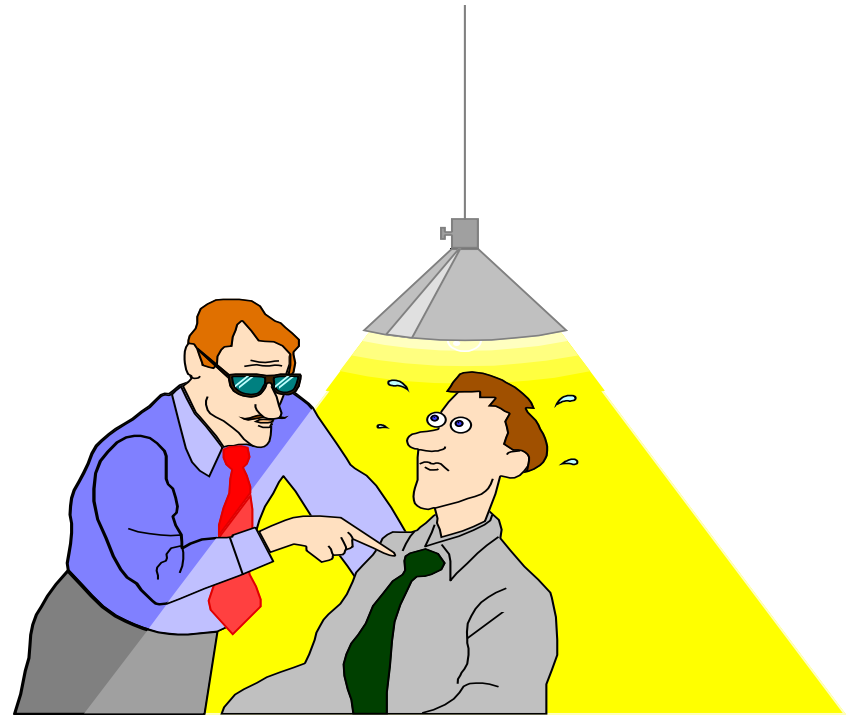


Ionizáló sugárzások egészségügyi hatásai

Dr. Vincze Árpád

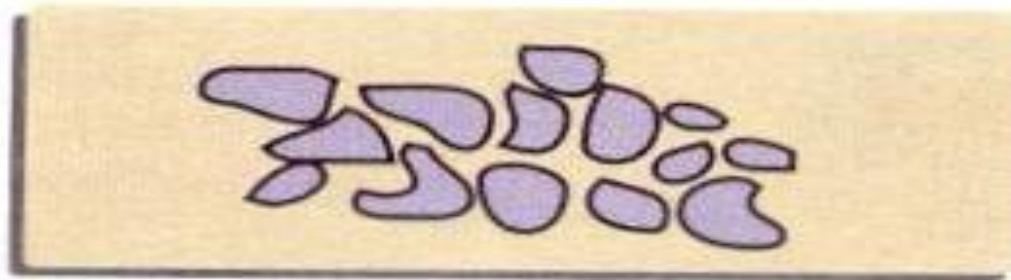
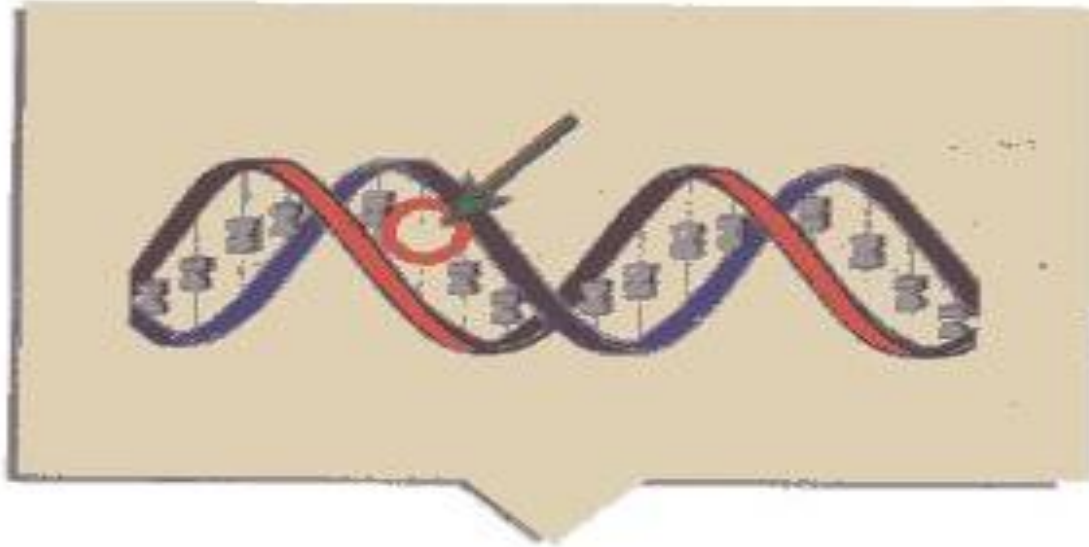
A sugárzás és az anyag kölcsönhatásai

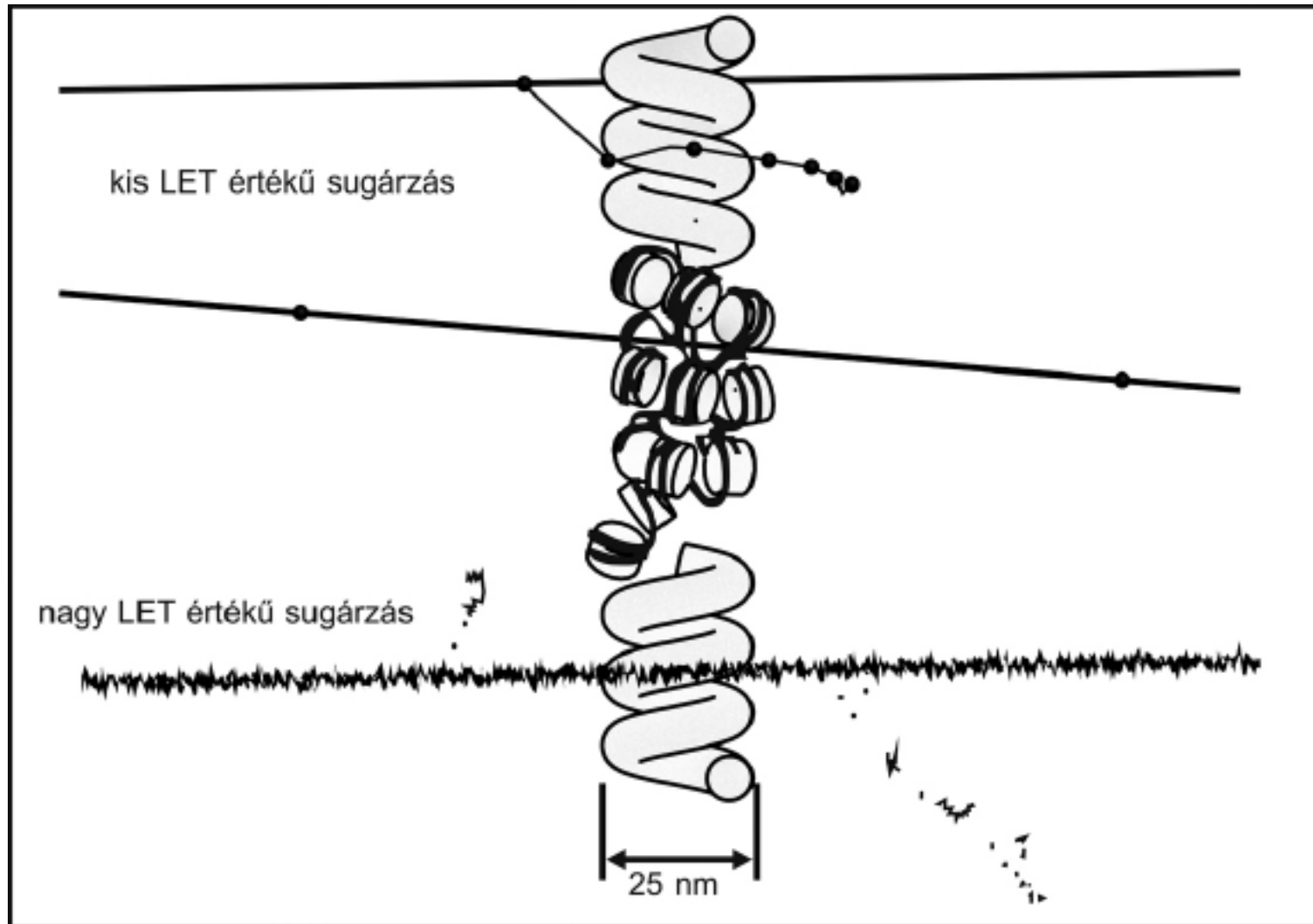
- Fizikai hatások
- Kémiai hatások
- Biokémiai hatások
- Biológiai hatások



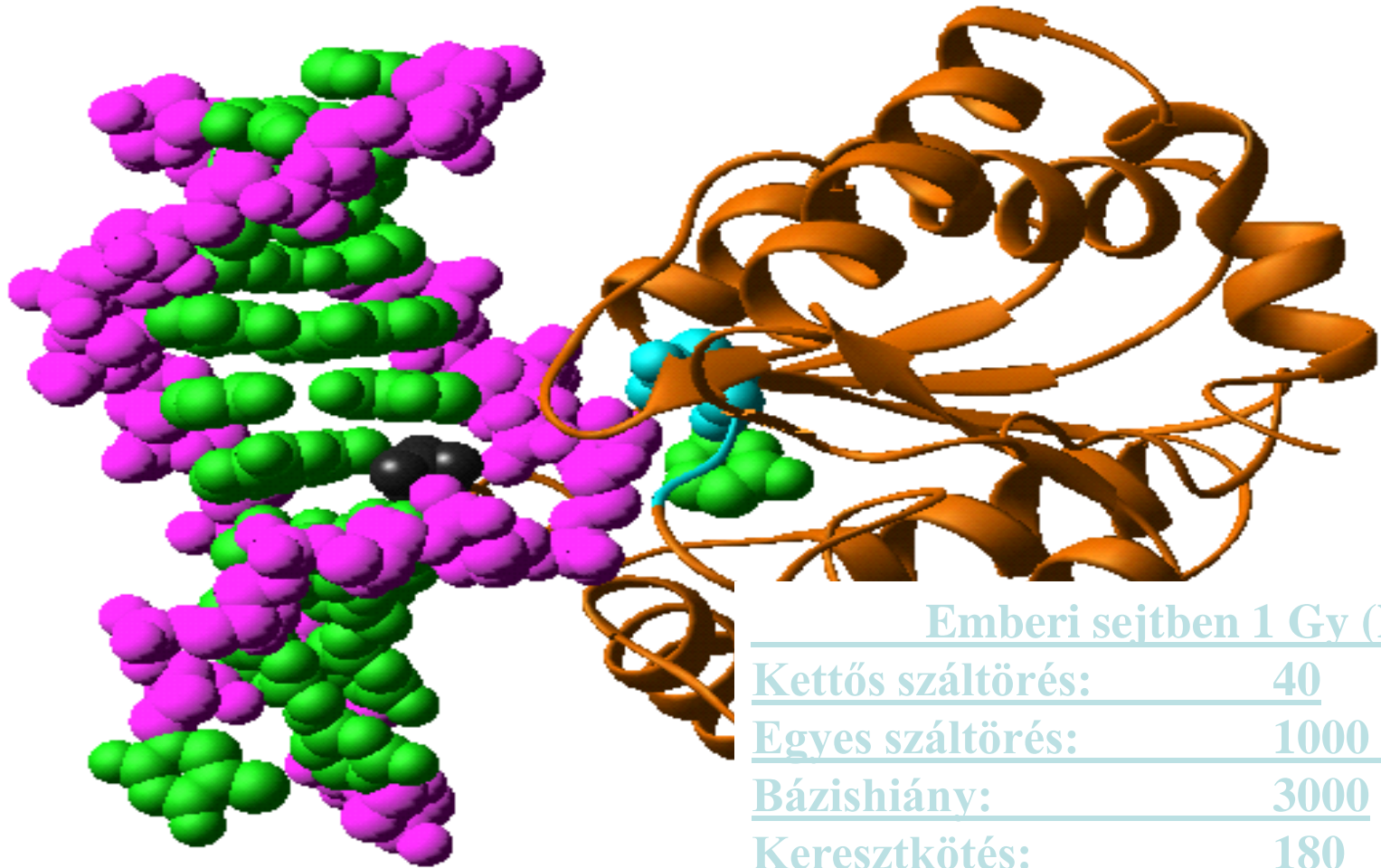
Kémiai - biokémia hatások

3. Kémiai elváltozás történik a sejt alapvető fontosságú molekulájában, a DNS-ben, amely biokémiai változást (DNS sérülést, mutációt) okoz



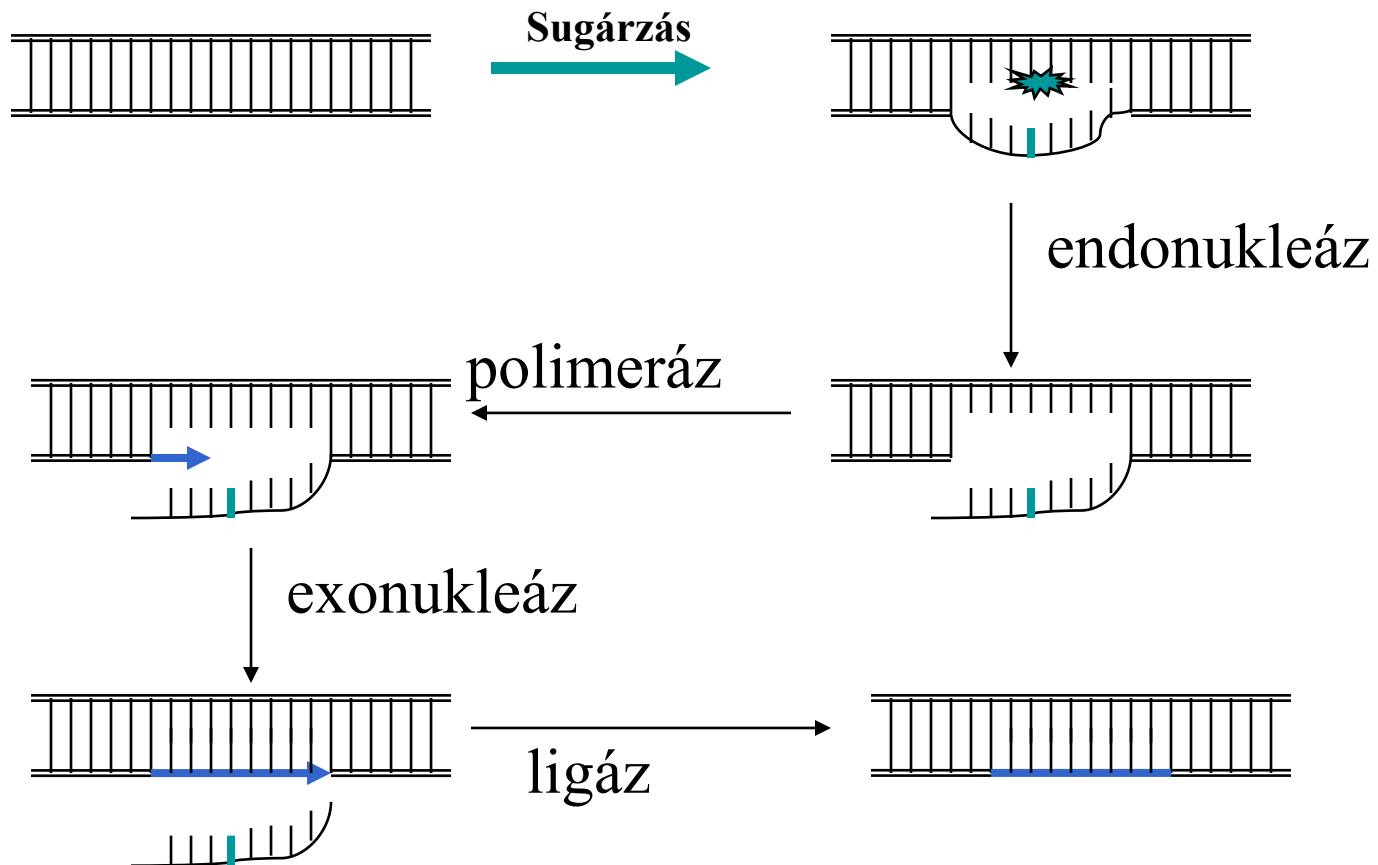


DNS - sérülések lehetnek:

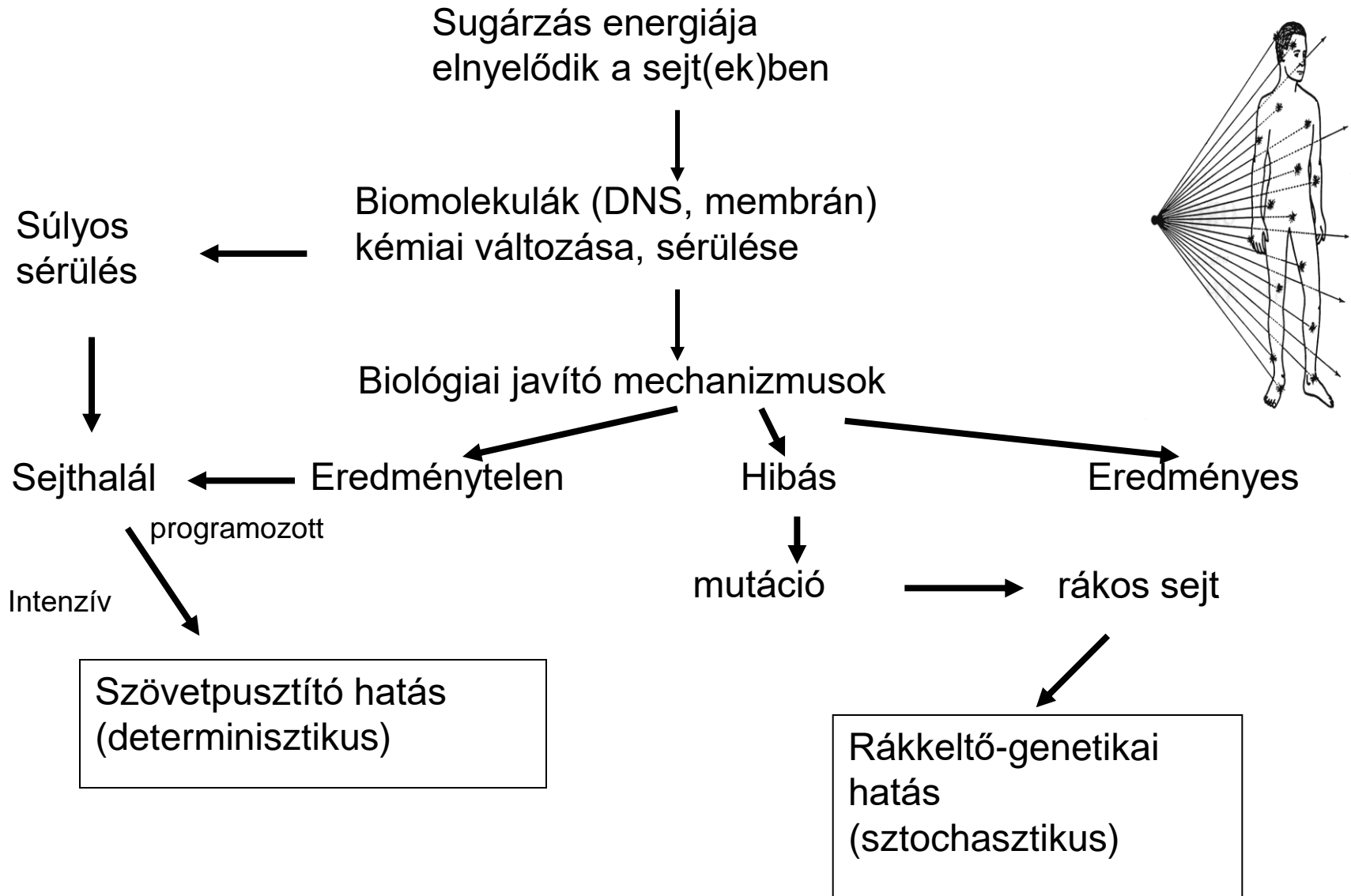


DNS - sérülések kijavítása

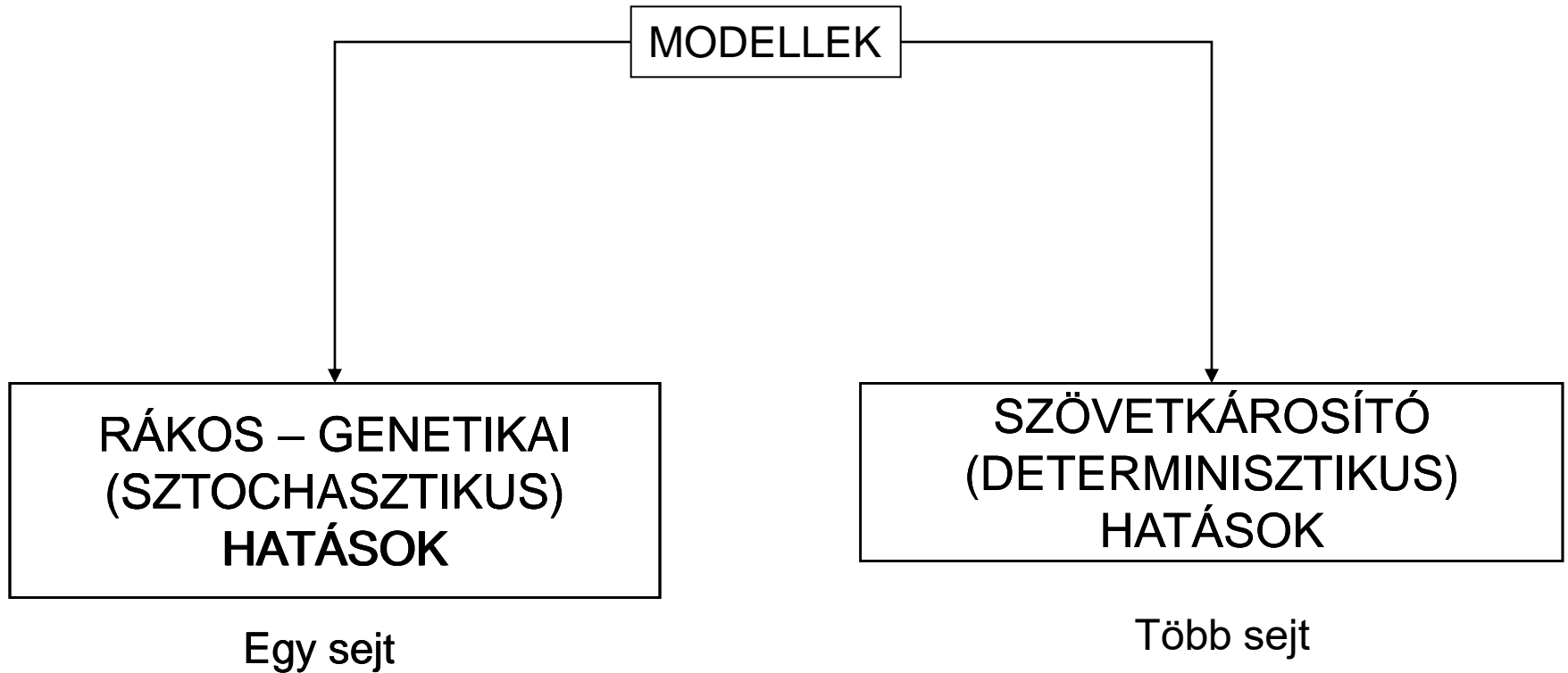
1. Kimetszéses mechanizmus



Ionizáló sugárzások egészségügyi hatásai



Dózis-hatás összefüggések



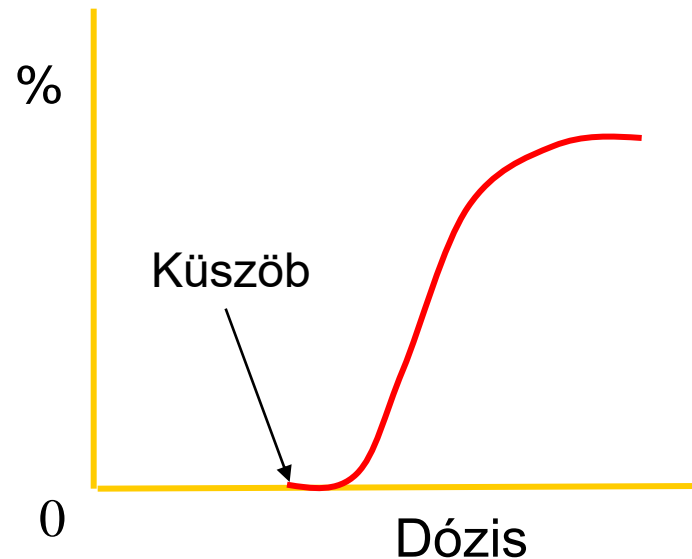
Szövetpusztító (determinisztikus) hatás

Korán jelentkeznek (napok, hetek)

Csak egy bizonyos dózis fölött
(küszöb dózis ~ 500 mSv)

Küszöb felett a súlyosság
dózis függő

A hatás jelleg sugárzás specifikus



Egyes determinisztikus hatások küszöbdózisai

Szövet és hatás	Elyelt dózis (Gy) egyszeri besugárzás esetén	Elyelt dózis (Gy) fracionált vagy protrahált besugárzás esetén	Évi dózisteljesítménynél, fracionált vagy protrahált expozíciónál éveken át (Gy·év ⁻¹)
Herék			
átmeneti sterilitás	0,15	*	0,4
végleges sterilitás	3,5–6,0	*	2,0
Petefészek			
sterilitás	2,5–6,0	6,0	>0,2
Szemlencse			
kimutatható homályok	0,5–,0	5,0	0,1
látáskárosodás	5,0	>8	0,15
Csontvelő			
vérképzéscsökkenés	0,5	*	0,4

* nem adható meg, mert a küszöb inkább függ a dózisteljesítménytől, mint a teljes dózistól

Faji érzékenységi sorrend

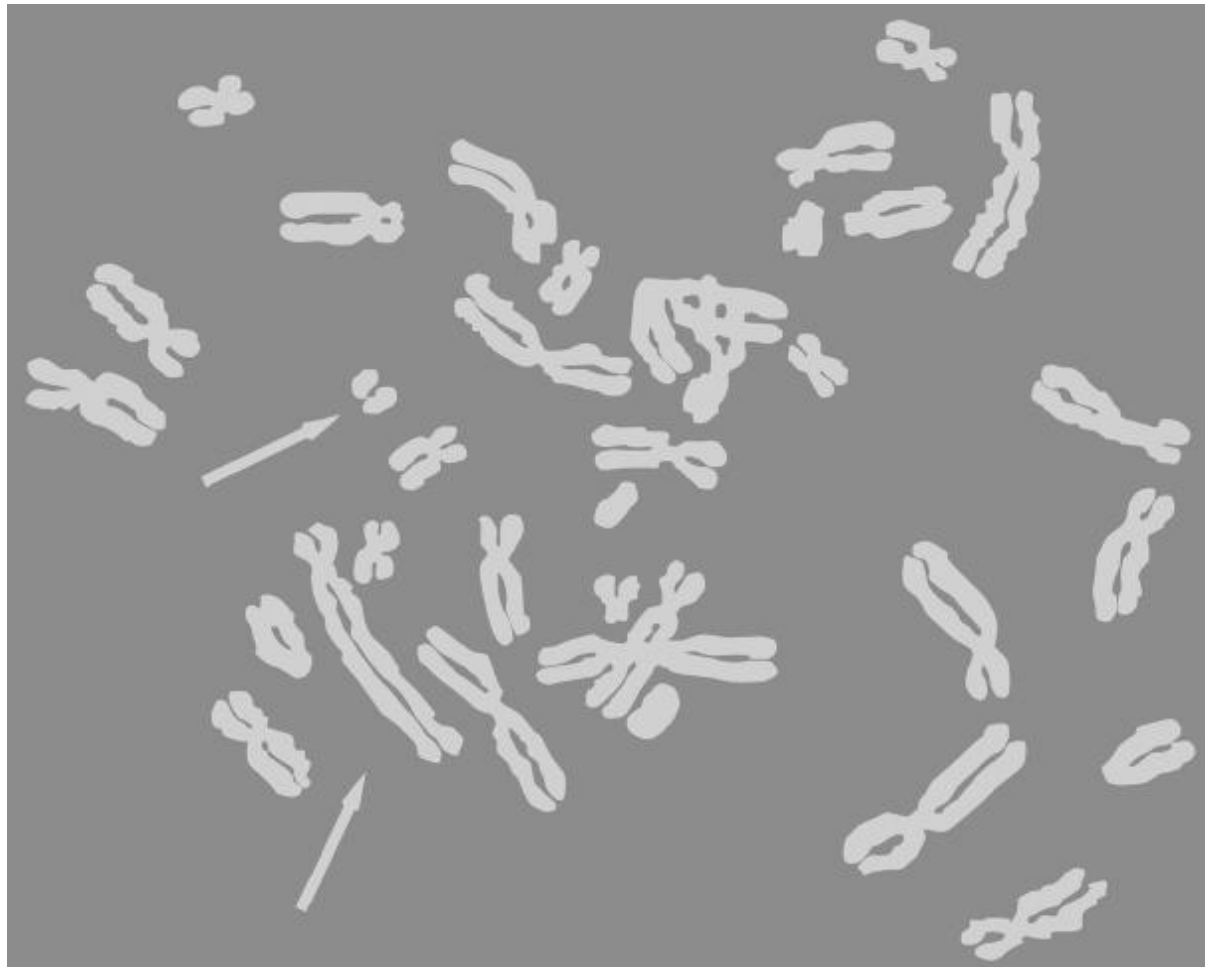
	LD _{50/30}
Emlősök	1,5 - 10 Sv
Szárnyasok	10 - 150 Sv
Gombák, baktériumok	50 - 300 Sv
Rovarok	600 - 800 Sv
Egysejtűek	1000 - 3000 Sv

A sugárhatást módosító tényezők

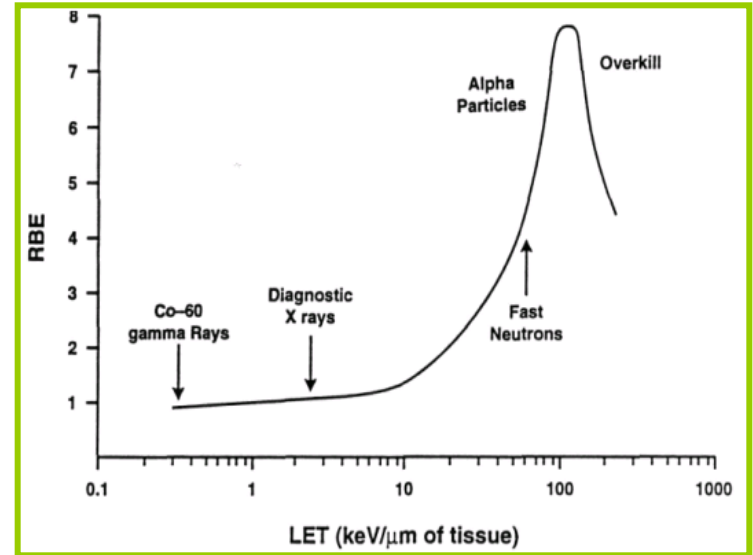
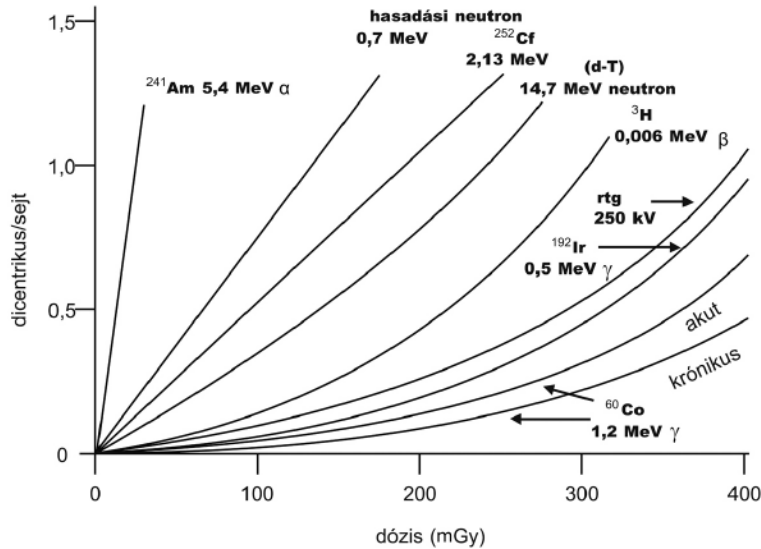
1. Oxigén jelenléte növeli. (Nitro-imidazol származékok sz szintén növelik a hatást: Klion-metronidazol)
2. Szulfhidril (SH) tartalmú vegyületek csökkentik.
3. A sugárzás minősége (Lineár Energy Transfer - LET - érték.
4. Hőmérséklet
5. A kérdéses sejt életkora, szerkezete:
az osztódó állapotban lévő sejt a legérzékenyebb.
Minél több egy szövetben az éretlen („ős”) sejt, annál érzékenyebb.
6. A sejt egyes részei érzékenysége is eltérő:
membrán ---> sejtmag ----> plazma

Vér besugárzása-kromoszóma aberrációk

Emberi nyiroksejtek (limfociták) ionizáló sugárzás okozta kromoszóma aberrációi: az ún. dicentrikus és töredék változatok (nyilakkal jelölve).



Sugárzás típusától való függés



- Biológiai hatás LET függő –Relatív Biológiai Hatékonyság (RBE)

RBE = $\frac{\text{Dózis [Gy] 250 keV X}}{\text{dózise [Gy] más forrásból}}$
ami ugyanolyan biológiai hatást okoz

RBE átlagol elnyelt dózis (AD_T): $AD_T = \sum_R D_{R,T} \times RBE_{R,T} \text{ [Gy]}$

$D_{R,T}$ – elnyelt dózis T szövetben R sugárzástól

$RBE_{R,T}$

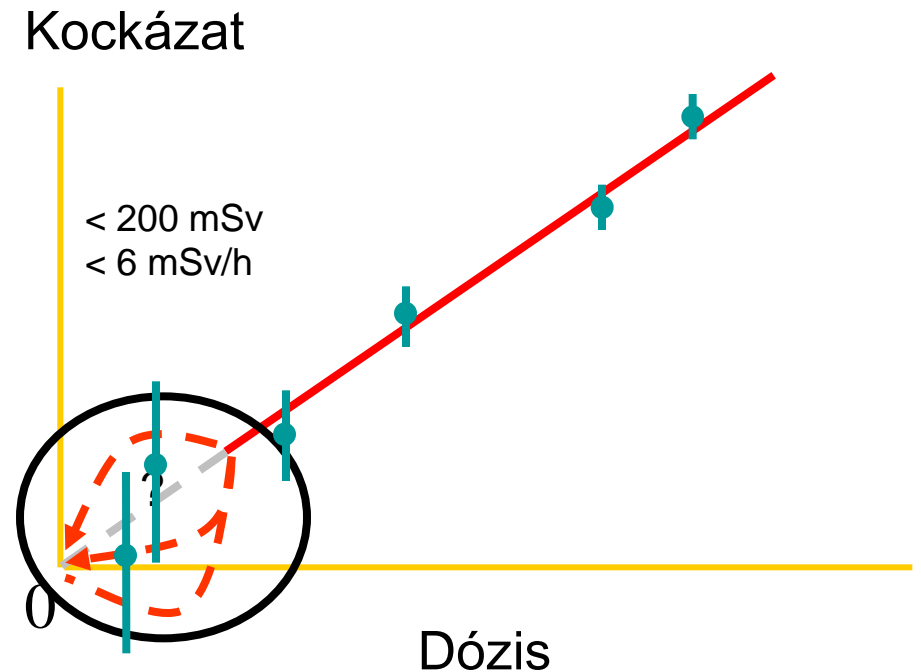
Rákkeltő - genetikai (sztochasztikus) hatás

Később jelentkezik (5-10 év)
Nincs küszöbdózis
A hatás nem sugárzás specifikus
Azonosítás statisztikai korlátai:
Nagy mintaszám kell
Nem állandó a háttér
Időeltolódás

Nem mutatható ki növekedés:

- az atombomba támadás túlélői
(kb. 80 000 fő) < 200 mSv
- nagy természetes háttérű
területeken (~ 200 mSv/év!)

LNT modell
Merekség: $\sim 5\%$ /Sv



Sugárzás típus hatása

Egyenérték Dózis: A különböző típusú és energiájú sugárzásoknak az emberi testszövetben és szervekben azonos sztochasztikus hatást eredményező dózisa.

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

$$H_T = \sum_R w_R \cdot D_{T,R}$$

[J/kg] Sv-Sievert

A sugárzás fajtája és energiája	Sugárzási súlytényezők, w_R ICRP 103
Fotonok	1
Elektronok és múonok	1
Protonok és töltött pionok	2
Alfa-részecskék, hasadási termékek és nehéz magok	20
Neutronok	Folytonos görbe a neutronenergia függvényében, lásd a 2.4. ábra és a szövegben szereplő képlet

$$w_R = \begin{cases} 2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]^2 / 6} & E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5,0 + 17,0 e^{-[\ln(2E_n)]^2 / 6} & 1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV} \\ 2,5 + 3,25 e^{-[\ln(0,04 E_n)]^2 / 6} & E_n > 50 \text{ MeV} \end{cases}$$

Szervek eltérő érzékenysége

Effektív Dózis(E):

- SZERVEINK ÉRZÉKENYSÉGE ELTÉRŐ
- A HATÁS FÜGG AZ EXPOZÍCIÓ HELYÉTŐL IS

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

- H_T - egyenérték dózis a T szervben
- w_T - sugárérzékenységi tényező

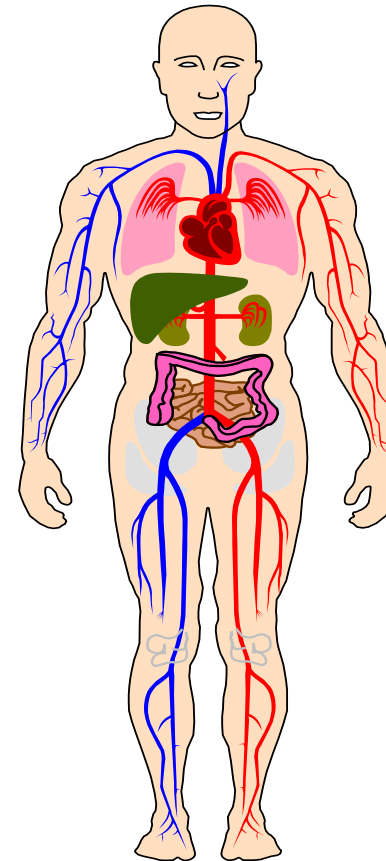


Szabályozásnál használt dózis alapmenntiségek

4

A sugárérzékenységi tényező w_T

SZERV	w_T	w_T^*
IVARSZERVEK	0,20	0,08
VÖRÖS CSONTVELŐ	0,12	0,12
VASTAGBÉL	0,12	0,12
TÜDŐ	0,12	0,12
GYOMOR	0,12	0,12
EMLŐ	0,05	0,12
HÓLYAG	0,05	0,04
MÁJ	0,05	0,04
NYELŐCSŐ	0,05	0,04
PAJZSMIRÍGY	0,05	0,04
BŐR	0,01	0,01
CSONTFELSZÍN	0,01	0,01
AGY	-	0,01
VISSZAMARADÓ	0,05	0,12

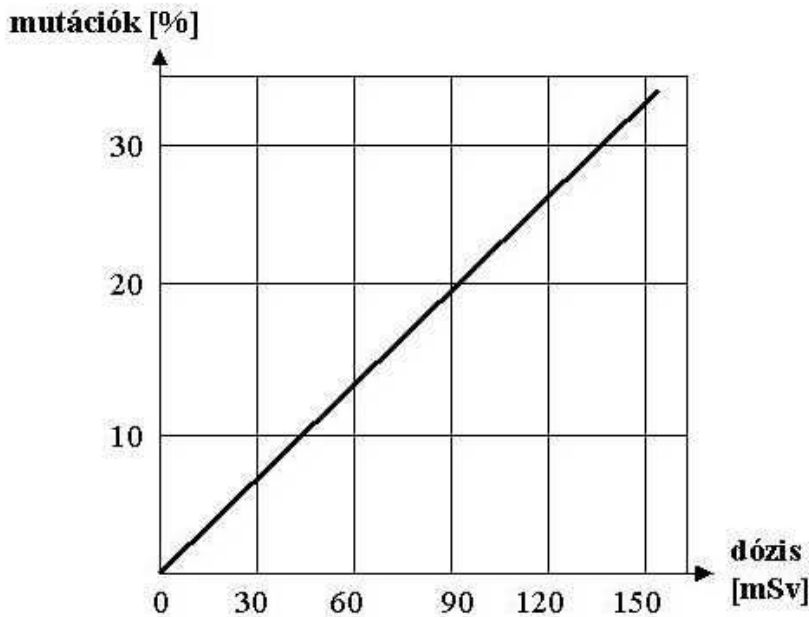


$$\sum_T w_T = 1$$

LNT modell

Pro:

Drosophila legyek
genetikai vizsgálata



Kontra:

– Az atombomba támadás túlélői között 200 mSv alatt nincs szignifikáns rákos gyakoriság növekedés.

– Nem mutattak ki fokozott kockázatot nagyobb természetes sugárzási háttérű területeken

– A rákbetegség nem elsőrendű kinetikájú folyamat

– A DNS akár egy vagy két láncának törése esetén ezek javítása nem jelenthet túl nagy feladatot a sejtnek

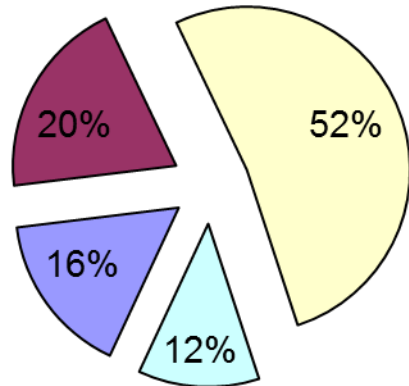
– Kis dózisoknál még senki sem mutatott ki biológiai- vagy egészségkárosodást.

NEMZETKÖZI AJÁNLÁS (ICRP) : LNT modell

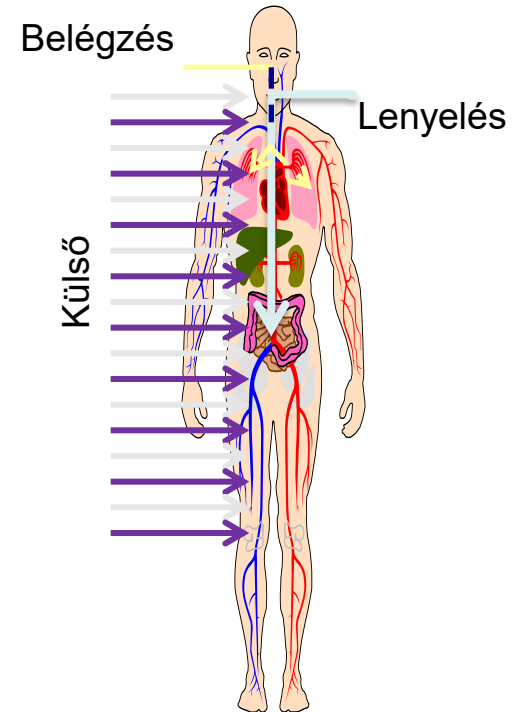
Végzetes kimenetelű hatások kockázata (10^{-2} / Sv)

Exponált népesség	rosszindulatú daganat	Örökletes hatások	Összesen
Teljes	5,5	0,2	5,7
Felnőtt	4,1	0,1	4,2

Természetes eredetű sugárterhelés



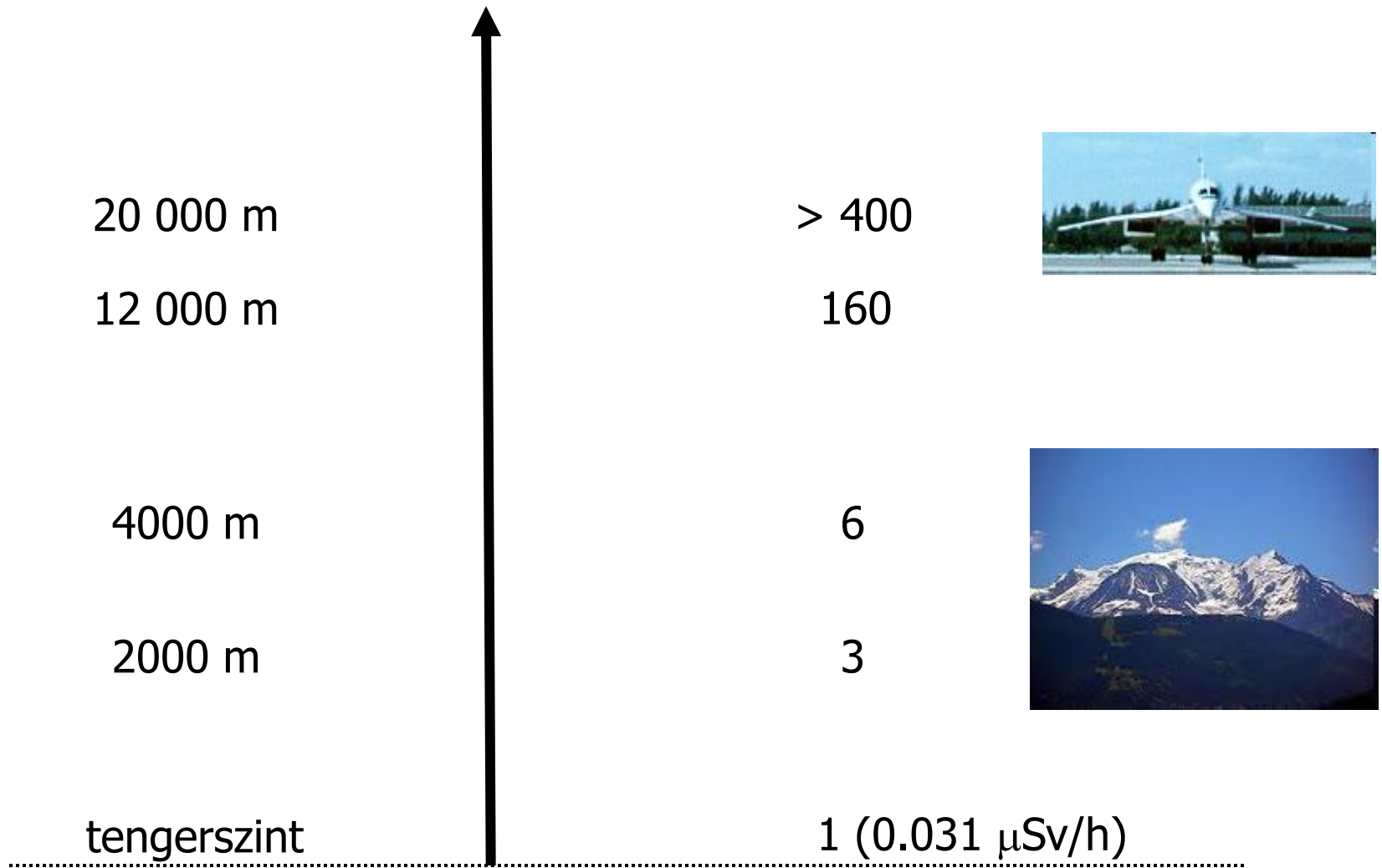
- Kozmikus sugárzás
- Természetes izotópok külső sugárzása
- Belégzése
- Fogyasztása



Átlag: 2.42 mSv/év
M.o: ~3 mSv/év

- tipikus tartomány 1-13 mSv/év
- max. (260 mSv/év)

A kozmikus sugárzás mértéke magasság függő



A primordiális radioaktív izotópok előfordulása változó

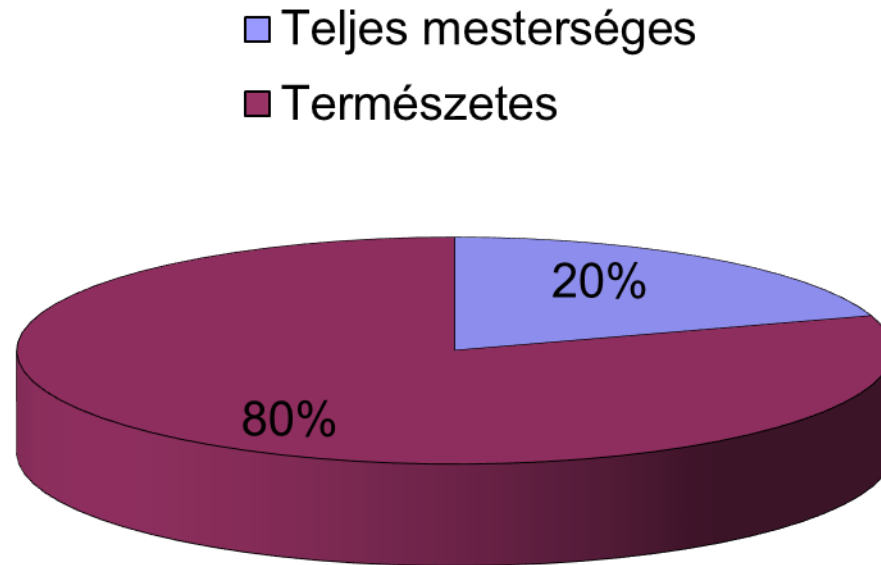
A kőzetekben, talajban, építőanyagban lévő radioaktív anyagok koncentrációja változó a földön

Nagyon magas természetes háttér

	mSv/év
Brazília (Guarapari)	5.5 (35)
Irán (Ramsar)	10.2 (260)
India (Kerala)	3.8 (35)
Kína (Yangjiang)	3.5 (5.4)

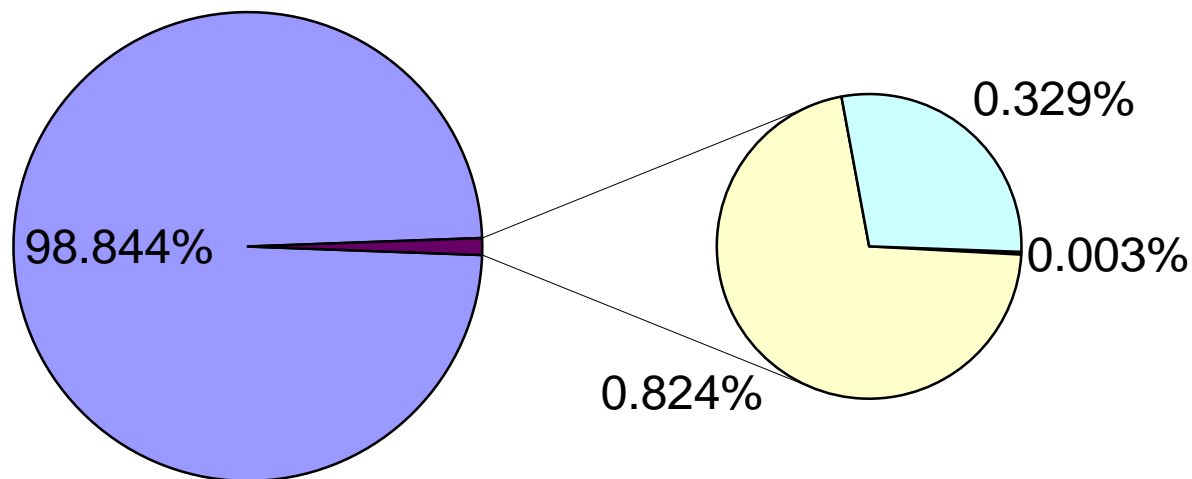


Mesterséges / természetes sugárterhelés - globális hatások



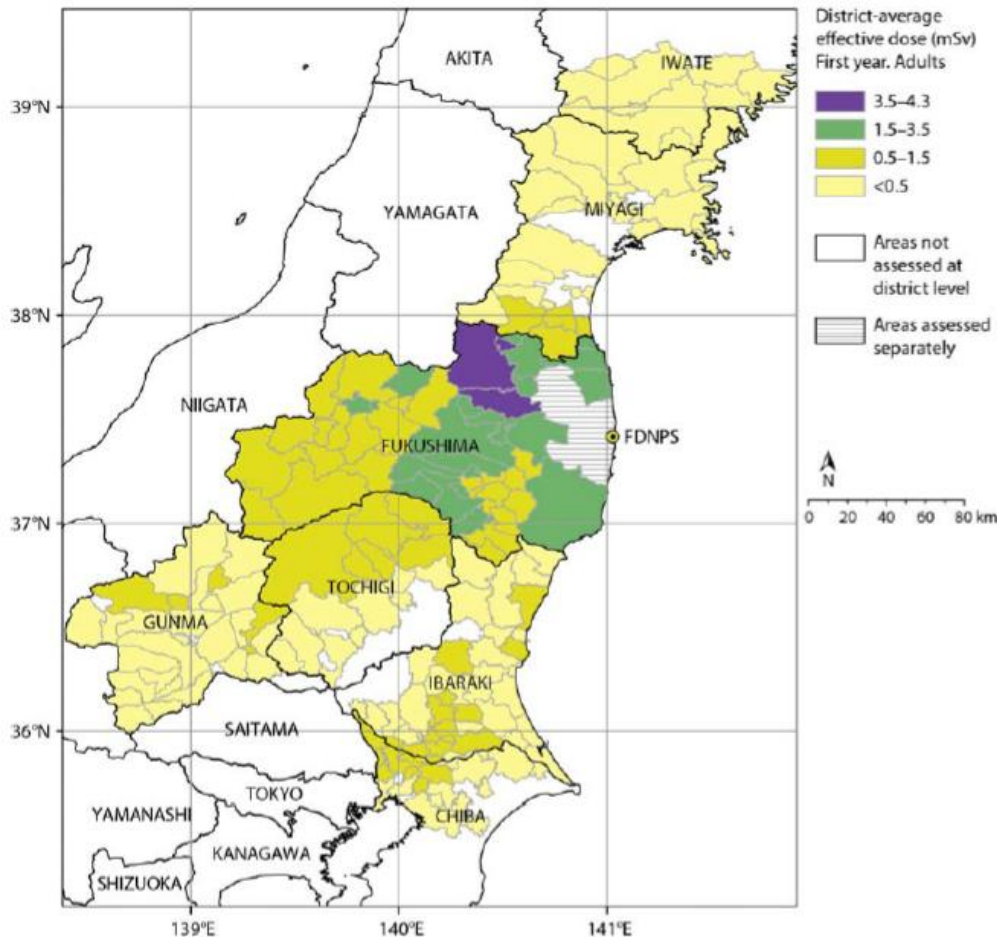
Mesterséges eredetű sugárterhelés globális hatások

- Orvosi diagnosztika
- Atomenergia egyéb alkalmazása
- Atomfegyver kísérletek
- Nukleáris balesetek



Nukleáris balesetek

Regionális hatások



Kitelepítés előtt és közben:

< 10 mSv

Forrás: UNSCEAR 2013 Report - Volume I, ANNEX A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great east-Japan earthquake and tsunami

Forrás	Éves egyéni effektív dózis (mSv)	Tipikus terjedelem	Megjegyzés
Természetes	2,4	1–10	A dózis a magasság és a geológiai környezet függvénye
Orvosi diagnosztika (terápia nélkül)	0,6	0,03–20	Nagyban függ az egészségügyi ellátás színvonalától
Légköri atomfegyver kísérletek globális hatású kibocsátása	0,005	1963-ban: 0,11, azóta csökken	Az egykori tesztek helyén elérheti a néhány mSv-t
Csernobili baleset	Globális hatás: 0,002	1986-ban az északi féltekén: 0,04	~ 300000 likvidátor kapott 150 mSv-t; ~350000 egyén kapott > 10 mSv-t.
Nukleáris üzemanyagciklus	Globális hatás: 0,00002	északi féltekén néhányszorosa	kritikus csoport tagjaira elérheti a 0,02 – 0,04 mSv-t Egyes volt uránbányák környezetében néhány mSv.
Teljes mesterséges	~0,6	0–20	Elsősorban az orvosi sugárterheléstől, az egykori teszt és baleseti helyszínek közelségétől függ

DÓZISKOTLÁTOK

487/2015. (XII.30.) Korm. rendelet

Csoport	Dóziskorlát
Munkavállalók	20 mSv/év effektív dózis Szemlencsére: 20 mSv/év H_T Bőrre (1 cm²), végtagokra: 500 mSv/év H_T
Tanulók, gyakornokok oktatási célból 16-18 év	E = 6mSv/év Szemlencsére: 15 mSv/év H_T Bőrre (1 cm²), végtagokra: 150 mSv/év H_T
Lakosság	E = 1mSv/év Szemlencsére: 15 mSv/év H_T Bőrre (1 cm²), végtagokra: 50 mSv/év H_T

DÓZISKORLÁTOK

Veszélyhelyzeti sugárterhelésre

⇒ 50 mSv effektív dózis

⇒ 100 mSv effektív dózis népesség jelentős sugárterhelésének megakadályozása esetén

⇒ 250 mSv effektív dózis életmentésben résztvevőkre