



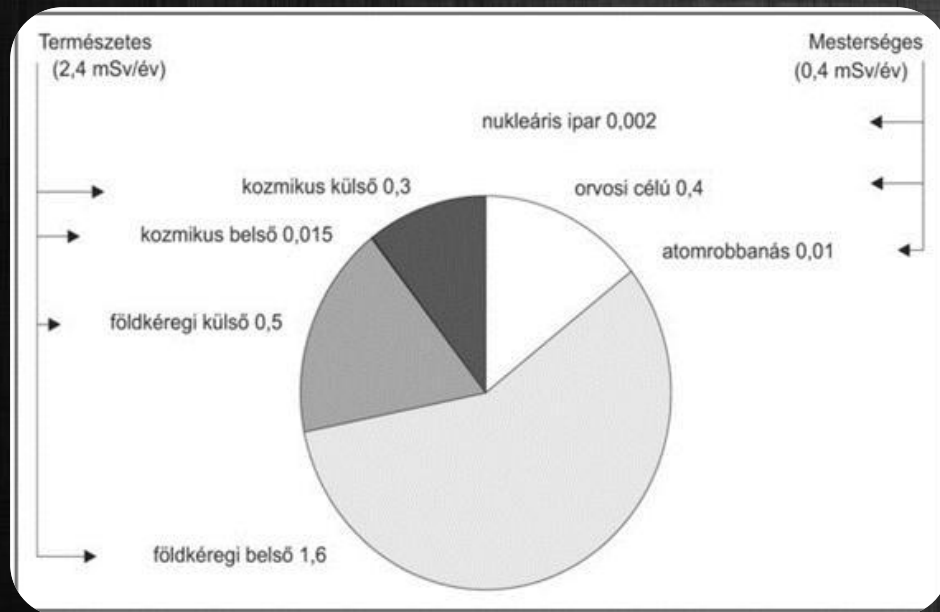
# A RADIOAKTÍV SUGÁRZÁS BIOLÓGIAI HATÁSAI

Sztokhasztikus sugárhatások: sugárzásra kialakuló mutációk

# KÜLSŐ SUGÁRTERHELÉS

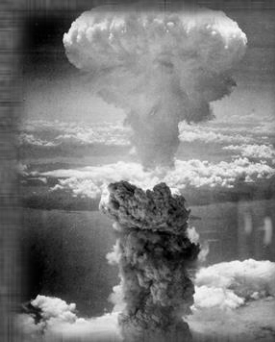
## TERMÉSZETES SUGÁRTERHELÉS

- 60%-a belélegzett radonból
- Földből Gamma-sugárzás (16%)
- Kozmikus sugárzás (12%)



## MESTERSÉGES SUGÁRTERHELÉS

- kísérleti robbantások, nukleáris balesetek



- diagnosztikai, terápiás jellegű sugárterhelés (teljes sugárterhelésnek kb. 35%-a)

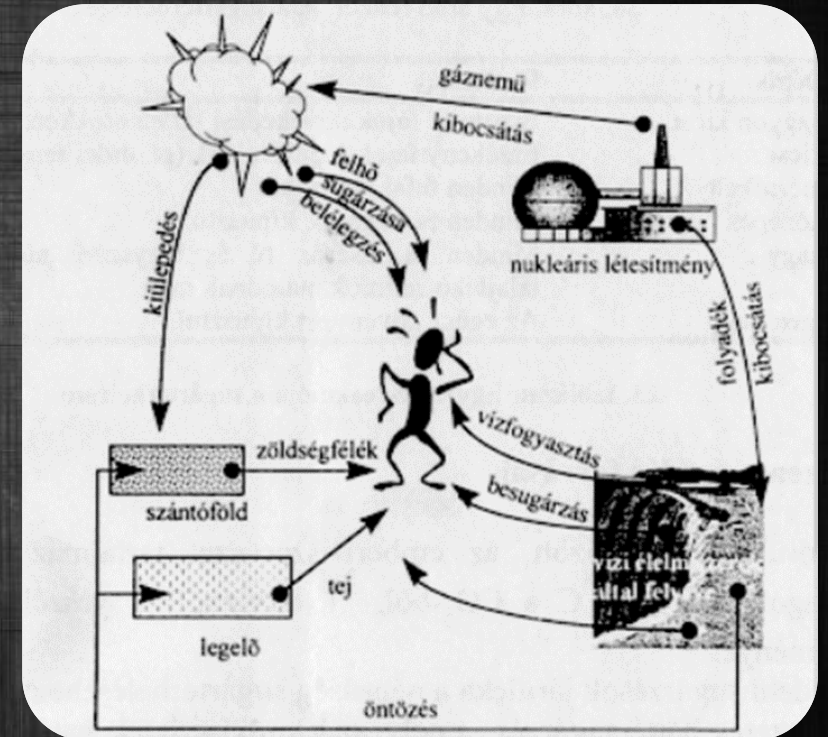
# BELSŐ SUGÁRTERHELÉS

- *A természetes eredetű radioaktív anyagok megtalálhatók a környezet minden elemében: pl. a talajban, az építőanyagokban, a levegőben, az élelmiszerekben, természetes tavainkban és barlangjainkban, és az ivóvízben is.*

→ A sugárzást kibocsátó anyag bekerül a szervezetbe, ott szervbe vagy szervcsoportba beépül, s végül távozik vagy lebomlik

- belégzés (inhaláció) útján,
- lenyeléssel (ingesztió)
- seben keresztül

- Egy része viszonylag gyorsan ürül, a másik része a szervezetbe beépülve csak a biológiai felezési időnek megfelelően távozik



# AZ IONIZÁLÓ SUGÁRZÁS HATÁSAI

- Szervezeti szintűek ← Sejtszintű változások következményei
- Kétfélék lehetnek

## VÉLETLENSZERŰ, sztochasztikus

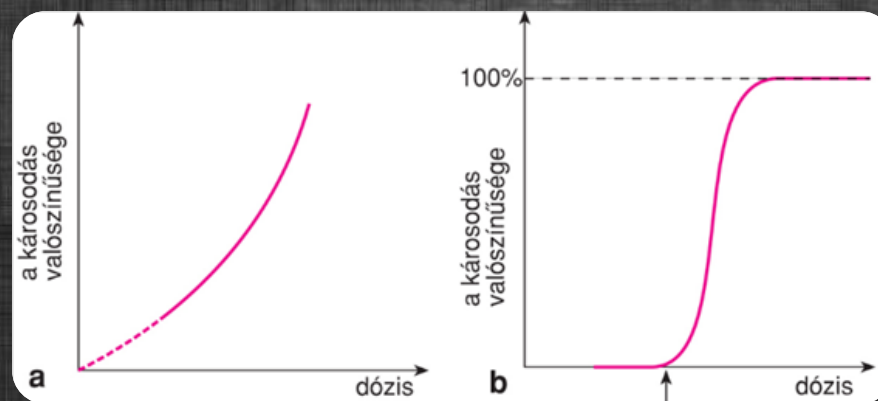
- A sugárhatást túlélő sejtekben kialakuló mutációk következtében

## FÜGG:

- A sugárzás dózisától (6000mSv-től halálos)
- Biológiai adottságoktól
- A sugárzás fajtájától

## ELEVE ELRENDELT, determinisztikus

- Sejtpusztulás (sugárbetegség)

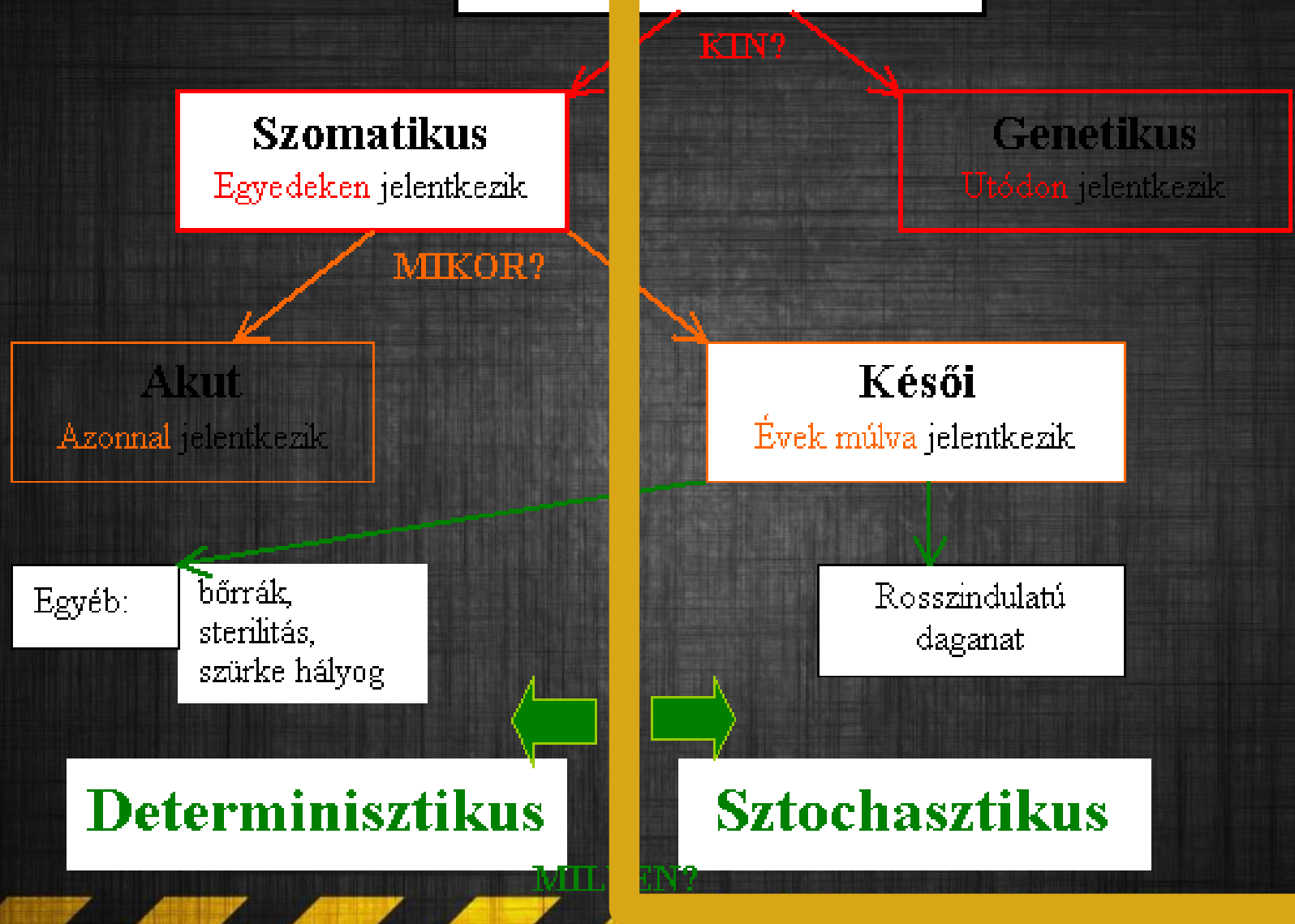


A sztochasztikus a), valamint a determinisztikus b) sugárhatás bekövetkezési valószínűsége és az elszenvedett sugárdózis közti összefüggés

## NEM FÜGG:

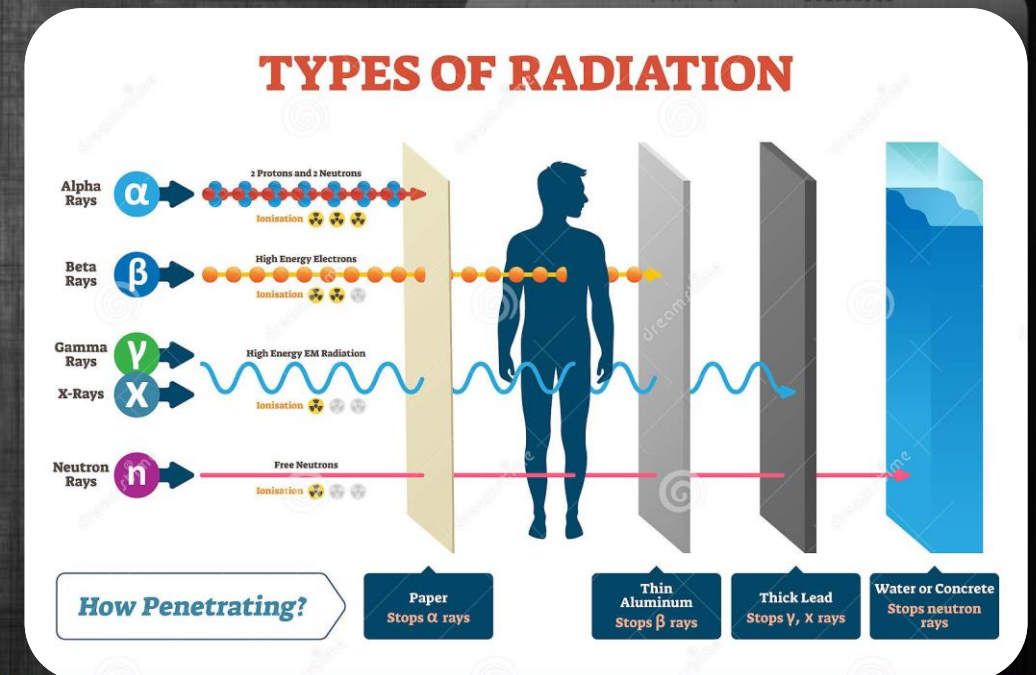
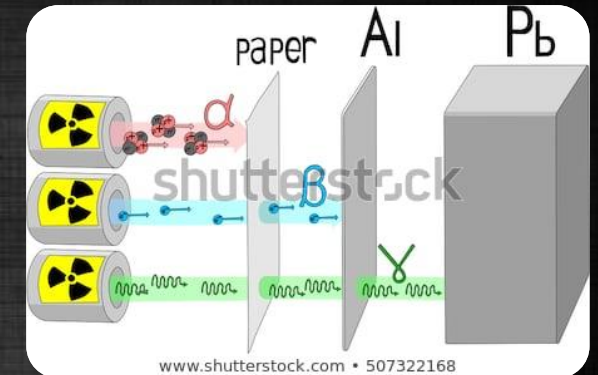
- Attól, hogy a sugárzás mesterséges vagy természetes
- A sugárzás eredetétől

# Biológiai mutációk

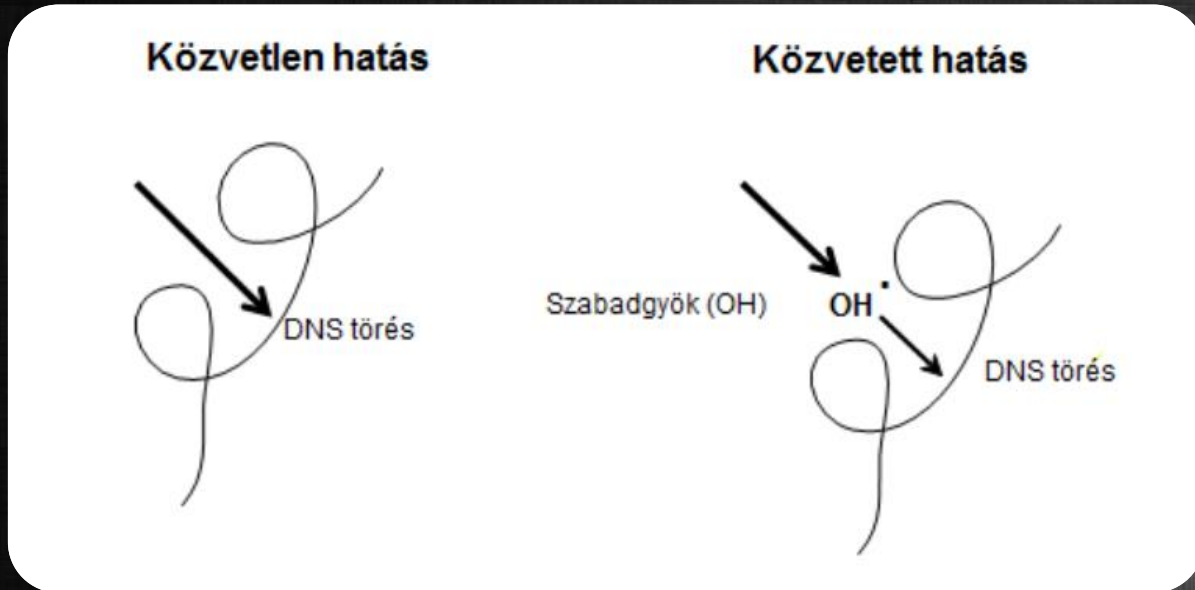


# DE MI IS AZ AZ IONIZÁLÓ SUGÁRZÁS?

- Olyan sugárzás, amely kölcsönhatásba lép az anyaggal (reakcióképes) → E-t ad át
- Ez az E elég ahhoz, hogy ionizáljon, vagy gerjesztett állapotba hozzon egy atomot → megváltoztasson egy biológiai makromolekulát.
- FŐ FAJTÁI:
- Elektromágneses sugárzás / Foton sugárzás
  - Röntgen
  - Gamma-sugárzás
- Töltés nélküli részecske sugárzás
  - Neutron-sugárzás
- Töltéssel rendelkező részecske sugárzás
  - Elektron-sugárzás
  - Proton-sugárzás
  - Alfa-részecskék általi sugárzás
  - Nehéz-ionok általi sugárzás



# AZ IONIZÁLÓ SUGÁRZÁS HATÁSA A DNS-RE

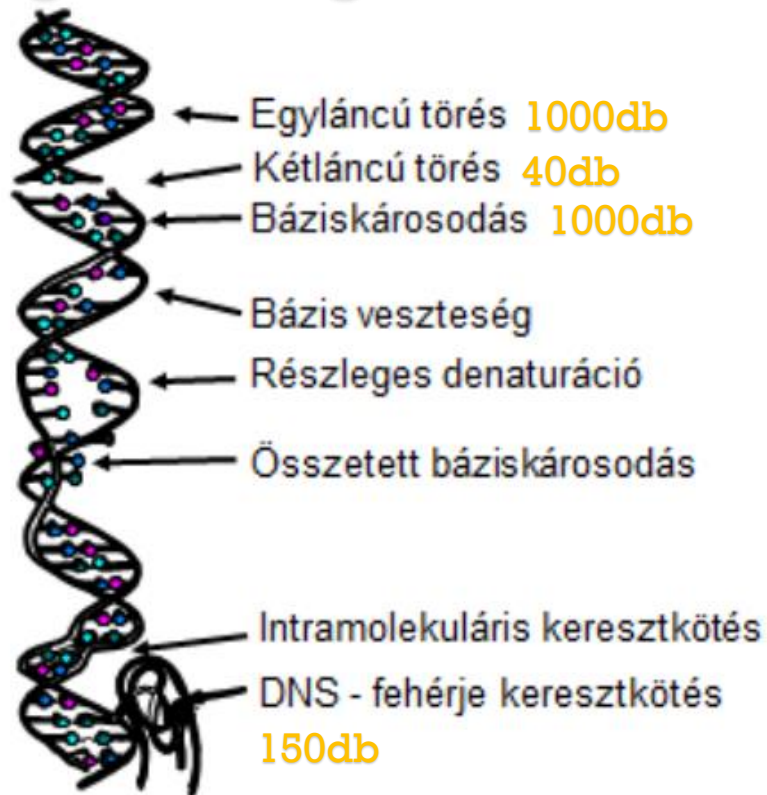


Sugárhatásra több sejtalkotó is sérülhet, de a fő 'célpont' a DNS.

- **Közvetlen ionizáció:**
  - Töltéssel rendelkező részecske sugárzások elegendő E mennyiséggel rendelkeznek
  - Maga a töltéssel rendelkező részecske károsít
- **Közvetett hatás:**
  - A foton sugárzások és a töltéssel nem rendelkező részecske sugárzások
  - Víz molekulával lép kölcsönhatásba

# DNS KÁROSODÁSOK

## 1 Gy gamma sugárzás hatására



- Ezeket fizikai-kémiai folyamatok eredményezik.
- Számukat nem befolyásolja a sejtek típusa, sugárérzékenysége
- A károsodások közül a kétláncú törés a legjellegzetesebb → ebből valószínűsíthető, hogy valaki sugársérülést szenvedett (évek múlva is kimutatható)

A sejtek sorsát ez befolyásolja, hogy a hibát az osztódásuk előtt ki tudják-e javítani.

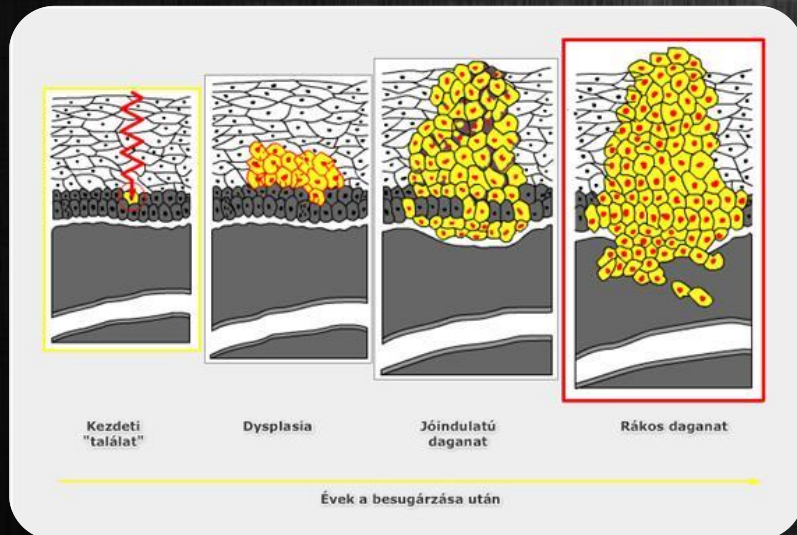
(Amíg a sejtek nyugalmi állapotban vannak, nem okoz különösebb gondot.)

Ha NEM: Nagy genetikai információhiány (allélvesztések) → mitotikus sejthalál



# A TÚLÉLŐK SORSA – SZTOCHASZTIKUS HATÁS

- Vannak azonban olyan sejtek is, melyek túlélnek a sugárzást. → Mutációk → Sztochasztikus hatás (súlyosságát a dózis nem befolyásolja)
  - ❑ Daganatos megbetegedések
  - ❑ Ivarsejteket érő károsodás esetén:
    - Öröklődő betegségek
    - Öröklődő daganatos megbetegedések



DNS-törések →  
allélvesztések és  
pontmutációk →  
osztódás (rendellenes)  
→ daganat

- *1957 – Majak – Szibéria*
  - *Csernobilihoz és a fukushimaihoz hasonló katasztrófa*
    - *- DE itt nem volt tájékoztatás*
    - *Kb 10 000 embert telepítettek ki*
    - *Kb 200 - 8000 halálozás becsülhető*
- *Forrás: [https://en.wikipedia.org/wiki/Kyshtym\\_disaster](https://en.wikipedia.org/wiki/Kyshtym_disaster)*



# A SUGÁRZÁS HATÁSÁRA KELETKEZETT DAGANATOK

- Hosszú lappangási idő: sokszor évekkel vagy évtizedekkel később jelennek meg
- Az ionizáló sugárzás nem válogat: minden szövetben és minden korban képes daganatot okozni → általános rákkeltő tényező
- Ugyanazt a típust alakítja ki, mint amik spontán keletkeznek
- A hatás a sugárdózistól és a sugárzás típusától függ
- Leggyakoribbak:
  - Akut és krónikus myeloid leukémia
  - Tüdődaganatok
  - Emlőrák
  - Papilláris pajzsmirigy tumor (jód-131 Csernobil)
  - Gyomorrák
  - Vastagbél tumor

## SZÁMADATOK:

1 Sv sugárzás – 100 személy:

- 5 db sugárzás kiváltotta daganat → kockázat:  $5 \times 10^{-2}$
- Spontán daganatok kialakulási esélye: 15-20%

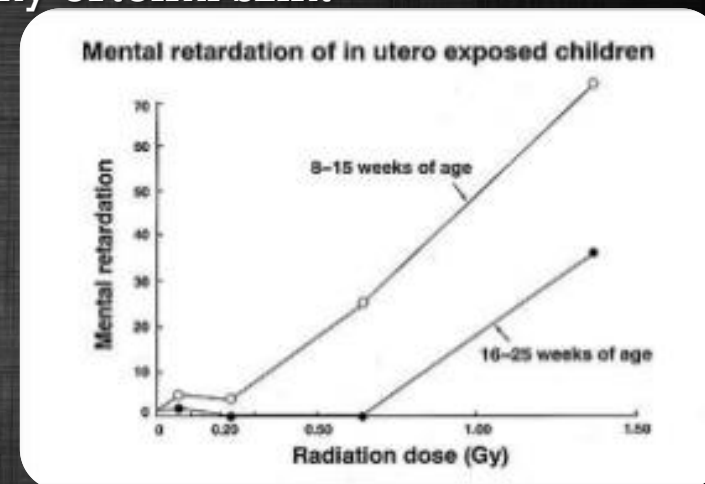
Csernobil: 600.000 személy (késői elhárítók) – 0.06 Sv

- 1800 db sugárzás okozta daganat
- 90.000 spontán daganat

\*evakuált személyeknek még ennél is jóval több

# UTÓDON JELENTKEZŐ HATÁSOK

- A radioaktív sugárzás nem alakít ki új fajta mutációt, hanem növeli azoknak a mutációknak a bekövetkezési esélyét, amik már léteznek.
  - Idegrendszeri rendellenességek → mentális problémák, alacsony értelmi szint
  - Keringési rendszer rendellenessége, vérszegénység
  - Emésztő szervrendszer rendellenessége
  - Korlátozottabb növekedés, fejlődési rendellenességek
  - Rákos megbetegedés (főleg pajzsmirigy)
- Gyakran bekövetkezik mutáció a csírasejtekben (őssejtek)
- Az anyát érő sugárzás gyakran vezet elvetéléshez (sejthalál bekövetkezése, létfontosságú szervek működésképtelensége) ← determinisztikus hatás érvényesül a magzaton
  - Megnövekedett csecsemőhalandóság



## “ “ FORRÁSOK:

[HTTPS://HU.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/RADIOAKTIVIT%C3%A1S](https://hu.wikipedia.org/wiki/Radioaktivit%C3%A1s)

[HTTPS://WWW.TANKONYVTAR.HU/HU/TARTALOM/TKT/KORNYEZETTECHNIKA-ELOSZO/CH08S03.HTML](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/kornyezettechnika-eloszo/ch08s03.html)

[HTTPS://PREZI.COM/OAOT0SUBA48A/A-RADIOAKTIV-SUGARZAS-BIOLOGIAI-HATASAI/](https://prezi.com/OAOT0SUBA48A/A-RADIOAKTIV-SUGARZAS-BIOLOGIAI-HATASAI/)

[HTTPS://WWW.TANKONYVTAR.HU/HU/TARTALOM/TAMOP412A/2011-0064](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412a/2011-0064)

[HTTP://EDUVITAL.NET/FILES/BIOL-HATTERANYAG/SAFRANY RADIOAKTIV/](http://eduvital.net/files/biol-hatteranyag/safrany-radioaktiv/)

[HTTPS://WWW.TANKONYVTAR.HU/HU/TARTALOM/TAMOP425/2011\\_0001\\_52](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_52)

[HTTP://PAVOGY.WEB.ELTE.HU/FIZIKUS/SUG/SUG.HTML](http://pavogy.web.elte.hu/fizikus/sug/sug.html)

[HTTPS://MAGYARNARANCS.HU/RIPORT/AHOL-A-FOLDBOL-IS-DAGANAT-NO](https://magyarnarancs.hu/riport/ahol-a-foldbol-is-daganat-no)

[HTTPS://PREZI.COM/WOEYNONO100V/RADIOAKTIV-SUGARZASOK-BIOLOGIAI-HATASAI/](https://prezi.com/WOEYNONO100V/RADIOAKTIV-SUGARZASOK-BIOLOGIAI-HATASAI/)

[HTTPS://WWW.SLIDESHARE.NET/DRAYUSHGARG/HERITABLE-EFFECTS-OF-R](https://www.slideshare.net/DrayushGarg/Heritable-effects-of-radiation)

[HTTP://CHERNOBYLPLACE.COM/CHERNOBYL-CHILDREN/](http://chernobylplace.com/chernobyl-children/)

[HTTP://EXPLORERWORLD.HU/2012/08/15/FUKUSIMAI-MUTANS-LEPKEK/](http://explorerworld.hu/2012/08/15/fukusimai-mutans-lepkek/)

[HTTP://CHERNOBYLPLACE.COM/CHERNOBYL-CHILDREN/](http://chernobylplace.com/chernobyl-children/)

[HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/KYSHTYM DISASTER](https://en.wikipedia.org/wiki/Kyshtym_disaster)

### KOCKÁZATOK ELEMZÉSE – JÓZANUL:

[HTTPS://WWW.KFKI.HU/~CSORGO/SZEGED/MAGFIZ/12/18-CSERNOBIL-FUKUSHIMA-KOLONTAR-TV-TSUNAMI.PDF](https://www.kfki.hu/~csorgo/szeged/magfiz/12/18-csernobil-fukushima-kolontar-tv-tsunami.pdf)

[HTTPS://WWW.KFKI.HU/~CSORGO/SZEGED/MAGFIZ/12/17-EGESZSEGUGYI-KOCKAZATOK1.PDF](https://www.kfki.hu/~csorgo/szeged/magfiz/12/17-egeszsegugyi-kockazatok1.pdf)

[HTTPS://WWW.HSPH.HARVARD.EDU/NEWS/PRESS-RELEASES/TV-DIABETES-CARDIOVASCULAR-DISEASE-PREMATURE-DEATH/](https://www.hsph.harvard.edu/news/press-releases/tv-diabetes-cardiovascular-disease-premature-death/)

[HTTPS://JAMANETWORK.COM/JOURNALS/JAMA/FULLARTICLE/900893](https://jamanetwork.com/journals/jama/fullarticle/900893)

Miután egyszer átolvastam az anyagot



Nagyszerű. Most már tudom,  
hogy működik egy atomerőmű.

Nagyszerű. Most már tudom,  
mi az a sztochasztikus hatás.

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET! 😊