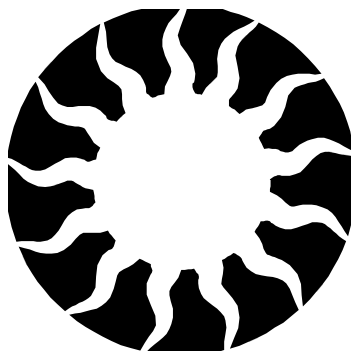


Sugáregészségtani alapismeretek
Ionizáló és nem ionizáló sugárzások

„Sugárözönben élünk”

(sugárforrások az ember környezetében)



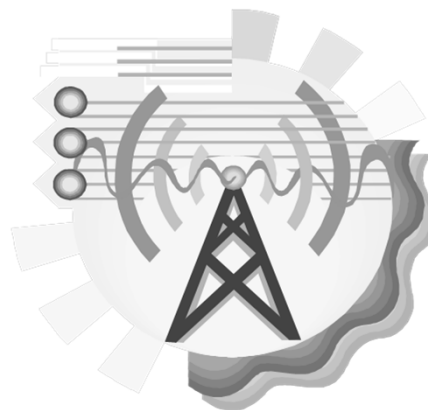
Napsugárzás

^{40}K



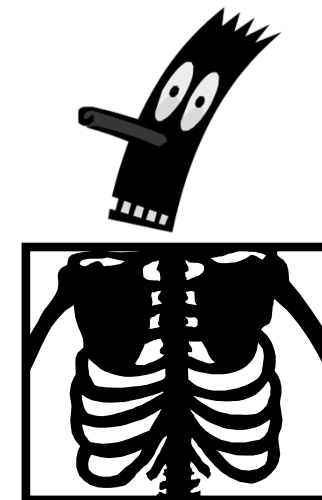
Mobiltelefonok

^{232}Th



Távvezetékek

^3H



Röntgendiagnosztika

^{131}I

^{22}Na

^7Be

^{87}Rb



Számítógép monitorok

^{222}Rn



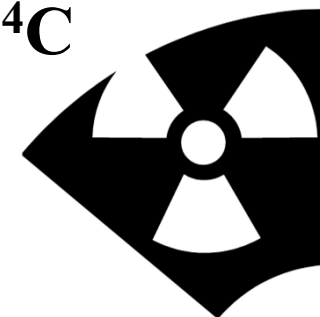
Atomenergia ipar

^{235}U



Földeredetű radioaktivitás

^{14}C



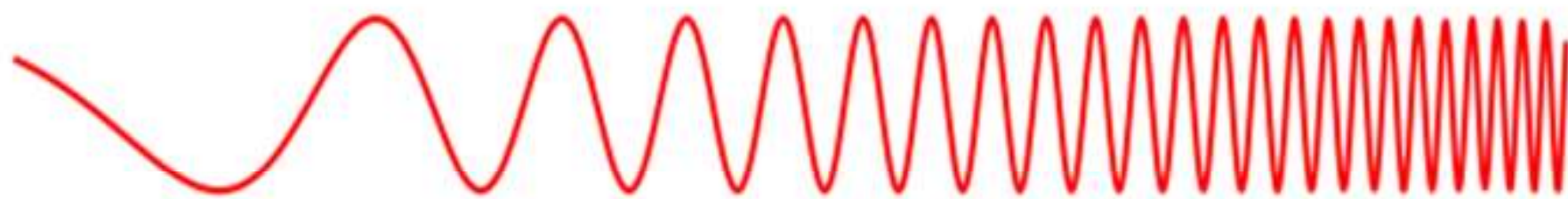
Izotóplaboratóriumok

Idézet: Az MTA Magyar Tudomány folyóiratának „Élet a sugárözönben” című, 2002. évi cikksorozata után

SE Népegészségtani Intézet

Átengedi a Föld légköre?

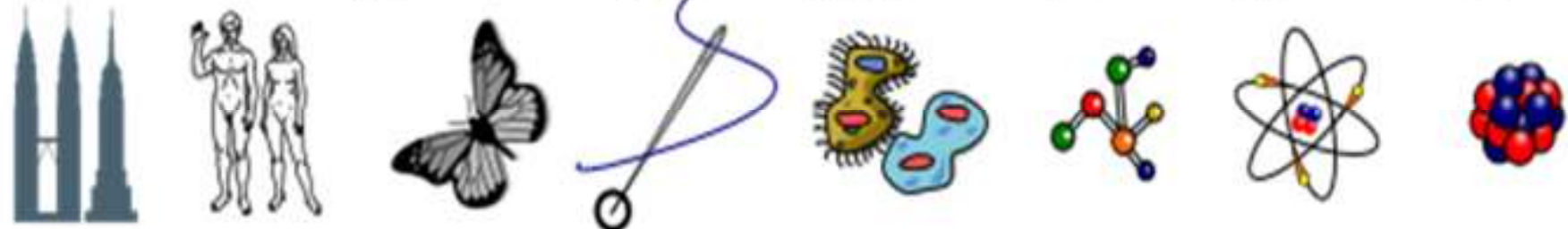
igen nem igen nem



Hullámtartomány
Hullámhossz (m)

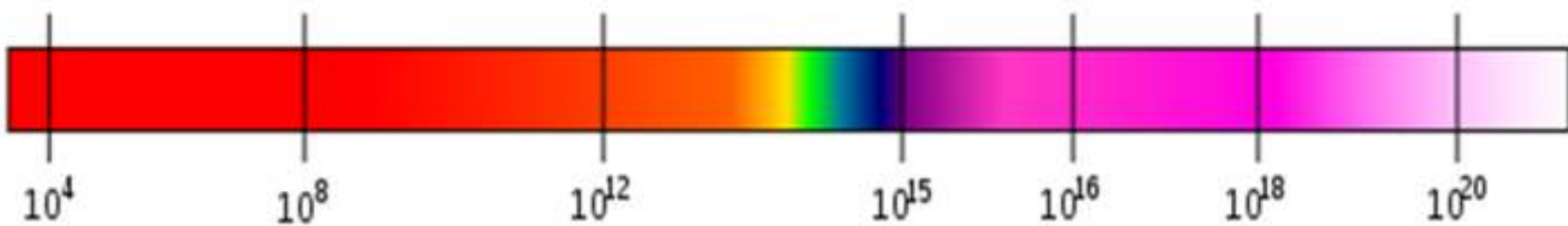
rádióhullám 10^3 **mikrohullám** 10^{-2} **infravörös** 10^{-5} **fény** $0,5 \times 10^{-6}$ **ultraibolya** 10^{-8} **röntgen-** 10^{-10} **gamma-** 10^{-12}

A hullámhossz nagyságrendje

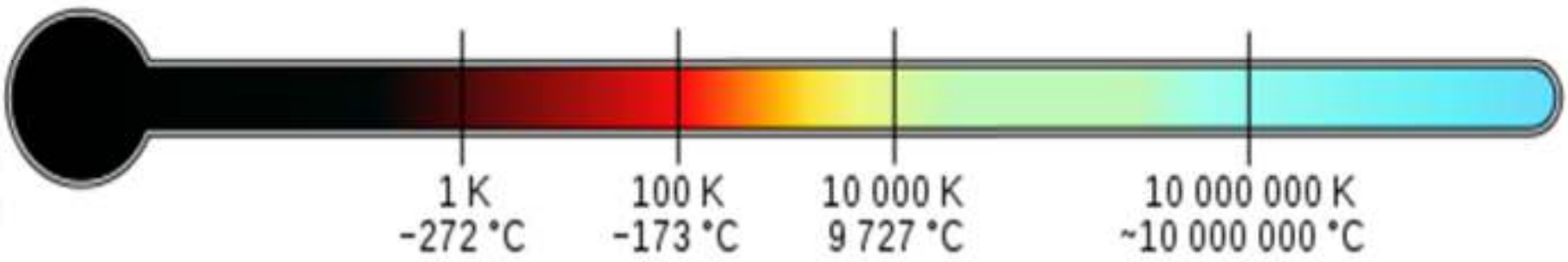


épületek ember pillangó tűhegy egysejtű molekula atom atommag

Frekvencia (Hz)



A tartományban maximális intenzitással sugárzó testek hőmérséklete



A sugáregészségtan célkitűzése

„A sugáregészségtan célja az ionizáló és nemionizáló sugárzások hatásának megismerése az emberi szervezetben annak érdekében, hogy kellő sugárvédelmet lehessen megvalósítani a sugárterheléssel járó hasznos tevékenységek indokolatlan korlátozása nélkül.”

Prof. Dr. Köteles György, Igazgató-főorvos, OKK-OSSKI

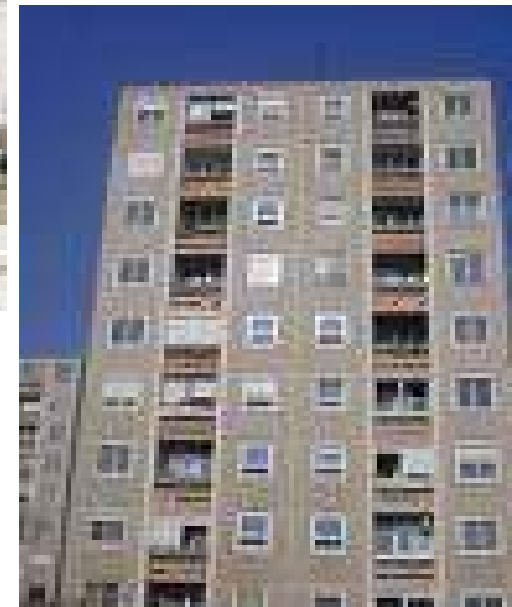
Alapvető feladatok

- Sugárterhelés forrásainak, mértékének megismerése
- A sugárzás és az élő anyag kölcsönhatásainak tanulmányozása
- Az ártalmas hatások elleni védekezés szabályozása, végrehajtása

A Föld népessége a természetes forrásokból (kozmosz és földkérgi sugárzás) évente személyenként átlagosan **2.4 mSv** sugárterhelést kap.

Hazánk lakosságának természetes sugárterhelése mintegy 20 %-kal nagyobb, 3 mSv/év.

Az emberiség létszámából jelentős hányadot képviselő, többnyire a szabadban tartózkodó trópusi népek építőanyagoktól származó sugárterhelése kisebb a világtátlagnál, míg az északi országok lakóinál annak a dupláját is elérheti.



Elnyelt dózis

- Bármely sugárzásra és bármilyen anyagra értelmezhető
- A sugárzás hatására az anyagban elnyelt energia két komponensből származik:
 - a belépő és kilépő sugárzás által szállított energia különbsége (a sugárzásból elnyelt energia)
 - a magreakciók során létrejött részecskéktől átvett energia (jellemzően neutronsugárzás esetén)

Hogyan alakul ki az emberi sugárterhelés?

Hol helyezkedik el a sugárforrás?

- Külső sugárterhelés
- Belső sugárterhelés

Milyen sugárforrás idézi elő?

- Természetes eredetű
- Mesterséges eredetű

Hol helyezkedik el a sugárforrás?

Külső sugárterhelés

- A sugárforrás testen kívül van (pl. röntgenvizsgálat)
- Pontszerű sugárforrás esetén a sugárzás dózisteljesítménye a távolság négyzetével fordítottan arányos
- Kiterjedt forrásnál a csökkenés lassabb

Belső sugárterhelés

- A sugárzó anyag bekerül a szervezetbe, részt vesz az anyagcserefolyamatokban, közben bomlik és a bomlás során keletkező sugárzás közvetlenül az élő sejteket éri
- Pl. nukleáris baleset környezeti hatásai

Sugárzások forrásai, típusai, és az átlagos, éves 1 főre eső expozíció mértéke (világátlag) 2000.-ben a UNSCEAR adatai alapján

<u>Sugárforrás</u>	<u>Típus</u>	<u>Dózis (mSv)</u>	<u>Expozíció relatív mértéke</u>
Természetes			
<i>Külső</i>			
Kozmikus	$p^+, \alpha, n^0, \beta, \gamma..$	0,4	14,25 %
Földkérgi	$\gamma...$	0,5	17,81 %
<i>Belső</i>			
inhaláció	$\alpha...$	1,2	42,75 %
lenyelés	$\alpha...$	0,3	10,69 %
Mesterséges			
Orvosi diagnosztika	rtg (X)...	0,4*(1,3!)	14,25 % *(~35 %!)
Nukleáris kísérletek	$\alpha, \beta, \gamma...$	0,005	0,18 %
Csernobil	$\alpha, \beta, \gamma...$	0,002	0,07 %
Atomenergia-ipar	$\alpha, \beta, \gamma...$	0,0002	0,01 %
Összesen		2,8072	100,00 %

*nagyobb rtg. vizsgálati gyakoriság / fő (pl. Magyarországon)

Forrás: UNSCEAR 2000 Report. URL: <http://www.unscear.org>

SE Népegészségtani Intézet

Különböző foglalkozási sugárexpozíciók

Foglalkozás	Átlagos, éves effektív dózis az 1991-1994. között monitorozott dolgozóknban (mSv)
Atomipar	
Uránbányászat	4,5
Atomreaktor-üzemeltetés	1,4
<u>Egészségügy</u>	
Röntgendiagnosztika	0,5
Fogászati röntgen	0,06
Izotópdiaagnosztika	0,79
Sugárterápia	0,55
Egyéb	
Izotóp-előállítás	1,93
Szénbányászat	0,7
Légiforgalom	3,0

Forrás: UNSCEAR 2000 Report – Annex E. URL: <http://www.unscear.org>

Akut sugárbetegség

- Szomatikus, korai, determinisztikus
- 1-2 Gy egésztest besugárzás esetén gyenge
- 2-5 Gy egésztest besugárzás esetén súlyos, de van esély a túlélésre
- 6-10 Gy egésztest besugárzás esetén a túlélésre alig van esély
- 10 Gy fölött: a túlélésre nincs reális esély

A sugárbetegség fázisai

I. Bevezető (prodromális) szakasz: gastrointestinális és központi idegrendszeri tünetek (anorexia, hányinger, hányás, hasmenés, bélgörcsök, fáradtság, láz, légzési nehézség, fejfájás)

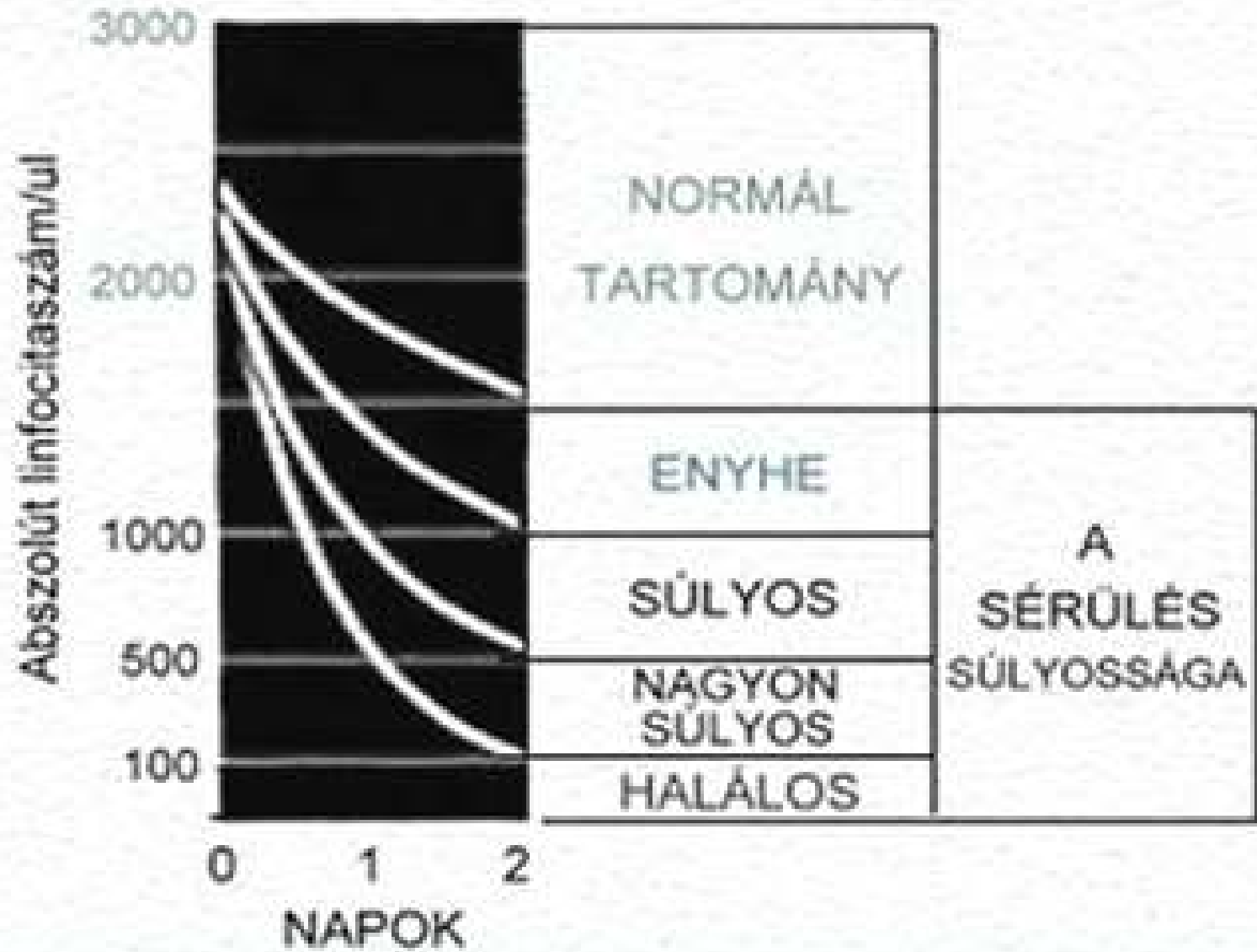
II. Lappangási (latencia) szakasz: a beteg viszonylag jól, esetenként munkaképesnek érzi magát. Hossza a kapott dózissal fordítottan arányos.

III. Kritikus szakasz: fáradtság, gyengeség, hajhullás, láz, hasmenés, bélelzáródás, coma, shock. A vérképzés károsodik (alakos elemek száma csökken).

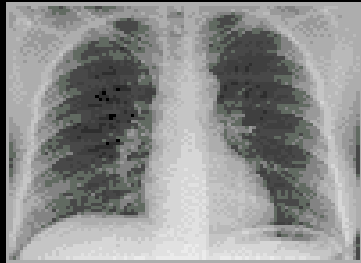
IV. Lábadozási (rekonvalescens) szakasz: a felépülés prognózisa 600 cGy-ig jó, felette szepszis → halál

Korai diagnosztikai módszerek a sugárexpozíció kimutatására

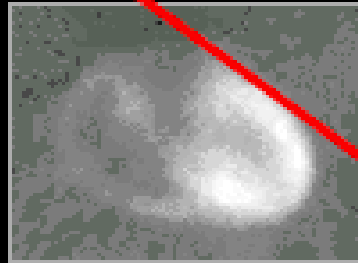
1. Klinikai tünetek [dózistól függően már első néhány órában]
 - hányinger, hányás, gyengeség, fejfájás, hasmenés
2. Termográfia [károsodott területek hőmérséklete 3-4°C-kal megnő]
3. Hematológiai tünetek [első 1-2 napban már észlelhetőek]
 - lymphocyta szám↓, granulocyta szám kezdeti emelkedés majd↓, thrombocyta szám↓
4. Genetikai/cytogenetikai vizsgálatok
 - dicentrikus kromoszómaaberráció-gyakoriság, mikronukleusz gyakoriság, X kromoszóma pontmutációinak vizsgálata
5. Biokémiai változások
 - Fehérje-, és nukleinsav bomlástermékek (taurin, cisztein, kreatin), valamint szövetkárosodást jelző enzimek (GOT, CPK, amiláz)



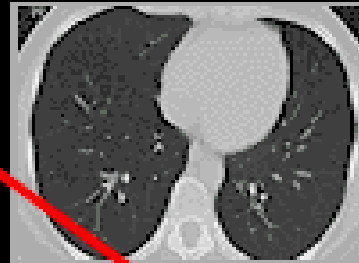
IONIZING MODALITIES



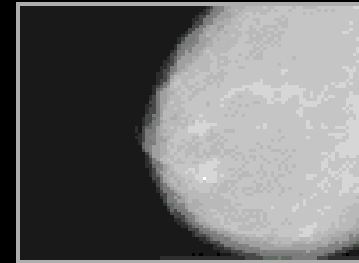
X-ray



Scintigraphy



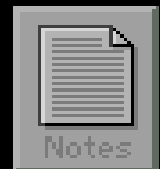
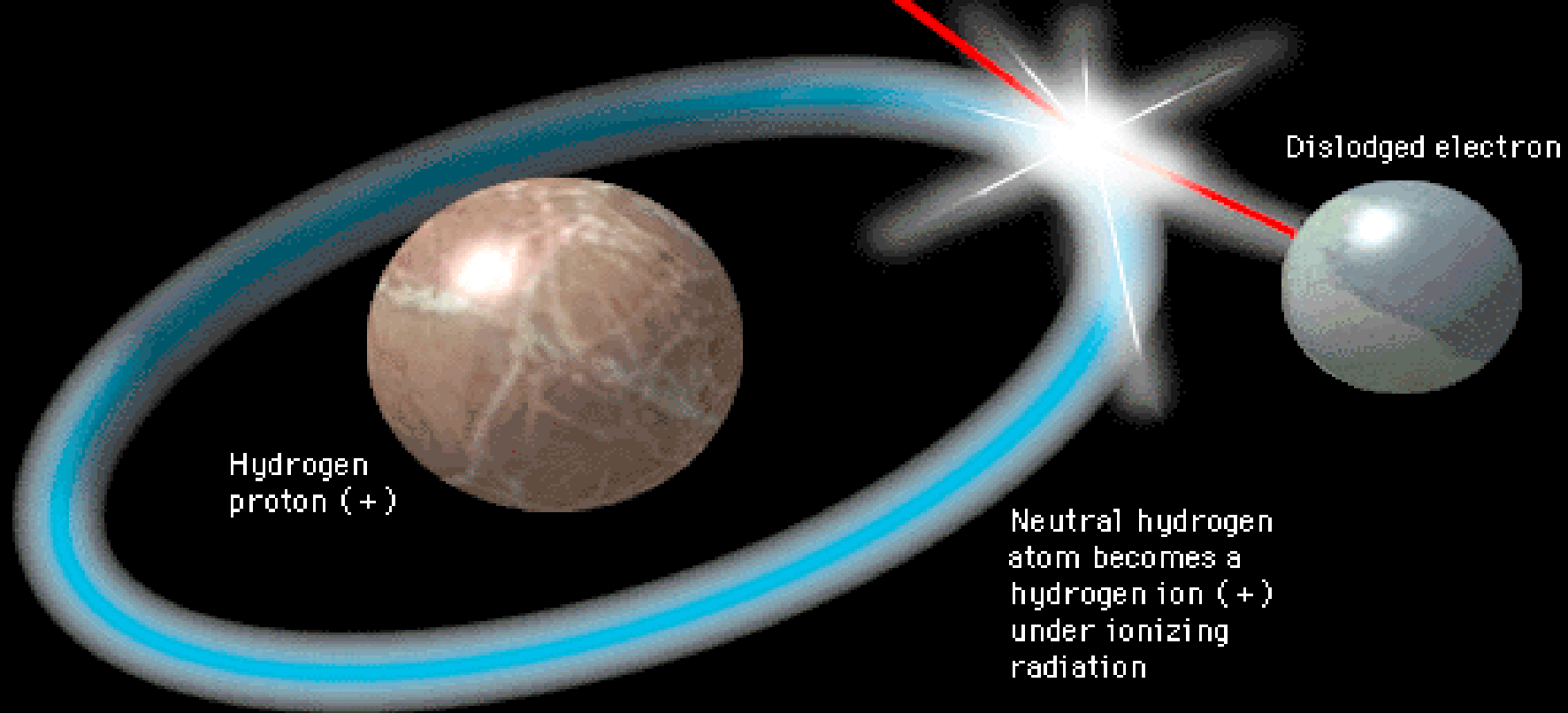
Computed tomography



Mammography



Angiography



Ionizáló sugárzás



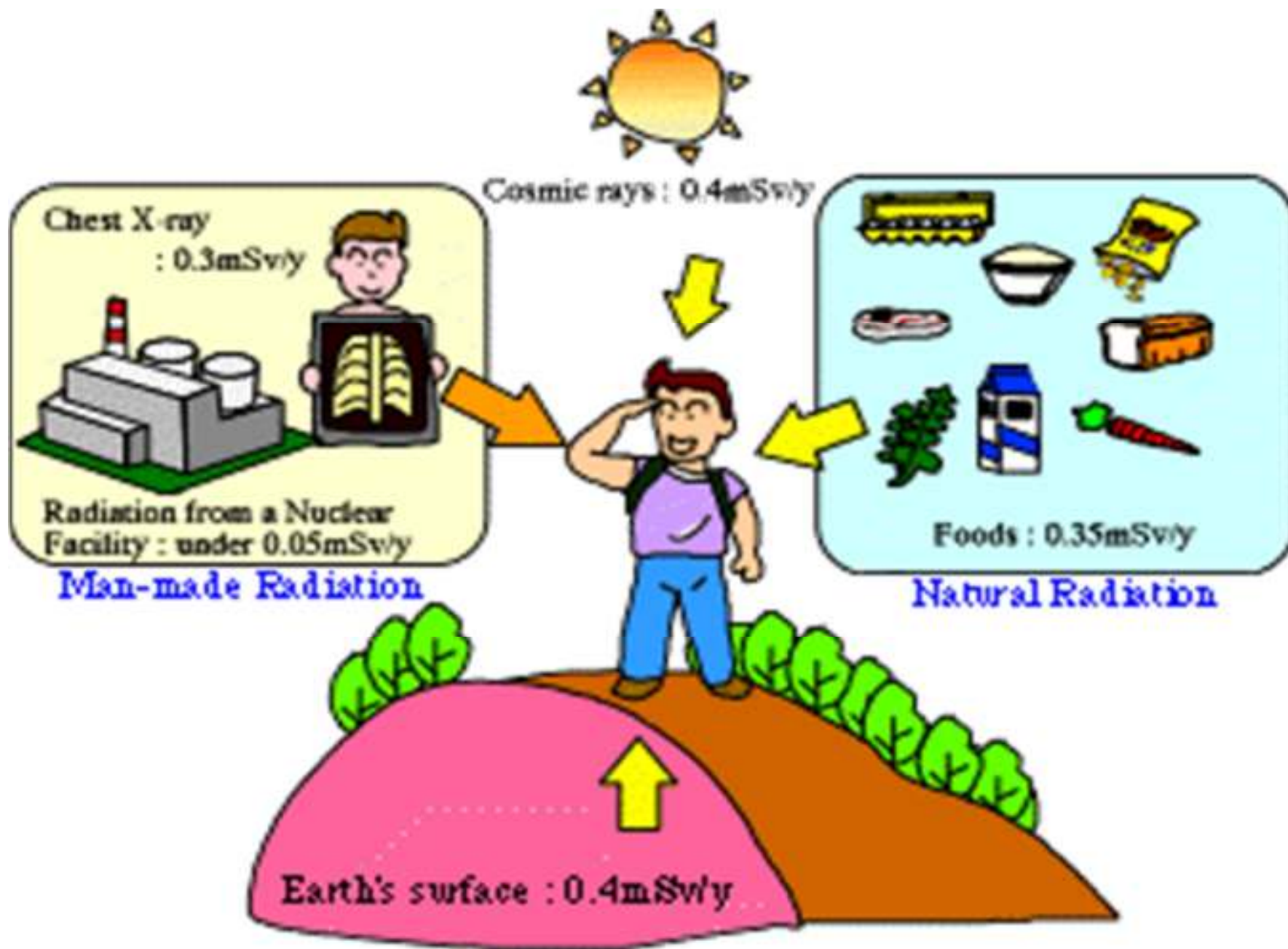
Rolf Maximilian Sievert (1896-1966) svéd orvos-fizikus. A radioaktív sugárdózis mérésének és a sugárvédelem kutatásának úttörője.

Tiszteletére fogadták el 1979-ben nemzetközileg a "**sievert**"-et (**Sv**) az egységnyi ionizációs sugárzás mértékegységéként.

A sievert része a SI-egységek rendszerének. **1 Sv = 1 J/kg**

1 Sv az a dózis, amely biológiai hatásosság szempontjából **1 Gy (egy gray)** gamma-dózissal egyenértékű

(**1 Gy** az a sugárdózis, amelyet 1 kg tömegű anyag elnyel, ha vele állandó intenzitású sugárzás útján 1 Joule energiát közlünk).



Az ionizáló sugárzás természetes és mesterséges forrásai

Alfa sugárzás

Igen rövid hatótávolságú (levegőben néhány cm-ig eljutó), erősen ionizáló sugárzás. Tulajdonképp **nagy sebességgel repülő hélium atommagok árama.**

Béta-sugárzás

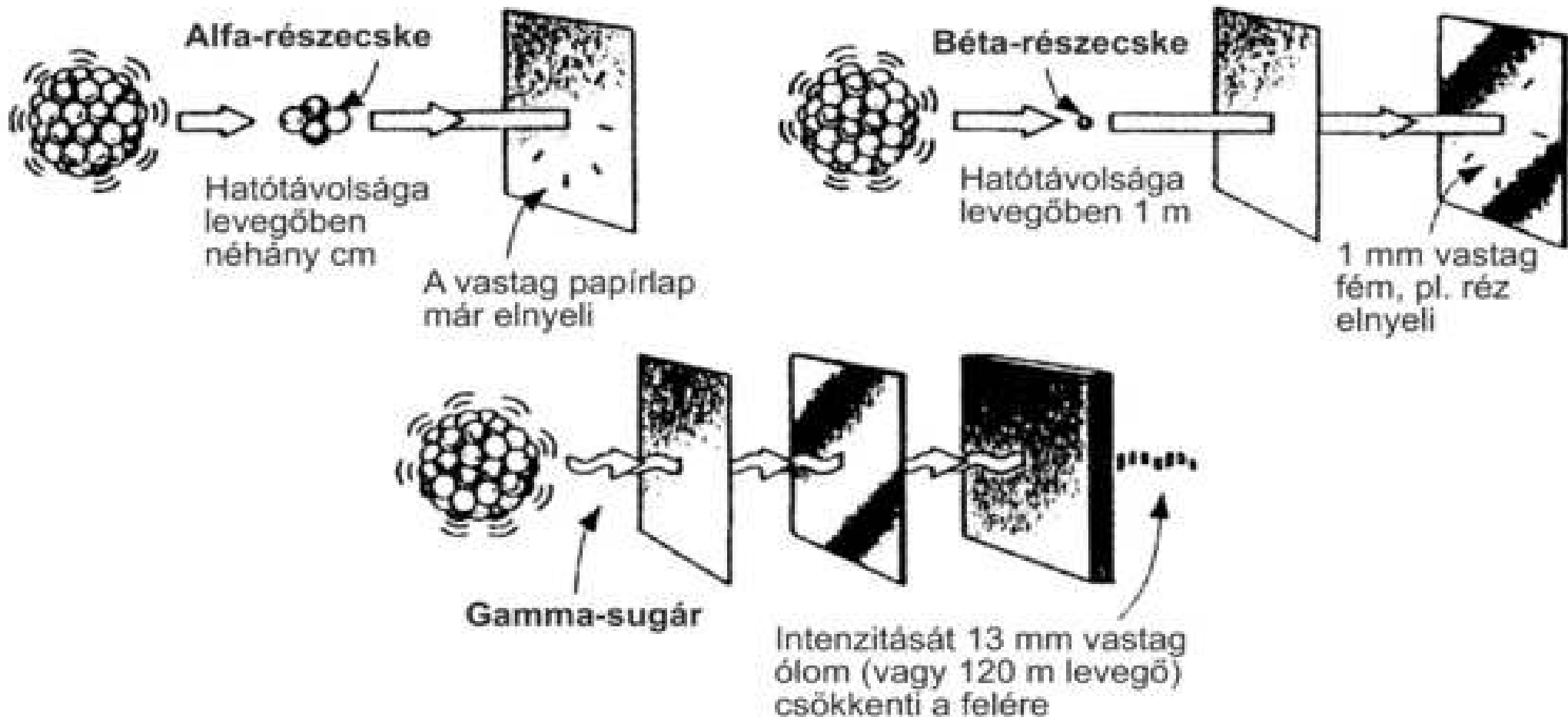
Elég rövid (de az alfa sugárzásénál nagyobb) hatótávolságú sugárzás, nagy sebességgel repülő elektronokból áll.

Gamma- sugárzás

Elektromágneses sugárzás. Míg a röntgensugárzás az atom elektronhéjában lejátszódó folyamatok eredménye, **a gamma-sugárzás az atommagban bekövetkező, ezért nagyobb energiájú folyamatokból származik.** A gamma-sugár kibocsátása egy atommag gerjesztett állapotból alacsonyabb energiaállapotba kerülésének eredménye.

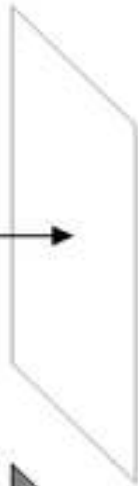
Röntgen-sugárzás

olyan nagy áthatoló képességű elektromágneses sugárzás, amely **az atom elektronhéjának belső részében zajló folyamatokból származik** és sokkal rövidebb hullámhosszú (azaz nagyobb energiájú), mint a látható fény, amely az elektronhéj legkülső rétegeiben lejátszódó folyamatok terméke.



Különböző ionizáló sugárzástípusok áthatóképesége külső sugárforrás esetén

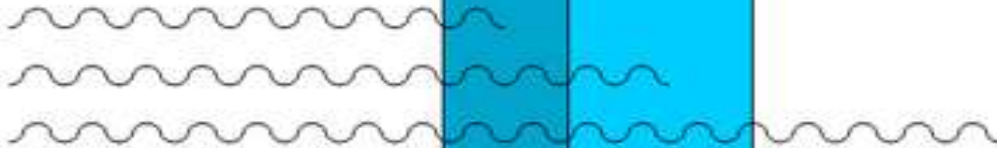
α



β



γ



Ionizáló sugárzások sugárvédelmi dozimetriája

Mekkora **sugárzás**?

Radioaktivitás \rightarrow radioaktív bomlás/sec = Becquerel (Bq)

Mekkora **sugárterhelés**?

Elnyelt dózis ($D_{T,R}$) \rightarrow J/kg = Gray (Gy)

Milyen típusú sugárzással?

Dózisegyenérték (H_T) = $\sum D_{T,R} \cdot w_R \rightarrow$ J/kg \cdot c = Sievert (Sv)

Mekkora **biológiai hatással**?

Effektív dózis (E) = $\sum w_T \cdot H_T \rightarrow$ Sievert (Sv)

Mekkora **populációs hatással**?

Kollektív effektív dózis (S) = $\sum E_i \cdot N_i \rightarrow$ Személy-Sievert

Becquerel (Bq)

Az aktivitás egységének neve. Egy becquerel egyenlő az egy másodperc alatt végbement egy magátalakulással:

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$$



Becquerel 1896-ban felfedezte az urán sóinak radioaktivitását.

Elnyelt dózis (D): az a sugárdózis, amelyet **1 kg tömegű anyag** nyel el, ha vele - állandó intenzitású sugárzás útján - **1 Joule energiát** közölnek.

Az elnyelt dózis egysége a gray: Gy,

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg.}$$

Dózisegyenérték (H): a **sugárzás minőségi tényezőjével súlyozott** elnyelt dózis.

Az egyes ionizáló sugárzások **eltérő ionizációs képességük miatt** ugyanis **eltérő biológiai hatást** hoznak létre, ezért a **kvalitás faktort (Q)** is tekintetbe kell venni.

$$H = D \times Q$$

A dózisegyenérték (H) egysége a sievert.

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J} / \text{kg}$$

Q röntgensugárzásnál, gammasugárzásnál 1,
elektronoknál 1 és 1,7 között,
lassú neutronoknál 3 és 5 között,
gyors neutronoknál és protonoknál 2 körüli,
alfasugárzásnál, nehéz magok, hasadványok esetén 20 körüli

Effektív dózis (E): az egyes **szövetek, szervek eltérő sugárérzékenységét is** tekintetbe veszi szöveti súlyozó tényezőkkel.

$E = \sum H_T \times W_T$, ahol

H_T = a szerv vagy szövet sugárterhelésének átlagos dózisegyenértéke,

W_T = a szerv vagy szövet súlyozó tényezője

Ionizáló sugárexpozíció sugárzási és szöveti súlyzóteényezői

Sugárzás típusa	Energiatartomány	Sugárzási súlyteényező (w_R)
Fotonok, elektronok, müonok	teljes energia-tartomány	1
Neutronok	<10 keV, >20 MeV	5
Protonok	>2 MeV	
Neutronok	10-100 keV, >2-20 MeV	10
Neutronok	>0,1-2 MeV	20
Alfa-részecskék, hasadási töredékek, nehéz magok	teljes energia-tartomány	

Szövet vagy szerv	Szöveti súlyteényező (w_T)
Ivarszervek	0,2
Csontvelő	0,12
Vastagbél	0,12
Tüdő	0,12
Gyomor	0,12
Hólyag	0,05
Emlő	0,05

Szövet vagy szerv	Szöveti súlyteényező (w_T)
Máj	0,05
Nyelőcső	0,05
Pajzsmirigy	0,05
Bőr	0,01
Csontfelszín	0,01
Egyéb	0,05

Kollektív effektív dózis (S): a lakosság vagy más csoportok besugárzása során kapott összdózis, amely az adott forrásból származó sugárzásnak kitett személyek számának és az általuk kapott átlagos dózisnak a szorzata.

A kollektív dózis mértékegysége a személy x sievert (személy x Sv).

$$S = \sum E_i \cdot N_i$$

Kérdés (példaként): mivel a Föld lakossága jelenleg 7 milliárd és természetes forrásokból az emberiség minden tagját évente átlagosan 2.4 mSv ionizáló sugárterhelés éri, mennyi a kollektív effektív dózisérték?

Ionizáló részecske v. foton



Indirekt sugárhatás



Direkt sugárhatás



FIZIKAI
FÁZIS

10^{-18} - 10^{-16}
sec.

KÉMIAI
FÁZIS

10^{-16} - 1
sec.

BIOL.
FÁZIS

sec. - évek

H - kötések felbomlása
Peroxidáció (lipidek)
Keresztkötések (intra- és intermolekuláris)
Molekula-fragmentáció

Biokémiai folyamatok zavara

Biológiai hatások
(sejttranszformáció, apoptózis, mitótikus, ill.
interfázisú sejthalál)

Determinisztikus

Sztokhasztikus

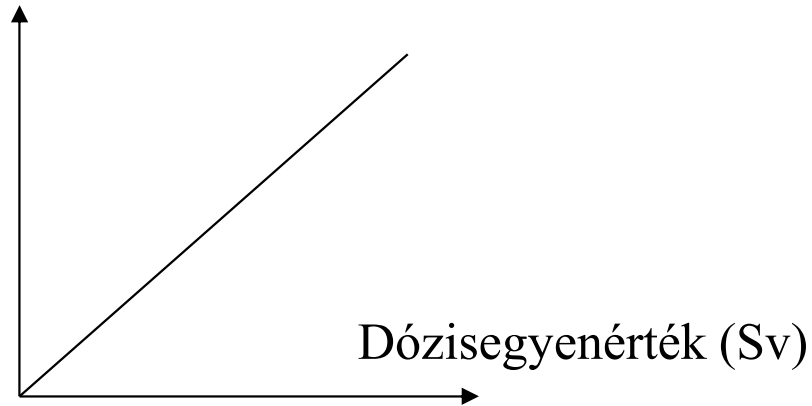
	Determinisztikus	Sztokhasztikus
Akut	Lokális sugársérülés Akut sugárbetegség (ASB)	—————
Késői	Katarakta Növ. és fejl. retardáció Aspec. élettartam csökk.	Roszzindulatú daganatok Genetikai ártalom

Ionizáló sugárzások biológiai hatásai

Hatások jellege	Akut	Krónikus
Determinisztikus <i>(nagyobb dózisok)</i>	lokális sugársérülés akut sugárbetegség	katarakta, sugár-dermatitis, teratológiai hatások
Sztochasztikus <i>(kis és nagy dózisok)</i>	-	rosszindulatú daganatok genetikai (öröklődő) ártalom

Ionizáló sugárzások biológiai hatásai

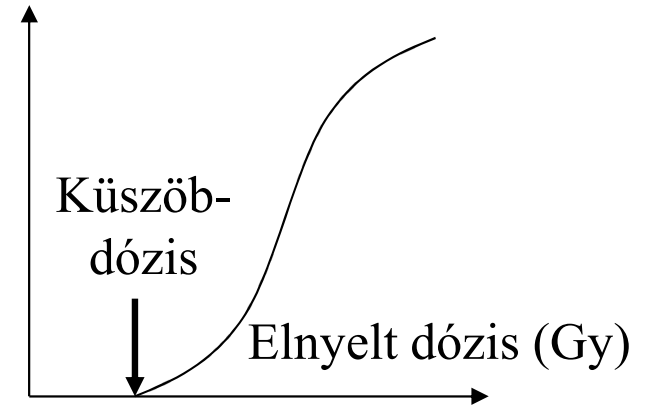
**Károsodás
valószínűsége**



Sztochasztikus sugárhatás

**rosszindulatú daganatok,
genetikai (öröklődő) ártalom**

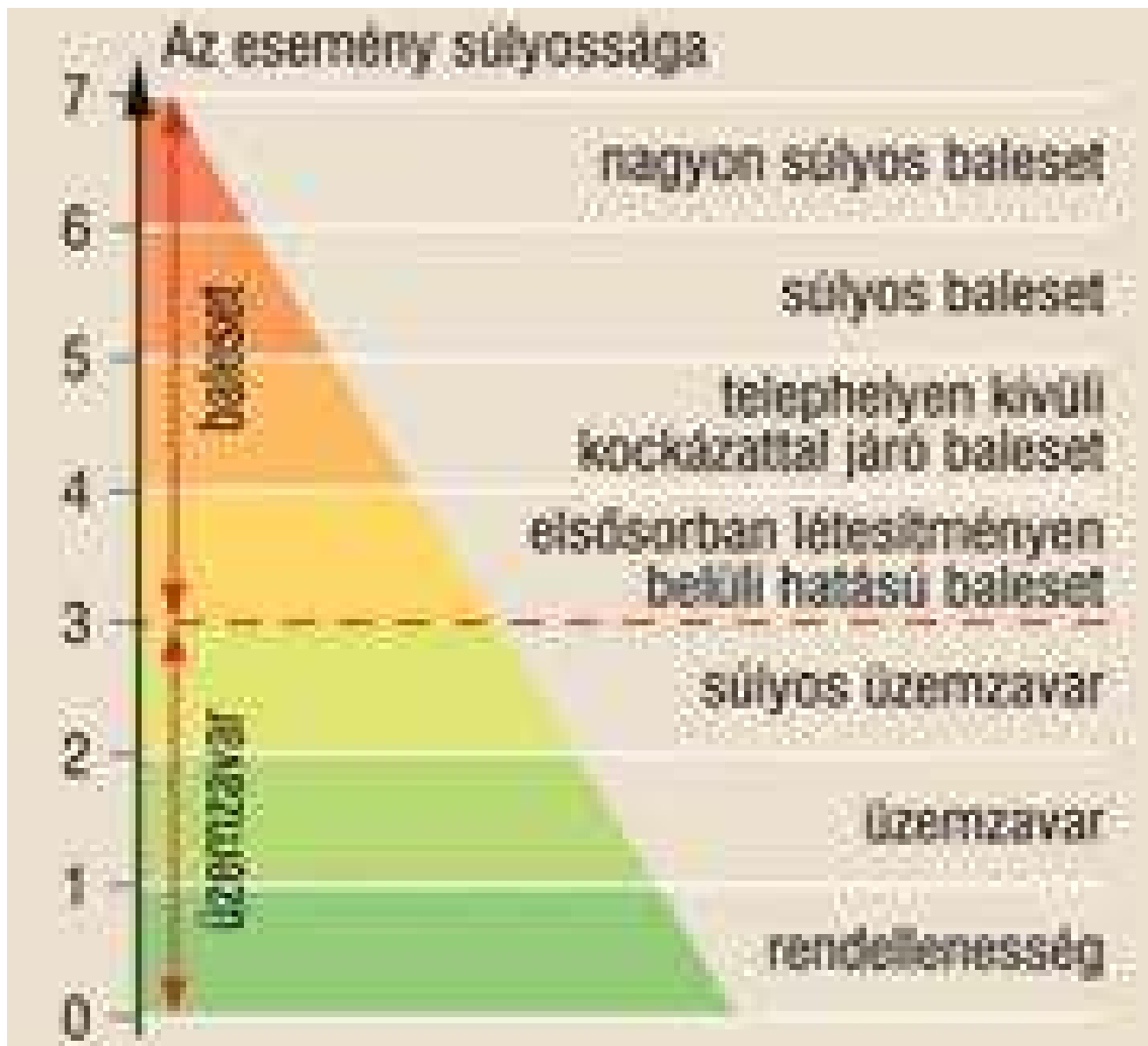
**Károsodás
súlyossága**



Determinisztikus sugárhatás

**lokális sugársérülés,
akut sugárbetegség,
katarakta,
sugár-dermatitis,
teratológiai hatások**

Ionizáló sugaras balesetnél a **tünetek az expozíció után nem azonnal, hanem később** (a dózistól függően órák, napok, hetek, esetenként hónapok vagy évek) után jelentkeznek, ezért **heveny rosszullét észlelése más kórok együttes vagy kizárólagos** hatására utal.



A Nemzetközi Nukleáris Eseményskála

A 2011. évi fukusimai atomerőmű balesetet a hetedik fokozatba sorolták.



Pripjatj városka

Csernobil, atomreaktor

Az atomreaktor baleset miatt 134 főnél alakult ki akut sugárbetegség, ezek közül 28 fő három hónapon belül meghalt (agranulocytózis és súlyos bőregések!), további 18 halála 18 év alatt következett be, de közülük csak 4 esetében állapították meg összefüggést a reaktorbalesettel, így **32 fő halt meg közvetlenül a baleset miatt.**

Nemzetközi szakértő bizottság szerint az áttelepítettek körében az elkövetkező 70 évben a **daganatos betegségek gyakorisága** 0.6 %-kal, Oroszország európai részén, illetve Belorussziában és Ukrajnában pedig 0.03-0.15 %-kal emelkedik.

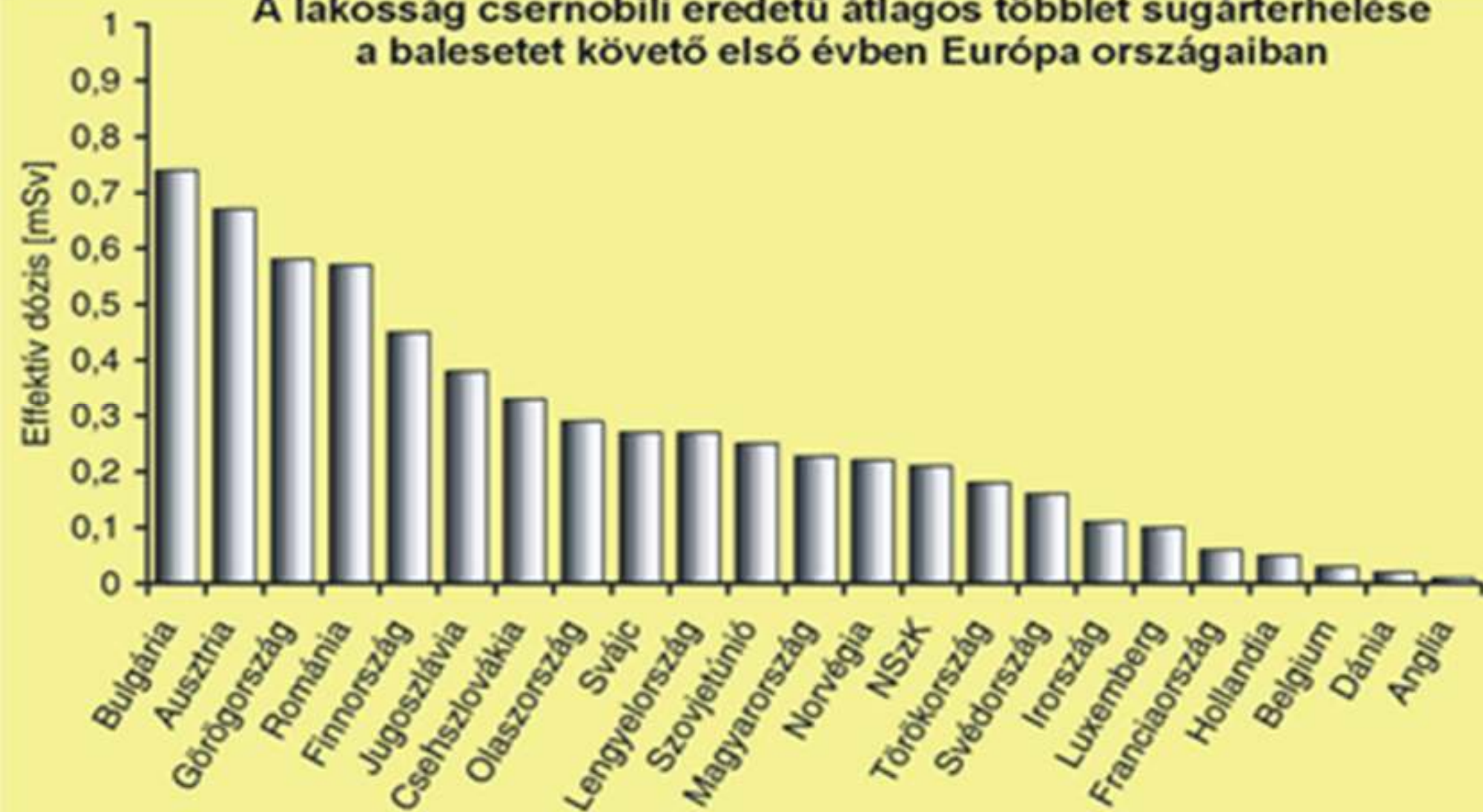
A balesetből eredő sugárterhelés két fő összetevője a radioaktív jódizotópok pajzsmirigyben való felhalmozódása miatti belső sugárterhelés, és a -- főleg a cézium által okozott -- külső sugárterhelés.

A sugárzásnak kitett lakosság a kapott dózis szerint négy csoportba osztható:

1. az erőmű dolgozói, a tűzoltók és a likvidátorok,
2. az evakuált (30 km-es) zóna lakosai,
3. a volt Szovjetunió szennyezett területein élők,
4. és a volt Szovjetunión kívül élő népesség.

A baleset utáni egy év során kapott egésztest-dózis Európában 0.05-0.5 mSv, Ázsiában 0.005-0.1 mSv, Észak-Amerikában 0.001 mSv volt.

A lakosság csernobili eredetű átlagos többlet sugárterhelése a balesetet követő első évben Európa országaiban

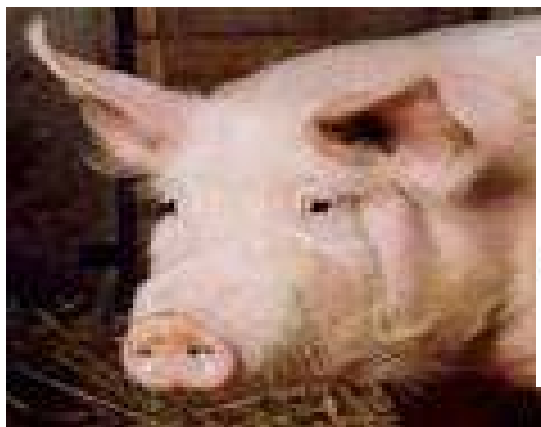


Az 1986. évi csernobili reaktorbaleset magyarországi hatása

1.) ^{131}J \longrightarrow a radiojód inkorporáció alacsony értékei mellett pajzsmirigy károsodás nem volt várható,

2.) ^{137}Cs \longrightarrow a lakosság által fogyasztott hal- és húsfélésekben megemelkedett tartalma mellett is az „éves felvételi korlát” eléréséhez egy éven át több ezer kilogrammot kellett volna elfogyasztani,

3.) 1990-92-ben a hazai népesség mesterséges eredetű környezeti sugárterhelése évente mindössze 0.02 mSv-tett ki.



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 **veleszületett rendellenességek gyakorisága** sem emelkedett a csernobili baleset következtében.

Jelenlegi tudásunk szerint tehát Magyarországon nem mutatható ki a csernobili atomerőmű baleset káros egészségügyi hatása.



Az **Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálat** szakemberei megvizsgálták az érintett települések, elsősorban Kolontár és Devecser sugárzási viszonyait. **A kiömlött vörösiszap nem volt radioaktív.** a helyszínen begyűjtött talajminták ún. aktivitás-koncentrációja a talajok természetes értékeihez közeliek voltak.

Az 1-4 reaktorokból nagy mennyiségű radioaktív anyag került ki a környezetbe az erőmű több tíz kilométeres környezetének szennyezését okozva. Ezért utóbb, a Nemzetközi Nukleáris Eseményskála szerinti legsúlyosabb, 7-es fokozatba (nagyon súlyos baleset) sorolták be.



Japán atomerőművei és a 2011-es földrengés helye

Fukusimai atomerőmű-baleset 2011. március 11-én a **tóhokui földrengés** és az azt követő **szökőár** után

Az 1-4 reaktorokból nagy mennyiségű radioaktív anyag került ki a környezetbe az erőmű több tíz kilométeres környezetének szennyezését okozva.

Emberi mulasztások is közrejátszottak:

- 1.) az atomerőmű **hat reaktorából három karbantartás miatt nem működött**, a másik három aktivitása pedig a földrengéskor leállt,
- 2.) a fűtőelemekben a nukleáris láncreakció leállítása után is jelentős mennyiségű hő termelődik, ezért hűtést igényelnek, de utóbbihoz elektromos áram kell, **a vészhelyzetre beépített aggregátorok áramot** rövid ideig tudtak biztosítani,
- 3.) az **erőmű tengeri gátjai nem voltak elég magasak (5.7 m, a szökőár ennél kétszer magasabb volt).**

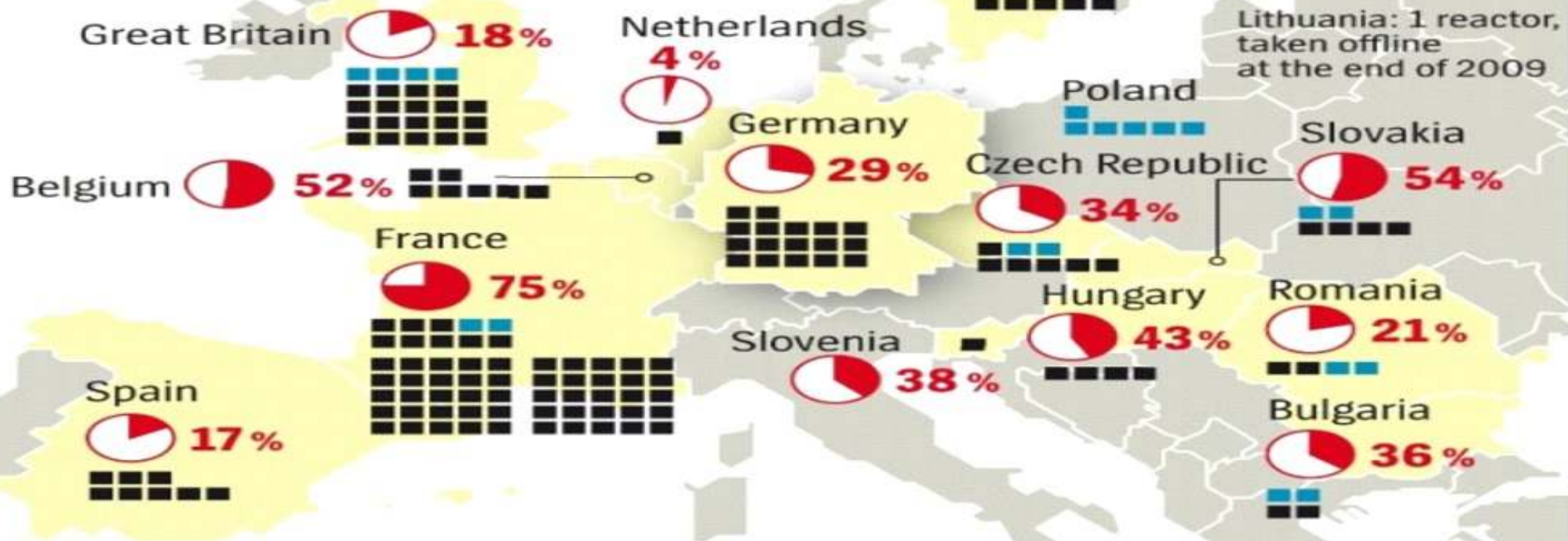
A reaktorok leolvadtak.



Europe's Nuclear Union

Nuclear power's share of energy production in EU countries, 2009

- Reactors in operation **Total: 143**
- Under construction or planned **Total: 21**



Sources: World Nuclear Association, IAEA; As of April 2011

Atomerőművek Európában és százalékos részesedésük az energiaszolgáltatásban (utóbbi piros színnel)

Sugársérültek vagy az arra gyanús személyek ellátása

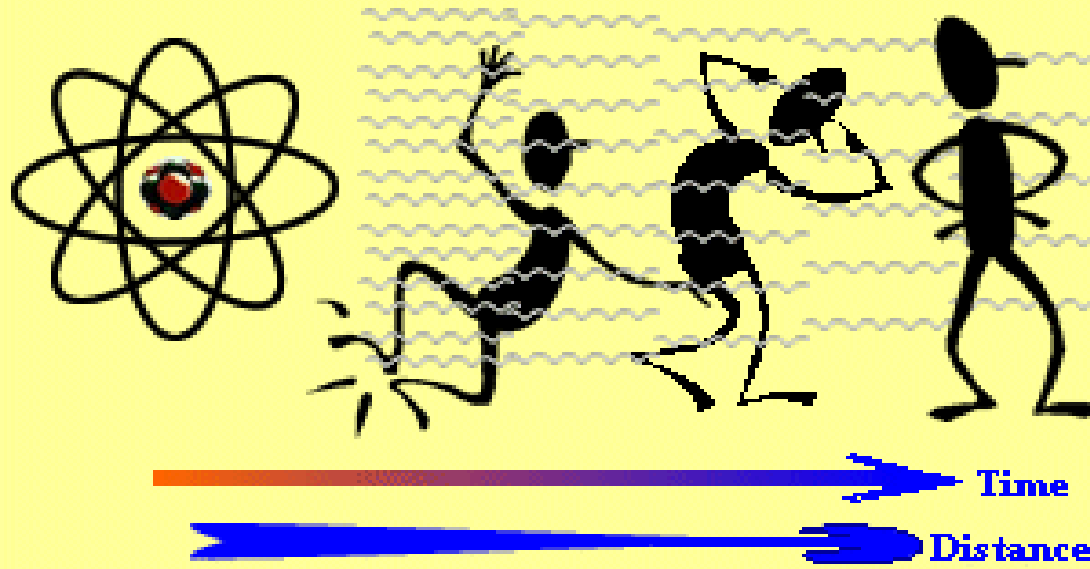
- Azt a személyt, aki 250 mSv effektív dózist meghaladó sugárterhelést kapott, illetőleg, ha ennek gyanúja fennáll, soron kívüli orvosi vizsgálatnak kell alávetni, szükség esetén kezelésbe kell részesíteni.
- 12 kijelölt intézmény van, ha ezekben az ellátás szakmailag nem biztosítható, a további speciális ellátást az Országos Onkológiai Intézet, ill. az Országos Haematológiai és Immunológiai Intézet végzi az OSSKI szakmai közreműködésével (16/2000 EüM. Rendelet 28. §).

Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (1)

- csak akkor alkalmazandó ionizáló sugárzás, ha más módon nem érhető el a cél
- törekedni kell a legkisebb dózusra
- az ionizáló sugárzással végzett munka előzetesen inaktív anyagon begyakorolandó

Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (3)

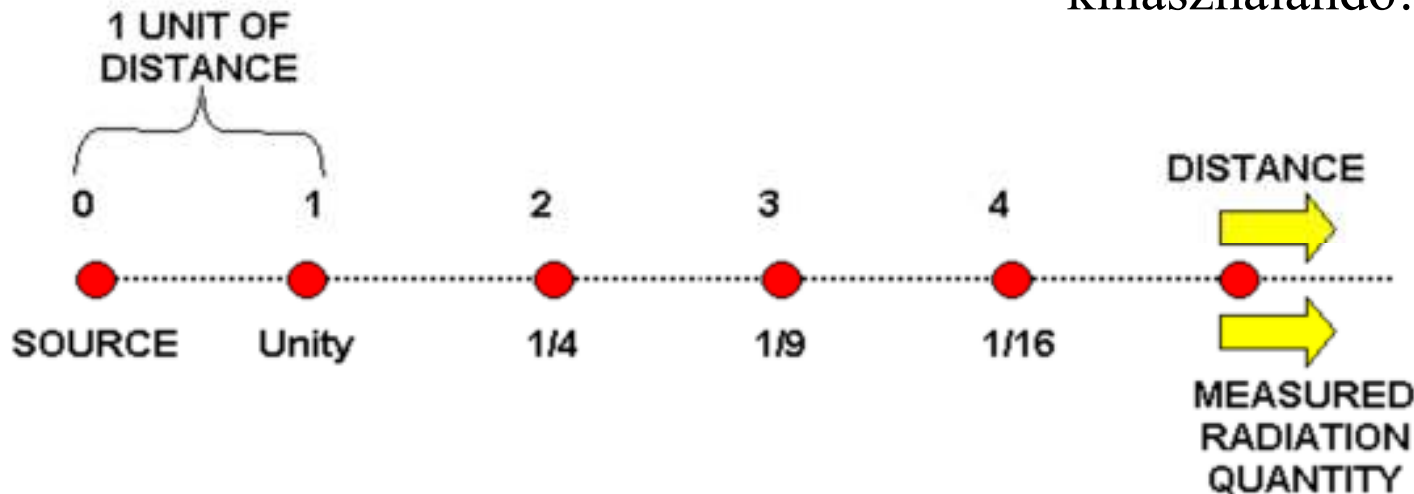
Time and distance



Idő és távolság felhasználása a kapott dózis csökkentésére.

Lent: az ionizáló sugárzás forrásától az **1 egységnyi távolság többszöröse** miként befolyásolja a kapott dózist?

(Ez a munkaeszközök hosszánál is kihasználható!)



Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (4)



A levegőt folyamatosan monitorozó állomás egy japán erőmű körzetében



Személyek, szállítmányok, élelmiszerek és ivóvíz monitorozása Hong Kong-ban egy nukleáris erőmű 20 km-es körzetében

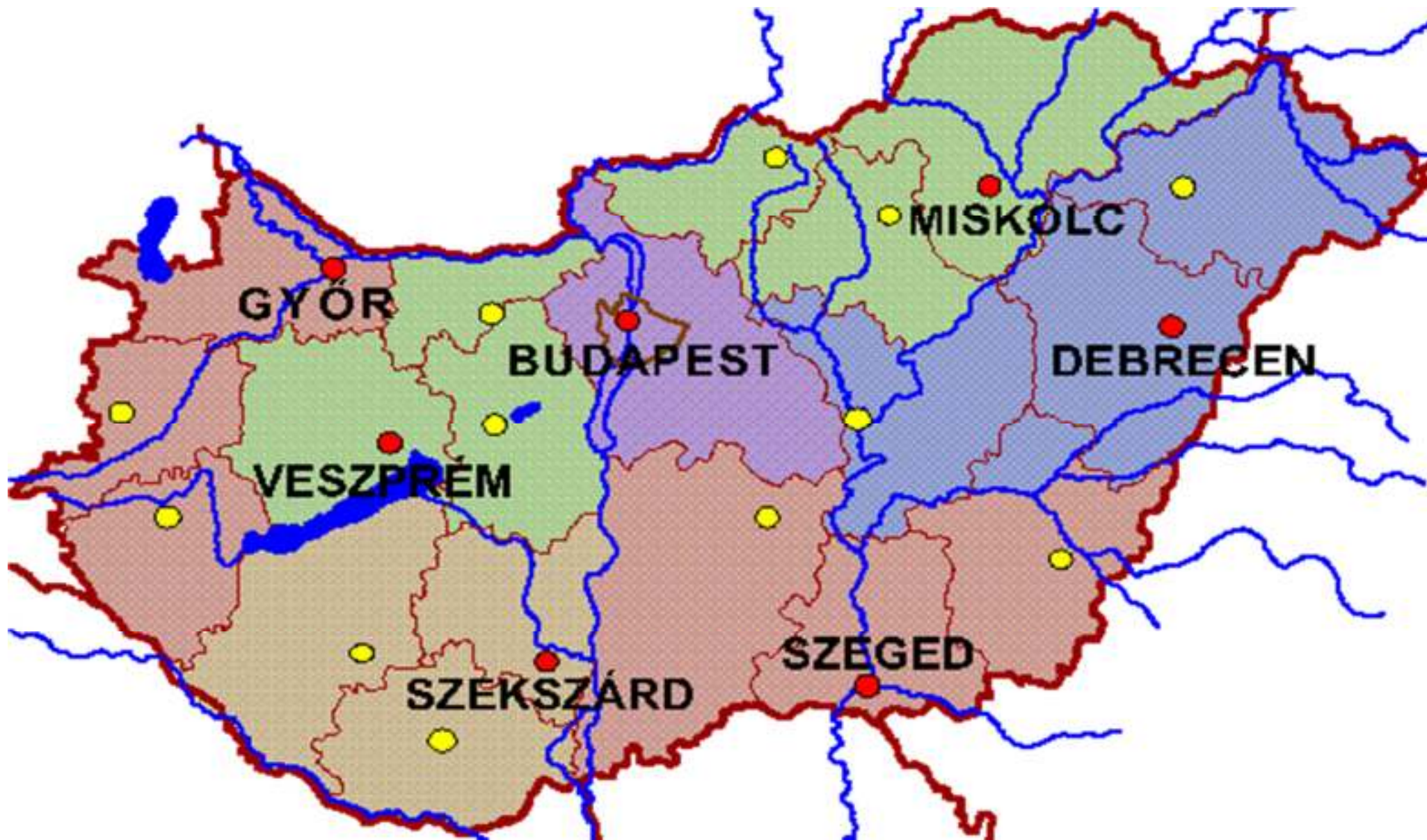
Mit neveznek **sugárkapunak**?

Az országhatáron keresztül érkező szállítmányokban nagyon ritkán előfordulhatnak a **rakományba véletlenül belekeveredett sugárforrások**, amelyek érzékelésekor az **országhatárokon felállított sugárkapuk riasztó jelzést** adnak.

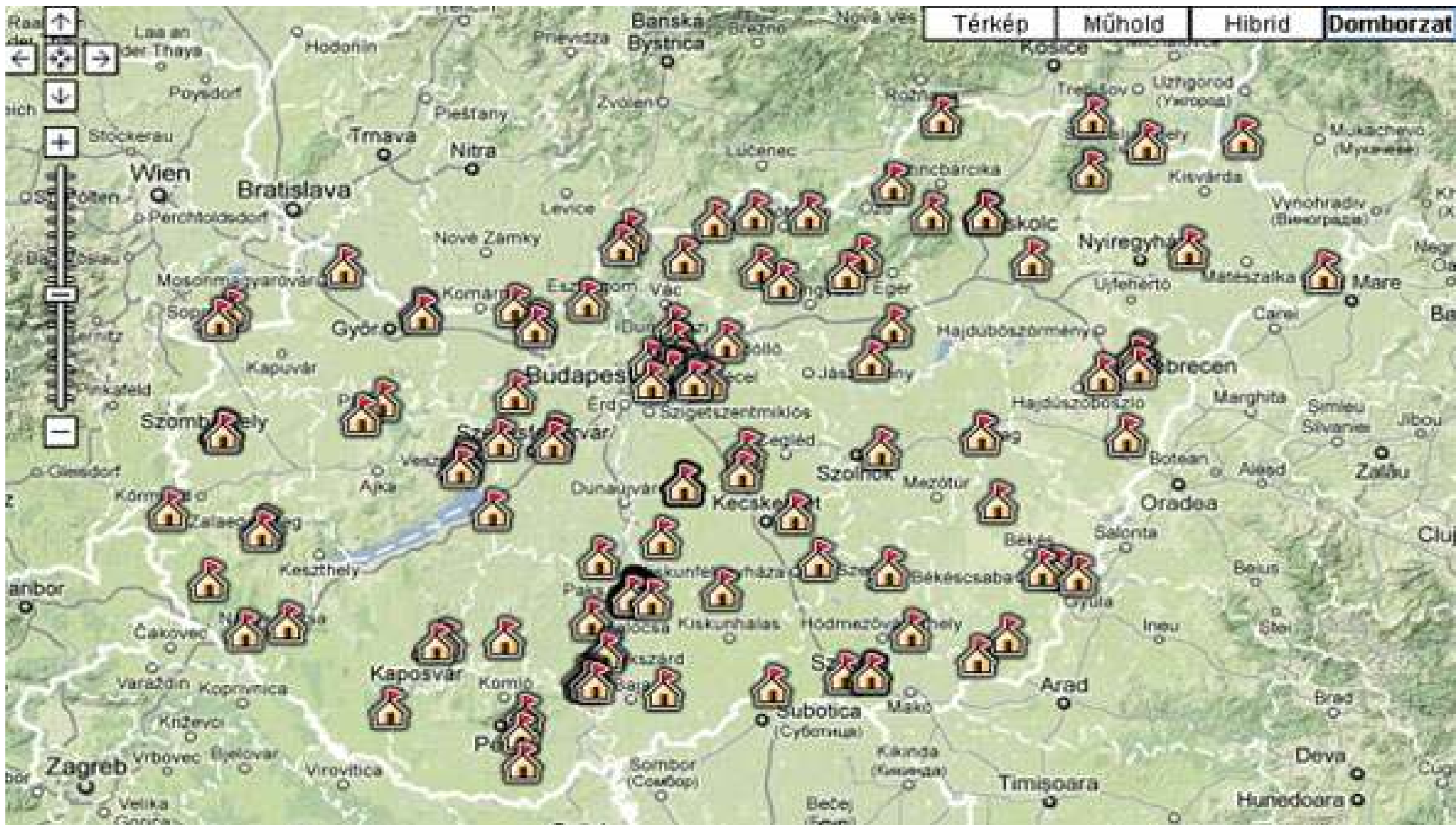
A sugárkapukat a **Vám- és Pénzügyőrség** (VPOP) működteti.

Amennyiben kiképzett szakszemélyzetüknek további szakmai segítségre van szüksége, sugáregészségügyi és sugárbiztonsági szempontból az **Országos Sugáregészségügyi Készenléti Szolgálat (OSKSZ) segítségét** kérhetik. Az OSKSZ-t az Országos Tisztifőorvosi Hivatal működteti, a készenléti szolgálat az Országos „Frédéric Joliot-Curie” Sugáregészségügyi és Sugárbiológiai Kutató Intézet (OSSKI) szakembereiből áll.





Az ÁNTSZ Sugáregészségügyi Decentrumok illetékességi területei



Háttérsugárzást mérő berendezések Magyarország területén

Source: http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=monitor_nbiek_terkep

Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (6)

Sugárbalet esetén (meghatározott dózis felett) dózis szükségessé válhat **baleset-elhárítási intézkedések**

1. **Csukott ablakok, ajtók mellett az épület középső helyiségében** tartózkodás (egész testben 5, pajzsmirigyben 50 mGy abszorbeált dózis **felett**).
2. **Sugárszennyezett terület lezárása.**
3. **Kitelepítés** (egész testben 50, pajzsmirigyben 100 mGy abszorbeált dózis **felett**) (először terhes nők és kisgyermekes anyák, lehetőleg családtagjaikkal, **pánik elkerülése!**).
4. **Jódprofilaxis** (pajzsmirigyben 100 mGy abszorbeált dózis **felett**) (rendszerint káliumjodid tableta vagy oldat, az expozíció után 24 órával már hatástalan és 200 mg-nál nagyobb napi jódadag már nem fokozza a hatást és az adag függ a jódelátottságtól is).
5. **Egyéb intézkedések** (pl. egyes élelmiszerek fogyasztásának korlátozása).

Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (7)

Egyéni védekezési módszerek és eszközök sugárbaleset esetén

1. **Idő, távolság és árnyékolás.**
2. **Belégzés elleni védekezés** (egyszerű háztartási eszközökkel is, ha nincs más pl. 16 rétegbe hajtott házi kendő az orra és a szájra szorítva).
3. **Személyi dekontamináció** (személyi sugármentesítés, bőrtakaróra kiülepedett sugárzó anyagok eltávolítása (ruhacsere, alapos zuhanyozás, hajmosás, szem-, száj- és orrüregöblítés).

Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (8)

Munkahelyi sugárvédelem

- Személyi feltételek (>18. év, orvosi alkalmasság, megfelelő szakmai és sugárvédelmi képzettség, döntés a személyi dozimetriáról)
- Adminisztratív követelmények (működési engedély, munkahelyi sugárvédelmi szabályzat)
- Ellenőrzött zóna létrehozása és biztosítása

Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (8)

Lakossági és foglalkozási dóziskorlátozás

Foglalkozási: évi 20 mSv effektív dózis

Speciális foglalkozási dóziskorlátok:

fiatalok – 16-18 év (évi 6 mSv),

várandós nők nem foglalkoztathatók sugárexpozícióban

Testrészekre (foglalkozási):

szemlencse: 150 mSv, bőr: 500 mSv/cm²

Lakossági: évi 1 mSv effektív dózis

Ionizáló sugárzás - ártalom megelőzése (9)

A felelősség kérdése

- MSZ 824 Sugárzás elleni védelem orvosi és állatorvosi röntgenmunkahelyeken szabvány 1993. augusztus 1-től,
- 7/1988 (VII. 20.) SZEM rendelet 3. Számú melléklet: „...alkalmazási körében az a személy foglalkoztatható, aki a 3. Számú mellékletben előírt, vizsgaköteles sugárvédelmi képzésben, illetőleg továbbképzésben részt vett.”,
- 14.§ (1) bekezdés: „...alkalmazásához engedély szükséges.”
- A rendelést vezető orvos a felelős a rendelkezések betartásáért.

Az elektromágneses spektrumnak azt a tartományát, amely a 100 nm-nél hosszabb hullámhosszúságú sugárzásokat foglalja magába, és amelynek egy fotonja sem rendelkezik akkora energiával, hogy ionizációt okozzon, **nem ionizáló sugárzásoknak** nevezzük.

A nem ionizáló sugárzásokra vonatkozó határértékeket 1992-től az International Commission on Non Ionizing Radiation Protection egyik bizottsága alakítja ki.

Nemionizáló sugárzás

elektromágneses spektrum szerint:

- ❑ *ultraibolya (UV), látható (VIS),*
- ❑ *infravörös (IR),*
- ❑ *rádiófrekvenciás (RF),*
- ❑ *mikrohullám (MW),*
- ❑ *elektromágneses terek (EMF)*

UV-sugárzás-expozíció veszélyével járó foglalkozások

- ❑ **Természetes napfény:** mezőgazdasági munkások, építőipari munkások, strandőrök, katonai személyzet, postai kézbesítők, vasúti pályamunkások, tengerészek, sportolók
- ❑ **Ívhegesztési UV:** hegesztők, csőszerelők, karbantartók
- ❑ **Plazmaláng UV:** plazmaláng-operátorok
- ❑ **Germicid UV:** orvosok, laboratóriumi asszisztensek, fodrászok, konyhai dolgozók, kozmetikusok
- ❑ **Lézer UV:** laboratóriumi dolgozók, orvosok
- ❑ **Szárító- és kezelési folyamatok:** nyomdászok, festőmunkások, műanyagipari munkások, faanyagkezelők.

UV sugárzás

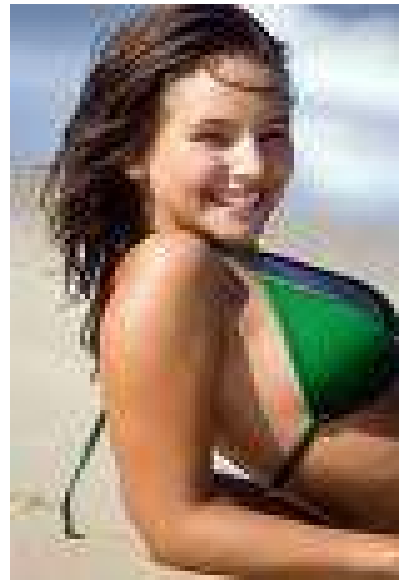
COUNTERTHINK



Első kép: „A Nap meg fog gyilkolni bennetek! Kerüljétek el a bőrrákot! Vegyetek fényvédő ernyőt!”

Második kép: „Folytasd a jó munkát, fiacskám!”

UV sugárzás



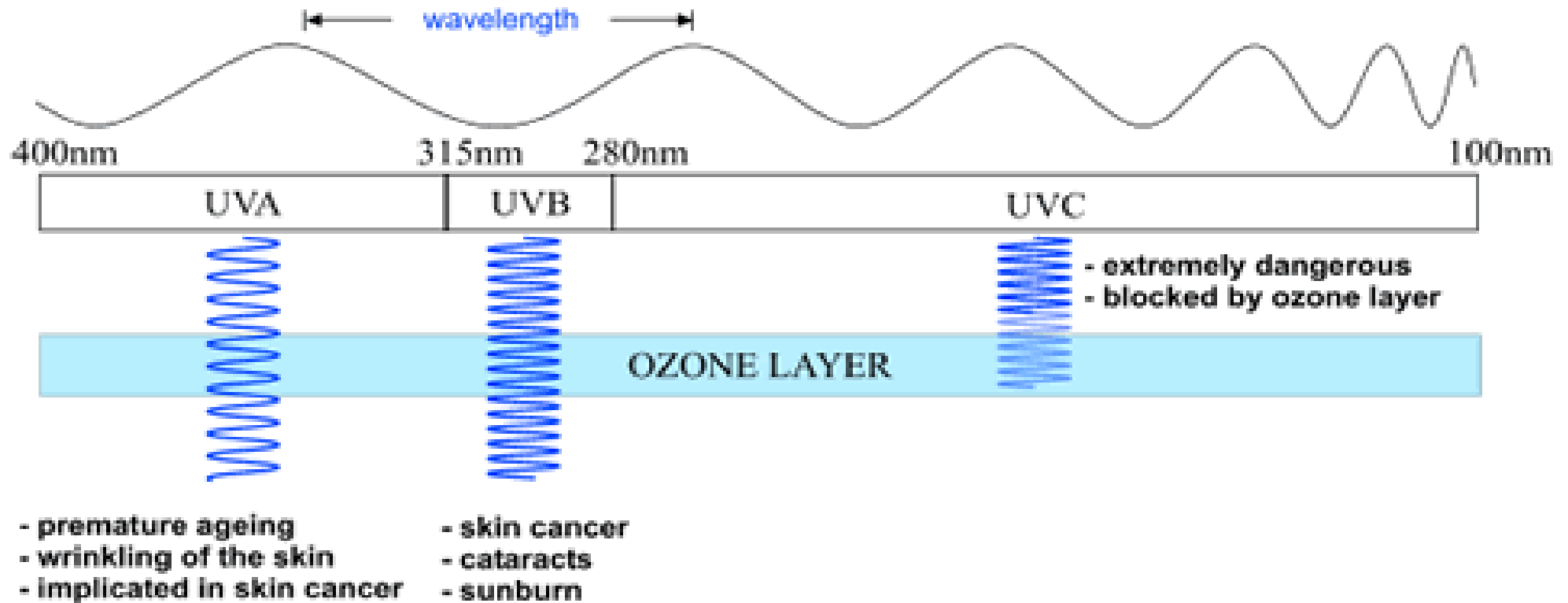
UV sugárzás



UV sterilizáló készülék



TYPES OF ULTRAVIOLET RADIATION



UV-expozíció esetleges egészségkárosító hatásai:

- fotokeratoconjunctivitis
- szürke hályog
- egyéb szemsérülések
- fényérzékenységi reakciók (fototoxikus, fotoallergén reakciók)
- premalignus és malignus bőrlaesiók (256-320 nm)

Az ultraibolya sugárzás által okozott egészségkárosodások

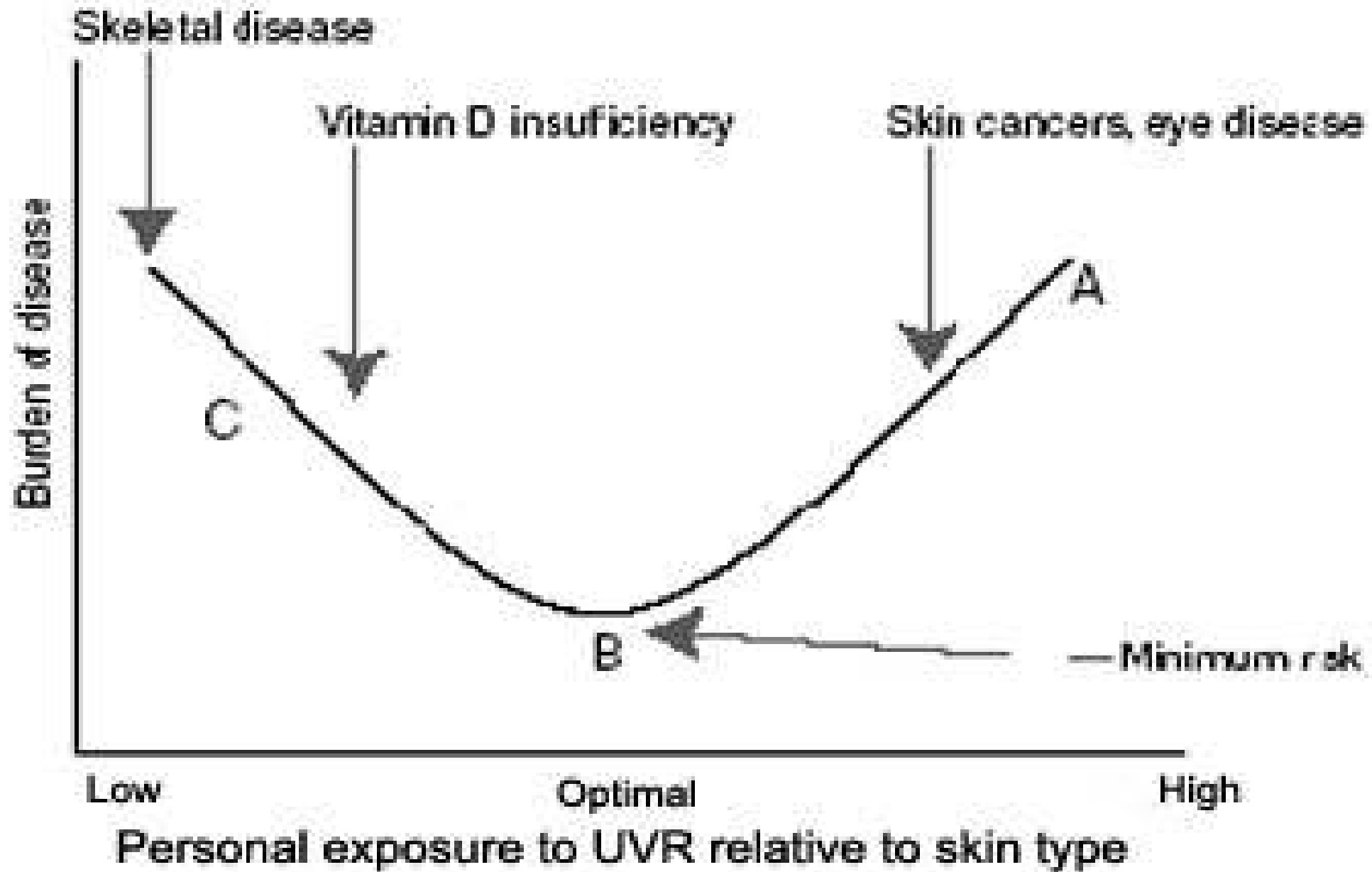
- ❑ **Fotokeratoconjunctivitis (hegesztőbetegség):** szem erős fájdalma, fénykerülés, idegentest-érzés. A latenciaperiódus fordítva arányos az expozíció mértékével, a tünetek 48 óra után általában megszűnnek, tartós következmény nincs.
- ❑ **Szürke hályog:** az UV-sugarak fotokémiai és hőhatásai egyaránt felelősek lehetnek. Nagyon gyorsan, az expozíciót követő 24 órán belül megjelenhet.
- ❑ **Egyéb szemsérülések:** sérülhet az iris és a retina is; epidermoid carcinoma alakulhat ki a conjunctiván.
- ❑ **Erythema (napégés):** akkor a legsúlyosabb, ha 290-320 nm hullámhosszú expozíció után lép fel. Társulhat oedemával, hólyagosodással, hámlással, borzongással, lázzal, émelygéssel.
- ❑ **Fényérzékenységi reakciók:** *fototoxikus reakciók* – bizonyos gyógyszerek (grizeofulvin, tetraciklin, szulfonamidok, stb.) szedése esetén fordulhat elő. Erősítheti bizonyos szisztémás betegségek hatását (SLE, dermatomyositis). *Fotoallergén reakciók* – bakteriosztatikus ágensekkel és parfümösszetevőkkel kapcsolatban.
- ❑ **Premalignus és malignus bőrléziók:** actinikus keratosis, malignus melanomák.

UV sugárzás



**Basalis sejt carcinoma, laphámsejt carcinoma és
malignus melanoma**





A kívánatosnál kisebb és az optimumnál nagyobb UV expozíció hatása

SOLAR UVR reaches people on the ground directly from the sun , scattered from the open sky and reflected from the environment

90% of UVR may penetrate clouds

Up to 50% of daily UVR is emitted between 11 a.m. and 2 p.m.

40% of UVR penetrates water to a depth of 50cm

Shade gives up to 50% ambient UVR

sand reflects up to 25% of UVR





Szoláriumi ágyak, napágyak

jelentős UV expozícióval járnak

▪ a „szolizás” **néhány kontraindikációja:**

- ✓ **életkor** < 18 év
- ✓ **anamnézisben** napon való **leégés**, erre hajlamosító **bőrtípus** (I, II)
- ✓ nagyszámú **anyajegy**
- ✓ **anamnézisben** vagy családban előforduló **bőrdaganat**
- ✓ egyes **fotoszenzibilizáló gyógyszerek** szedése (pl.: tetraciklinek, szulfonamidok),
egészséges használathoz fontos a **műszaki kontrol**, valamint
- ✓ a **szemvédelem**

Rádiófrekvenciás és mikrohullámú sugárzás által okozott egészségkárosodások

- ❑ **Akut sérülések:** 10 mW/cm² szint feletti expozíció esetén figyelhetők meg. Hősérülések – fehérjedenaturáció és szöveti elhalás jellemzi, amelyeket gyulladásoos reakció és hegeképződés kísér.
- ❑ **Rákkeltő hatás:** az akut magas és hosszú időtávú alacsony szintű expozíciól rákkeltő hatását nem igazolták, a datok vannak viszont az alacsony (<200 Hz) frekvenciatartományú sugárzással történt expozíció daganatkeltő hatására. Agytumorokat, malignus melanomákat, leukémiákat írtak le alacsony frekvenciájú elektromágneses sugárzással exponált munkavállalók között.
- ❑ **Utódkárosító hatások:** erőtelepi munkások, elektromágneses sugárzással exponált apák utódaiban a neuroblastoma incidenciájának növekedését, férfi terapeuták utódai esetében a fejlődési rendellenességek gyakoriságának növekedését írták le.
- ❑ **Szürke hályog:** feltételezett, egyenlőre tudományos igazolása nincs.

A nemionizáló sugárzások előfordulása a gyakorlatban I.

□ Laserek

- orvosi- (szemészet, sebészet, bőrgyógyászat), fogorvosi laserek, laser-mutatók, CD-lejátszók, ipari laserek, áruházi vonalkód-leolvasók
- szemre irányítva, vagy tükröző felületekről a szembe világítva retina-károsodást, szaruhártya-sérülést, lencsehomályt okozhatnak.
- nagyobb teljesítményű laserek bőrsérülést, égést okozhatnak
- biztonsági szabályok betartása, szükség esetén védőszemüveg alkalmazása

□ Mikrohullámú sütők

- otthoni sütők sértetlen védőrácscsal biztonságosak
- nagyobb ipari készülékek vagy nem kellő védelemmel ellátott berendezések egyes adatok szerint növelhetik a spontán vetélés esélyét
- a fokozott expozíció lehetőségének fennállása esetén várandós nőket más munkakörbe kell áthelyezni
- hasonló megítélés alá esnek az orvosi (fizioterápiás) alkalmazású, diatermiás készülékek, amelyek szintén RF és MW tartományban sugároznak

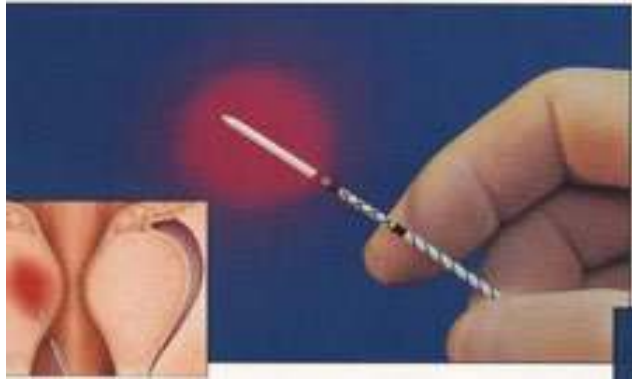


Mikrohullámú sütő



Mikrohullámú telekommunikációs torony Új Zélandban

Lézersugárzás



Lézerpisztoly madarak elriasztására



Lézersugárzás

Lézer: olyan eszköz, amely a 180nm-től 1 mm-ig terjedő hullámhossz - tartományban **elektromágneses sugárzást** képes létrehozni **indukált emisszió révén**.

Legnagyobb megengedett expozíció (LME): az a legnagyobb lézersugárzási szint, amely üzemi körülmények között, az ott tartózkodó személyeket még nem veszélyezteti, **a szemet, vagy a bőrt nem károsítja**.

A LME értéke függ a sugár hullámhosszától, az expozíciós időtől, a szöveti érzékenységtől és a renehártyán keletkező kép méretétől.



• A 4-es osztályú eszközök tájékoztató felirata:

Lézersugárzás!

Kerülje a szem, vagy a bőr besugárzását közvetlen, vagy szórt sugárzással!

4-es osztályú lézergyártmány

A nemionizáló sugárzások előfordulása a gyakorlatban II.

□ Magasfeszültségű távvezetékek

- expozíció elsősorban ELF és EMF tartományban
- számos kórképpel való összefüggés lehetősége felmerült (elsősorban depresszió és egyes daganatos betegségek), de a különböző esethalmozódásokkal kapcsolatban kialakult gyanúk nem kerültek egyértelmű megerősítésre

□ Mobiltelefonok

- RF, EMF és mikrohullámú expozíció;
- a készülékeknek termikus hatása van, de elhanyagolható mértékű
- nem-termikus hatásnak tűnik a vér-agy gát permeabilitásának növelése, de ennek pontos mértéke jelentősége egyelőre nem tisztázott
- agytumor-kockázat szignifikáns növekedése analóg celluláris telefon használata esetén, halántéki daganatok kockázata emelkedett, acusticus neurinoma
- óvatossági okokból (széleskörű elterjedtség), azonban bizonyos nemzetközi elektromágneses kibocsátási korlátok le vannak fektetve



Mobiltelefonok

Kisugárzott energia 30-70 %-a a fejben nyelődik el (gyerekek kockázata nagyobb).

A hatás függ a mobiltelefon típusától és a használat módjától.

Kihúzott antenna esetén kisebb az elnyelődés.

Kihangosításkor vagy fülhallgató használatakor 2-3 nagyságrenddel kisebb az expozíció.

Halántéki daganatok kockázata emelkedett, acusticus neurinoma ?

A nemionizáló sugárzások előfordulása a gyakorlatban III.

□ Katódsugárcsöves berendezések, TV-képernyők, monitorok

- minimális, és egészségi szempontból elhanyagolható UV, VIS, és IR expozíció, rtg. expozícióval nem kell számolni, fő expozíció: EMF
- nem szólnak meggyőző adatok amellett, hogy bármely, sugárzásból származó egészségkárosodást okoznának, a fő egészségi megfontolások elsősorban ergonómiai jellegűek (mozgásszervi problémák, szem kifáradása...)

□ Szoláriumi ágyak, napágyak

- jelentős UV expozícióval járnak
- a „szolizás” néhány kontraindikációja (ICNIRP):
 - ✓ életkor < 18 év
 - ✓ anamnézisben napon való leégés, erre hajlamosító bőrtípus (I, II)
 - ✓ nagyszámú anyajegy
 - ✓ anamnézisben vagy családban előforduló bördaganat
 - ✓ egyes fotoszenzibilizáló gyógyszerek szedése (pld.: tetraciklinek, szulfonamidok, amiodaron, tiazidok, NSAID-k, fenotiazinok, nalidixsav)
- egészséges használathoz fontos a műszaki kontrol, valamint a szemvédelem

A Globális Nap UV index



Forrás: WHO Intersun Program. URL: http://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/index1.html

Fordította: Dr. Komáromi T. Bence

Munkahelyi sugárvédelem

- Személyi feltételek (>18. év, orvosi alkalmasság, megfelelő szakmai és sugárvédelmi képzettség, döntés a személyi dozimetriáról)
- Adminisztratív követelmények (működési engedély, munkahelyi sugárvédelmi szabályzat)
- Ellenőrzött zóna létrehozása és biztosítása

A sugárvédelem jogi háttere

- ICRP (International Commission on Radiological Protection) : csak ajánlások
- NAÜ (Nemzetközi Atomenergia-ügynökség): csak ajánlások (esetünkben alapidokumentum: Biztonsági sorozat 115.)
- EU taggá válásunkkal, ha nincs kivétel az előírások kötelezőek
- Hazai előírások (alap: az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. Törvény)

Néhány hasznos Internet cím sugáregészségtan témakörben

Magyar nyelvű oldalak:

- ❑ <http://www.osski.hu> (Orsz. Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet)
- ❑ <http://www.kfki.hu> (MTA Központi Fizikai Kutató Intézet)
- ❑ <http://www.npp.hu> (Paksi Atomerőmű honlapja)
- ❑ <http://www.haea.gov.hu> (Országos Atomenergia Hivatal)

Angol nyelvű oldalak:

- ❑ <http://www.unscear.org> (UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)
- ❑ <http://www.icrp.org> (International Commission on Radiological Protection)
- ❑ <http://www.icnirp.org> (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection)
- ❑ <http://www.iaea.org> (International Atomic Energy Agency)