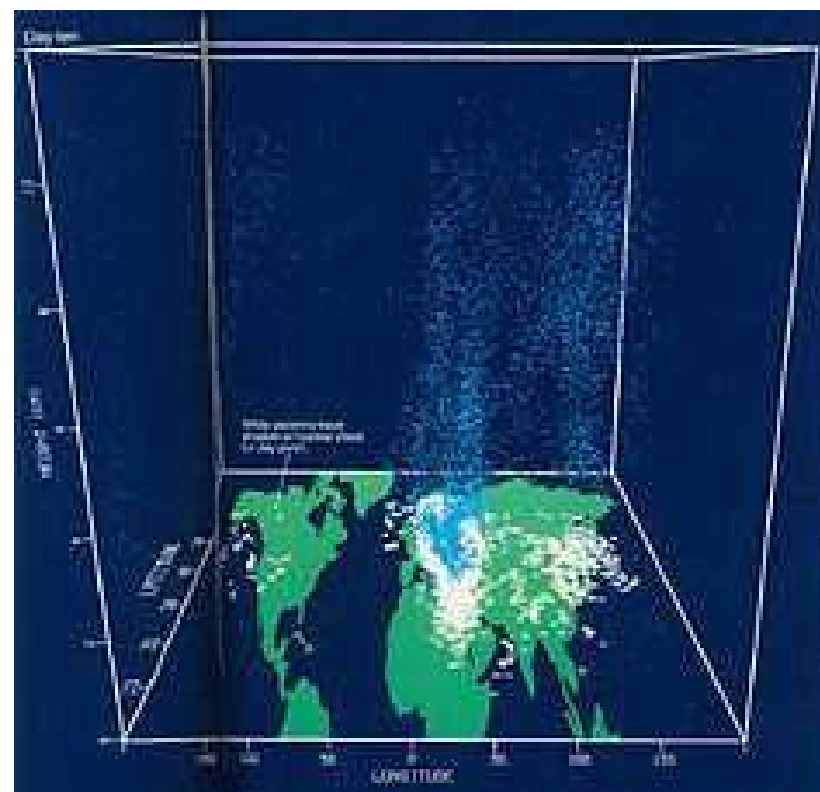
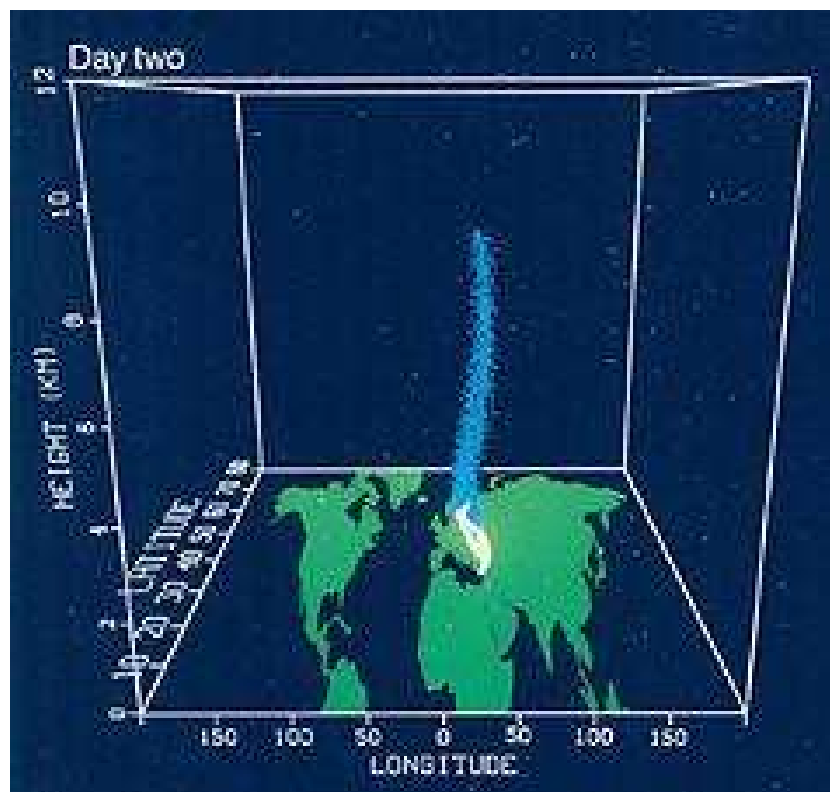


**FIG. 1.** Predicted city-averaged ERR at 1 Gy for leukemia (all types) as a function of age at exposure and time since exposure. Inset provides an expanded view of ERR estimates for the period 20 or more years after exposure.

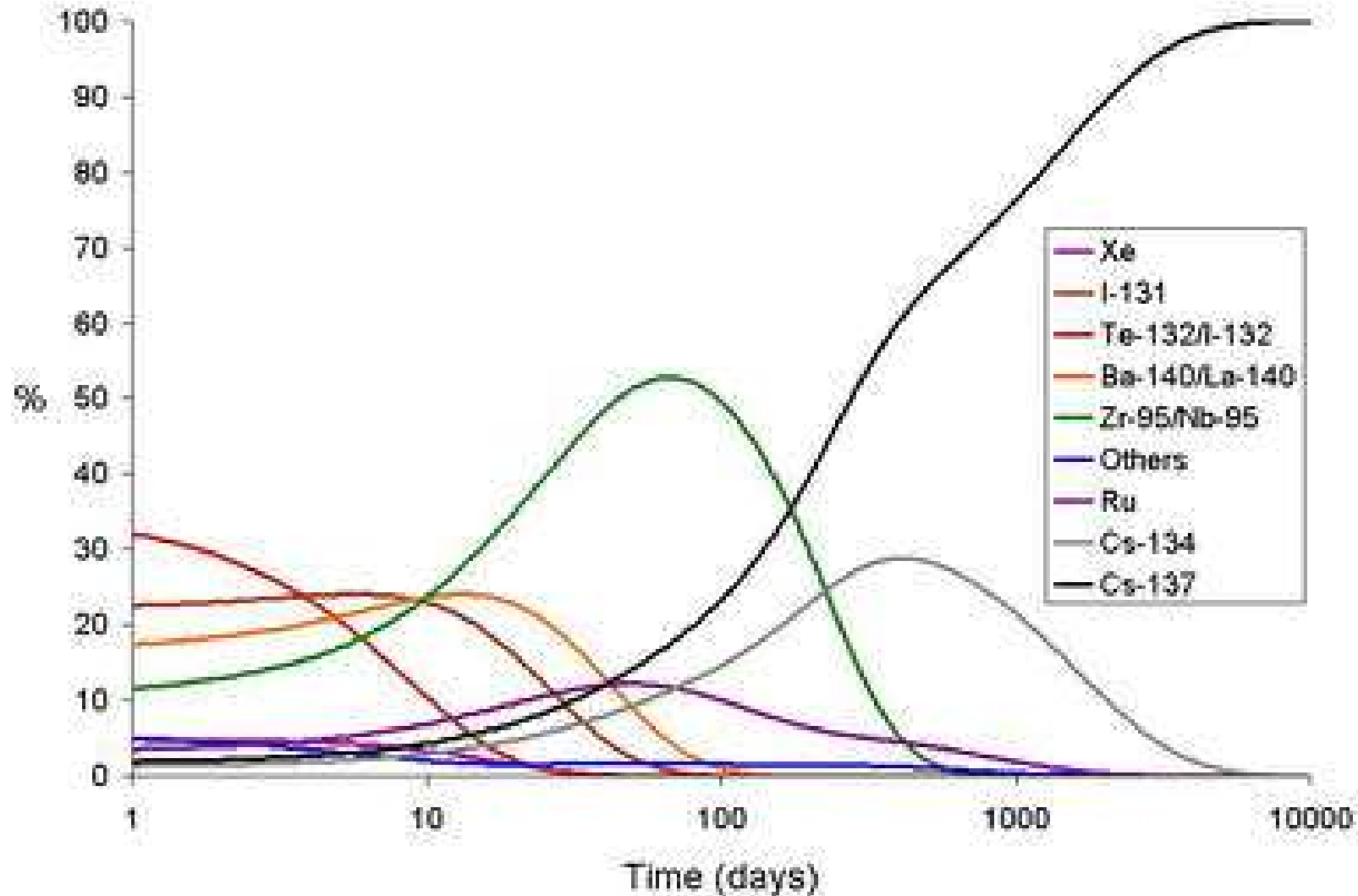
# A csernobili baleset (1986. 04. 26.)



# Légköri radioaktív kiáramlás a csernobili baleset után



# A légszennyezést okozó radionuklidok aránya az idő függvényében a csernobili baleset után

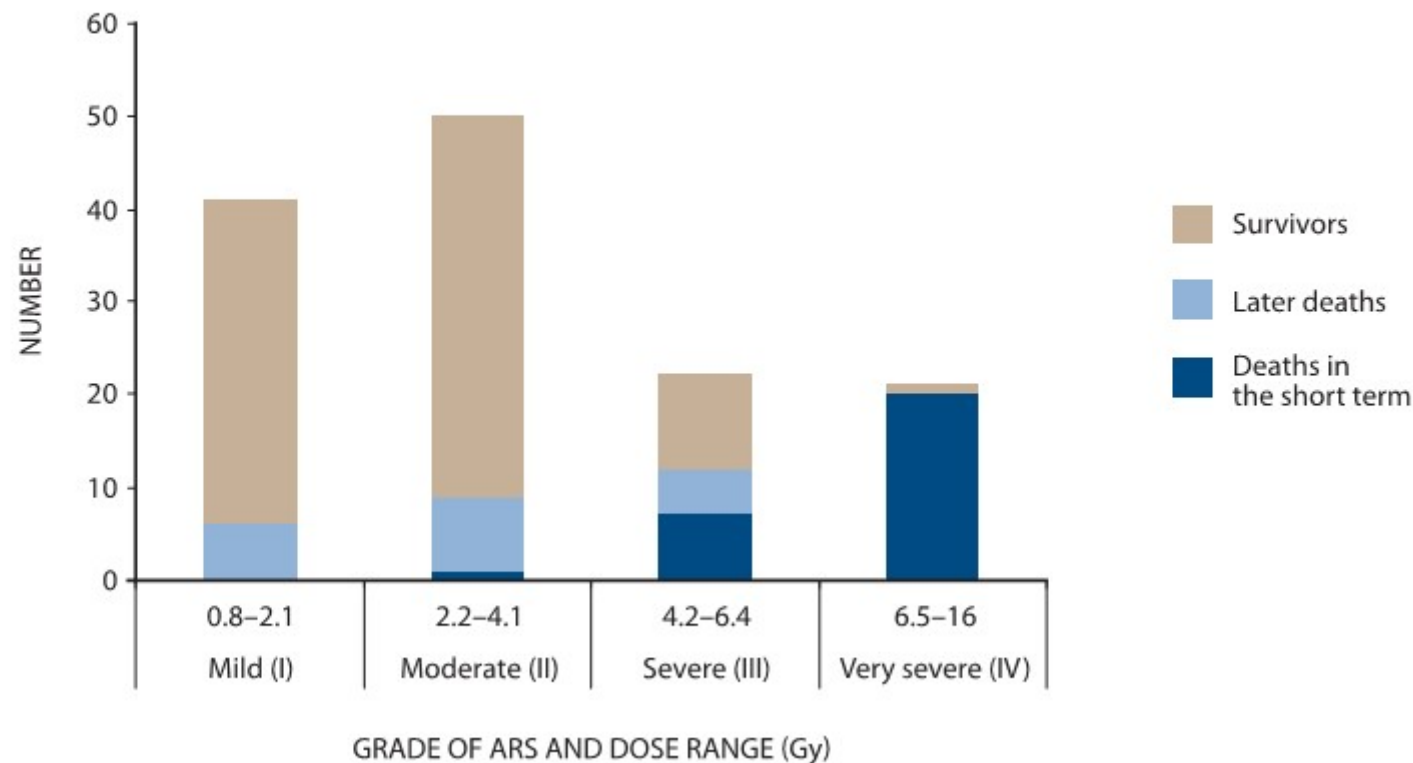




# A csernobili baleset következményei az akut sugárkárosodást szenvedett személyek esetében (1986 és 2004 közötti adatok)

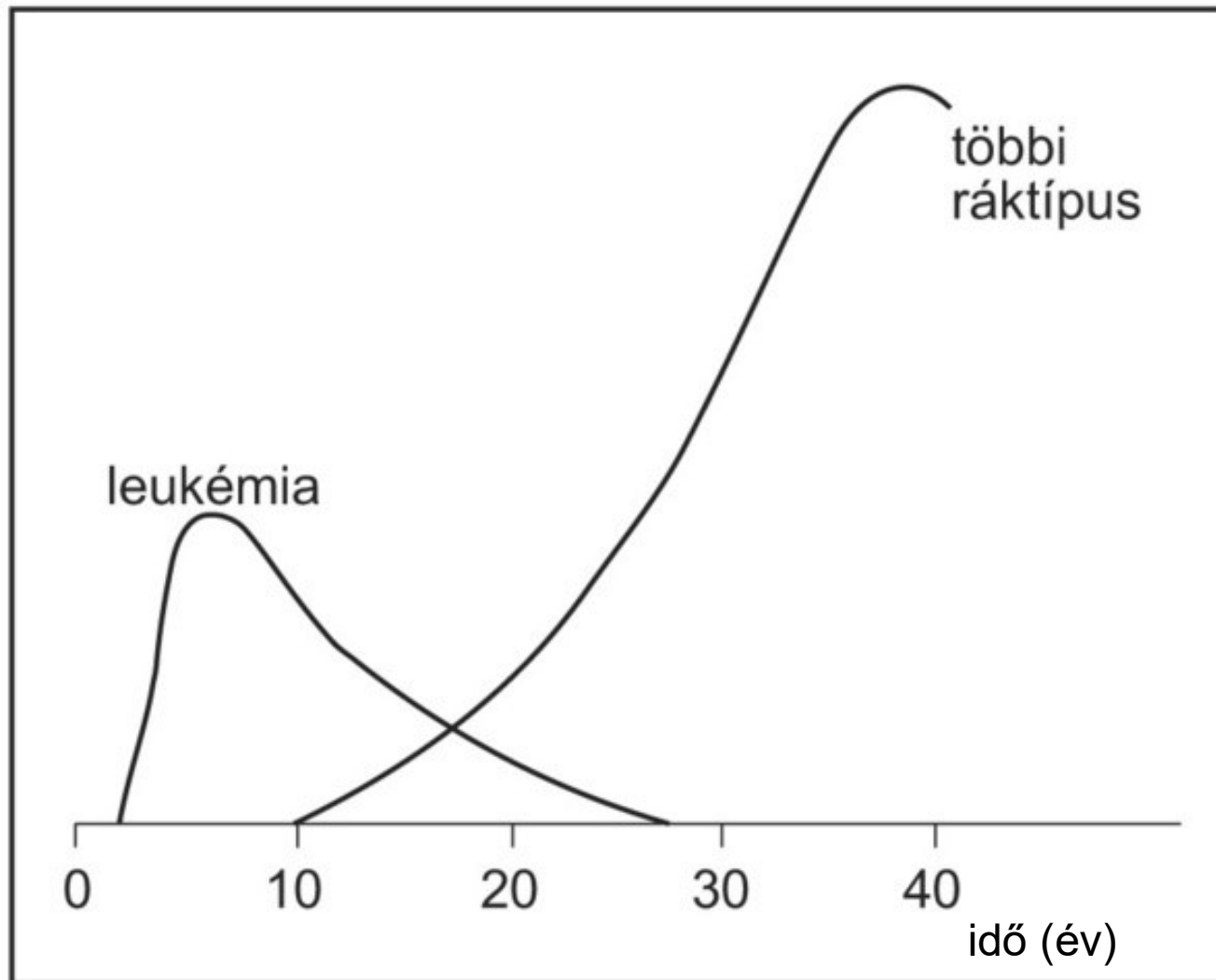
**Figure VII. Outcome for patients with ARS**

While the figure indicates the numbers of later deaths for each category of ARS, most of the cases are not attributable to radiation exposure



# Késői sugárkárosodás

## daganatkeletkezés



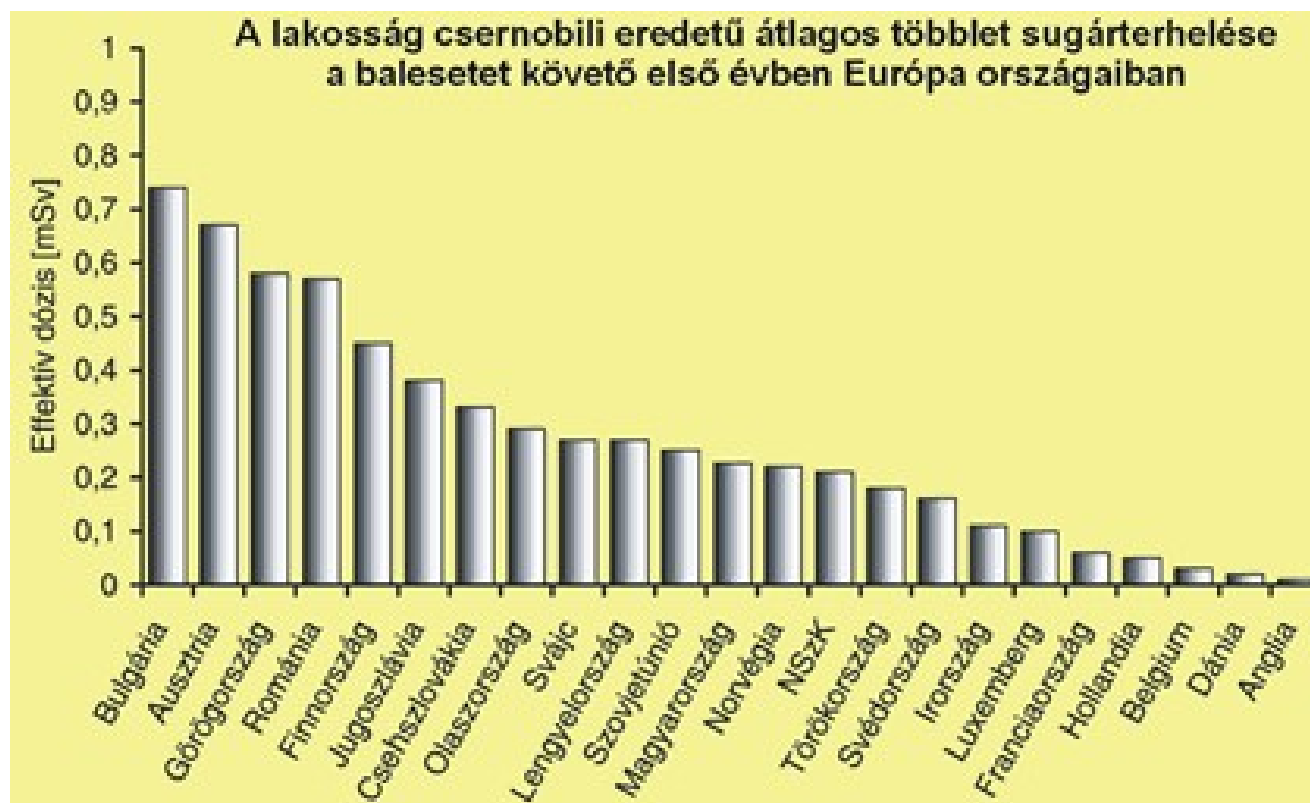
# Gyermekekori pajzsmirigy carcinoma a csernobili régióban

Régió	esetszám	
	a baleset előtt	a baleset után
Belorusszia	(1977-1985) 7	(1986-1994) 390
Ukrajna	(1981-1985) 24	(1986-1995) 220
Oroszország (csak Brjanszk és Kaluga)		(1986-1995) 62

Az adatok morbiditást mutatnak, nem mortalitást.

A legnagyobb többlet 1993 után következett be.

A pajzsmirigy carcinoma jól kezelhető (>90%), de az itt előforduló esetek jelentős számban agresszív, papilláris típusú daganatok.



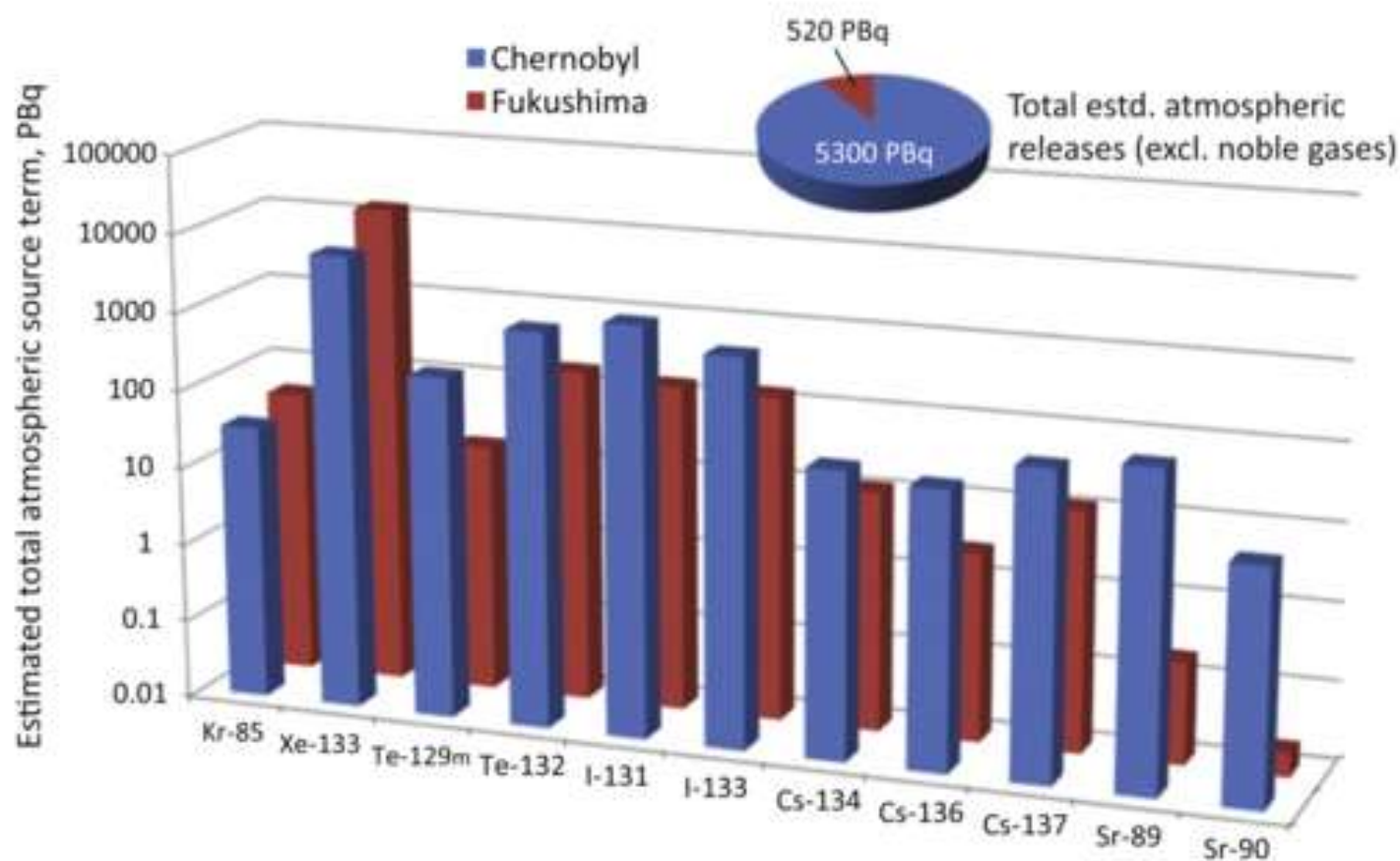
Hazánkban nem észlelték a daganatos megbetegedések számának a csernobili eredetű sugárterheléssel összefüggő növekedését.

Nem mutatható ki sem a gyermekkori pajzsmirigy-rák, sem a gyermekkori leukémiás megbetegedések számának emiatti növekedése.

A csernobili baleset következményeként **az átlag magyar lakos várhatóan egész élete során összesen 0.23 mSv külső és 0.09 mSv belső terhelésből származó effektív egyenértékdózszt kap. Ez összesen 0.3-0.4 mSv-et jelent.** (Összehasonlításként: a természetes sugárzás miatt évente átlagosan 2-3 mSv dózis éri szervezetünket.) Európai viszonylatban ez egyébként a "középmezőnyt jelenti":

**Jelenlegi tudásunk szerint tehát Magyarországon nem mutatható ki a csernobili atomerőműbaleset káros egészségügyi hatása.**

# A fukushimai és a csernobili radioaktív kibocsátás összehasonlítása



# Fukushima

A Fukushima környékén azonnal végrehajtott kimenekítés és az élelmiszerek korai monitorozása lecsökkentette a lakosság terhelését, és a japán hatóságok ezzel megakadályozták a lakosság nagy besugárzását.

Robert Gale, a londoni Imperial College vendégprofesszora rámutatott, hogy habár csaknem húszezer ember halhatott meg a 2011. márciusi Tohoku földrengésben és az azt követő cunamiban, egyikük sem a Fukushima-Daiichi atomerőmű balesetének sugárzási következményei miatt. Gale bemutatta az atomerőmű közelében lakó 10000 ember által elszennvedett legnagyobb becsült dózisokat:

- 5800-an kevesebb mint 1 mSv (millisievert dózist kaptak),
- 4100-an kaptak 1-10 mSv dózist,
- 71-en 10-20 mSv között,
- ketten kaptak 20-23 mSv között.

A telephelyi dolgozók illetve elhárítók közül (összesen kb. 10700 ellenőrzött személy):

- 100-150 mSv: 81 fő
- 150-200 mSv: 14 fő
- 200-250 mSv: 2 fő
- 250 mSv felett: 6 fő (309-678 mSv)