

Contaminarea radioactiva

Radioactivitatea - transformarea spontană a unui nucleu în nucleul altui element chimic prin emisia de particule.

Radioactivitate: $\left\{ \begin{array}{l} \text{naturală} \\ \text{artificială} \end{array} \right.$

Legea dezintegrarilor radioactive:

$$dN = -\lambda N \cdot dt \quad \rightarrow \quad \int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt \quad \rightarrow \quad N(t) = N_0 \exp(-\lambda t)$$

$\lambda = \frac{dP}{dt} = \frac{dN / N}{dt}$ - constanta de dezintegrare

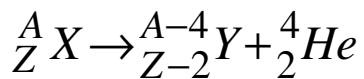
Timpul de înjumătățire

intervalul de timp după care numărul de nuclee care au rămas nedezintegrate scade la jumătate din numărul inițial

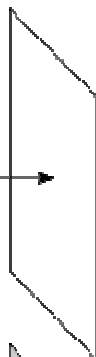
$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \text{ - timp mediu de viata}$$

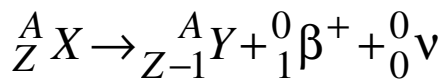
Atenuarea radiatiilor nucleare



α



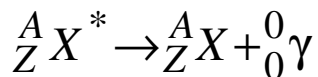
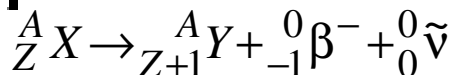
Foaie de hartie



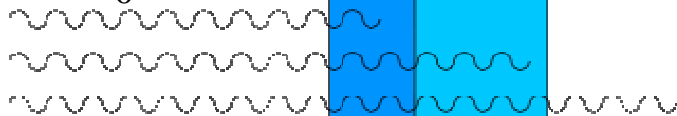
β



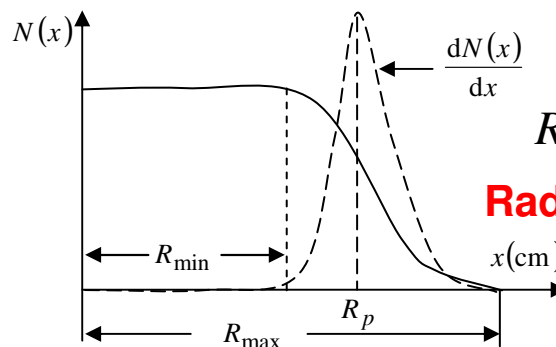
Foaie de aluminiu



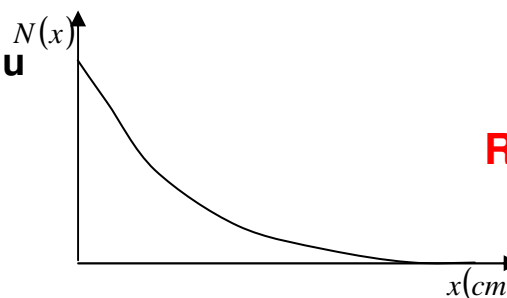
γ



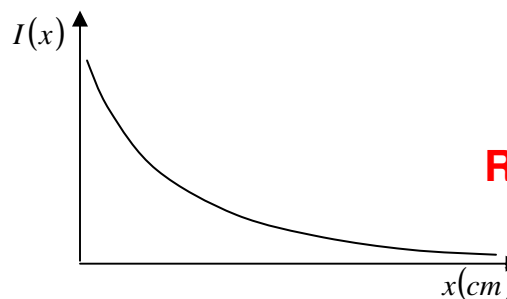
Caramida de Pb



Radiatie cu parcurs



Radiatie cu parcurs



$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$
Radiatie fara parcurs

Marimi radiologice

Radioactivitatea:

$$\Lambda = \frac{dN}{dt} = N_0 \lambda \exp(-\lambda t) = \Lambda_0 \exp(-\lambda t)$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ dez/s}$$

Doza de radiatii (doza energetică integrala)

reprezinta energia radiatiei complet absorbita pe unitatea de masa (de substanta sau de tesut biologic)

$$D = \frac{\Delta W}{\Delta m}; \quad [D]_{SI} = 1 \text{ Gy}; \quad 1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg} = 0.01 \text{ Gy}$$

1 Gray (1 Gy) - reprezinta doza de radiatie cand o energie de 1J este complet absorbita de unitatea de masa de substanta

Debitul dozei

$$d = \frac{D}{t} = \frac{\Gamma \Lambda}{r^2} [\text{mrem/h}]$$



Doza biologică

Energia disipată într-un organism viu produce efecte diferite în funcție de tipul radiației și tipul țesutului biologic (unele fiind mai fragile decât altele).

Doza biologică

**Doza biologică măsoară efectele biologice ale radiațiilor nucleare.
Unitate de măsură în SI este sievert-ul.**

Doza biologică a unui organ (țesut) se calculează plecând de la energia radiantă disipată (măsurată în Gy) care este apoi înmulțită cu un factor numit ***pondere radiologică***.

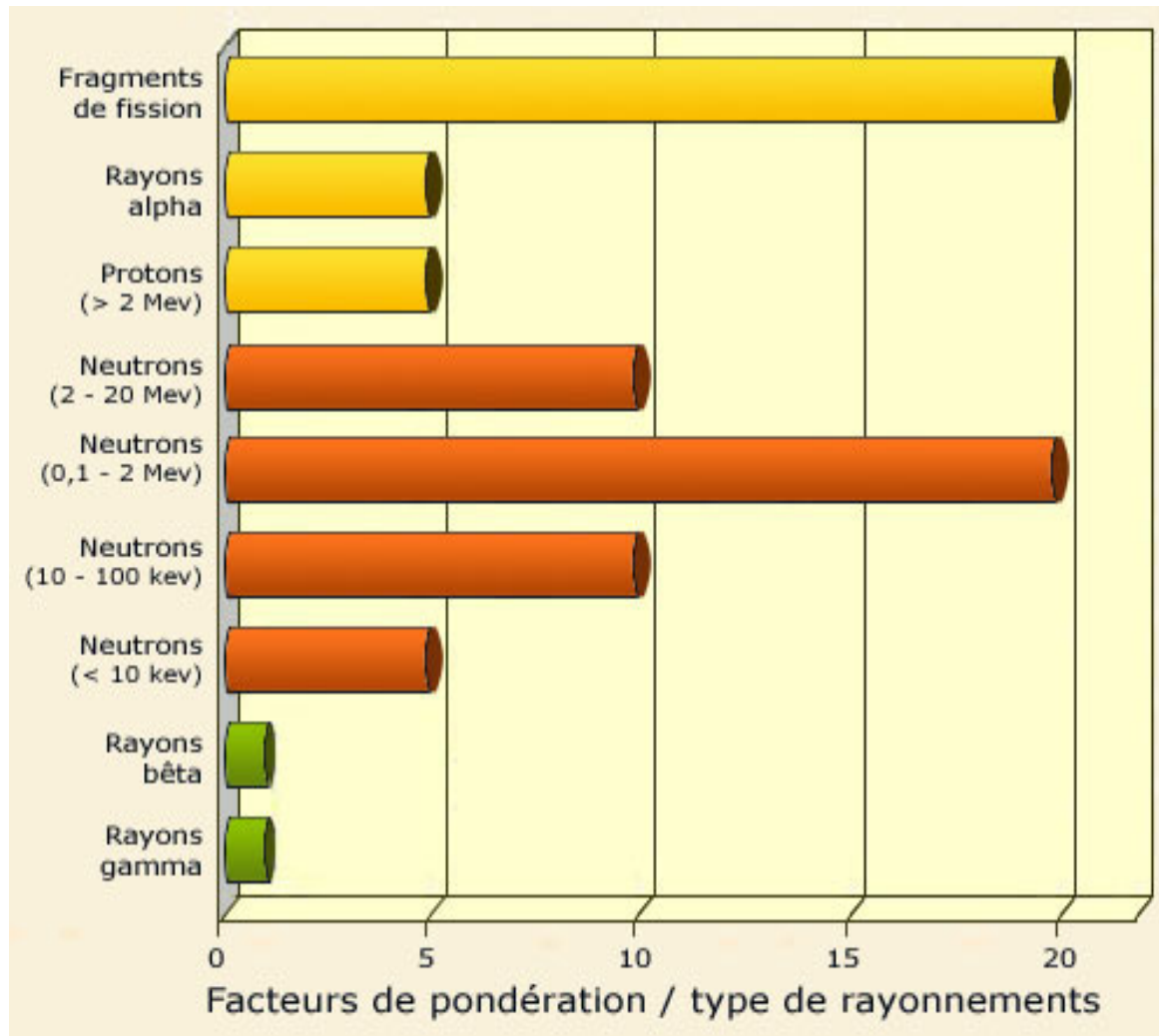
Se obține **doza echivalentă** pe organ ținând cont de nocivitatea radiației.

Unitate de măsură tolerată

1 rem (Roentgen Equivalent Man) - doza biologică corespunzătoare unei doze energetice de 1 rad pentru radiațiile X sau gamma.

$$1 \text{ rem} = 0.01 \text{ Sv} = 10 \text{ mSv}$$

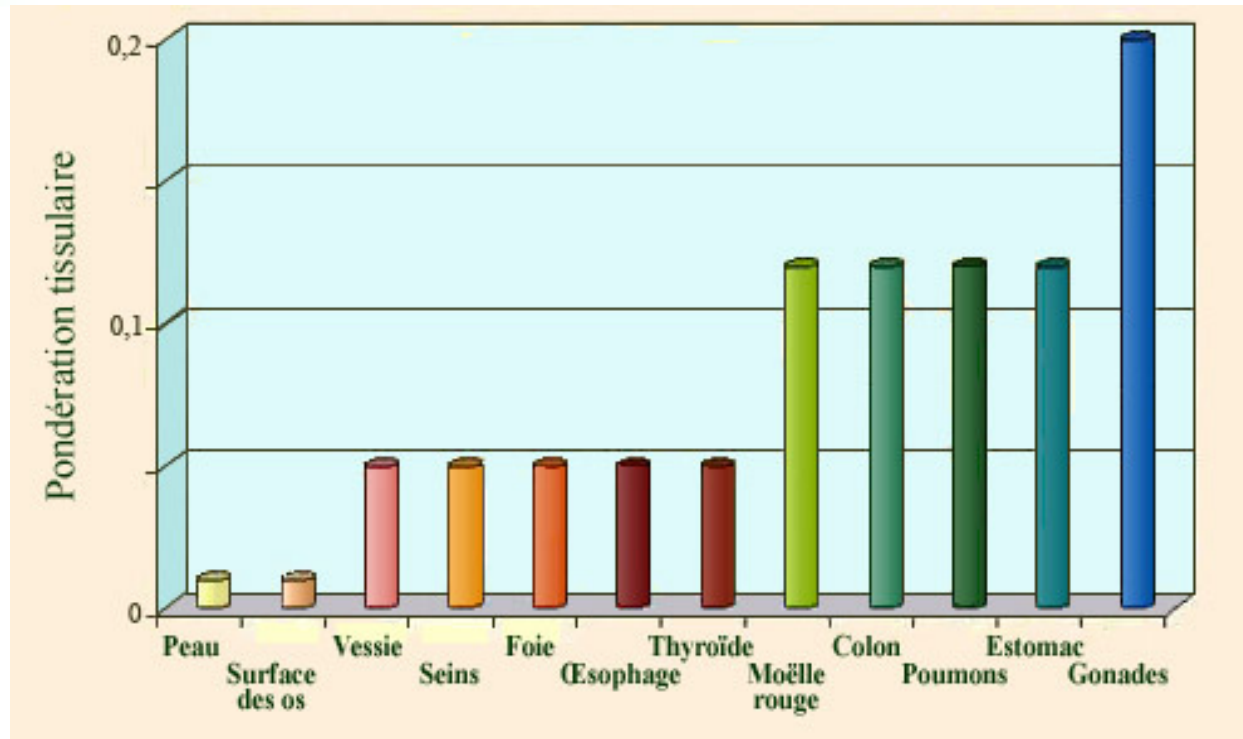
Ponderea radiologica a diverselor radiatii



Evaluarea dozei biologice tine cont de **nocivitatea** radiatiei prin intermediul **ponderii radiologice**.

Neutronii si particulele **alfa** (ca si produsele de fisiune) sunt mult mai periculoase decat radiatiile beta (elctroni) si radiatiile gamma (fotoni).

Coeficienti de pondere a tesutului celular

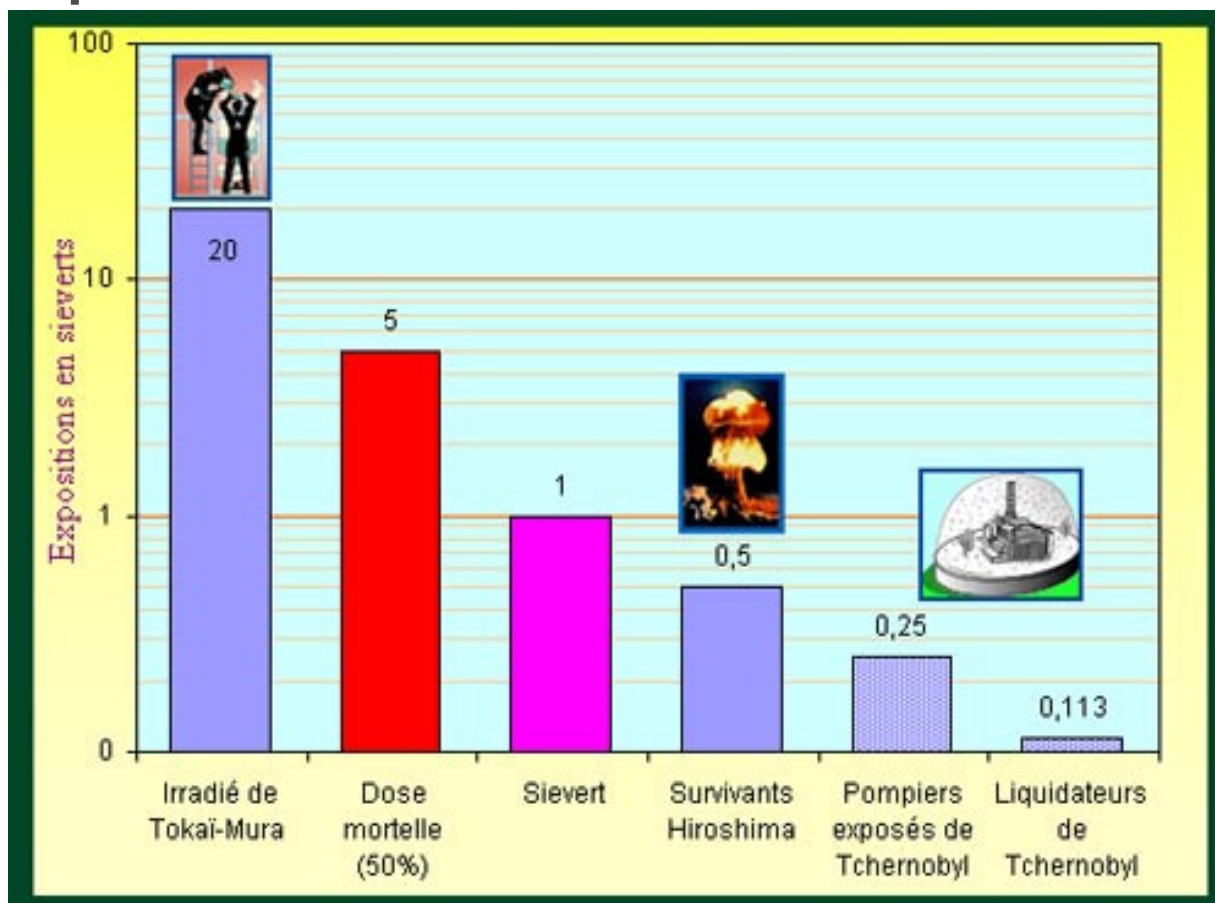


Calculul dozei biologice tine cont si de **sensibilitatea** tesutului celular prin intermediul unui factor numit **pondere celulara**.

Este estimat ca organele de reproducere sunt de 20 de ori mai sensibile decat pielea.

Acesti coeficienti permit evaluarea **toxicitatii** unei expuneri convertind energia primita de tesut (masurata in Gray) in doza biologica (masurata in Sievert).

Exemple de doze biologice



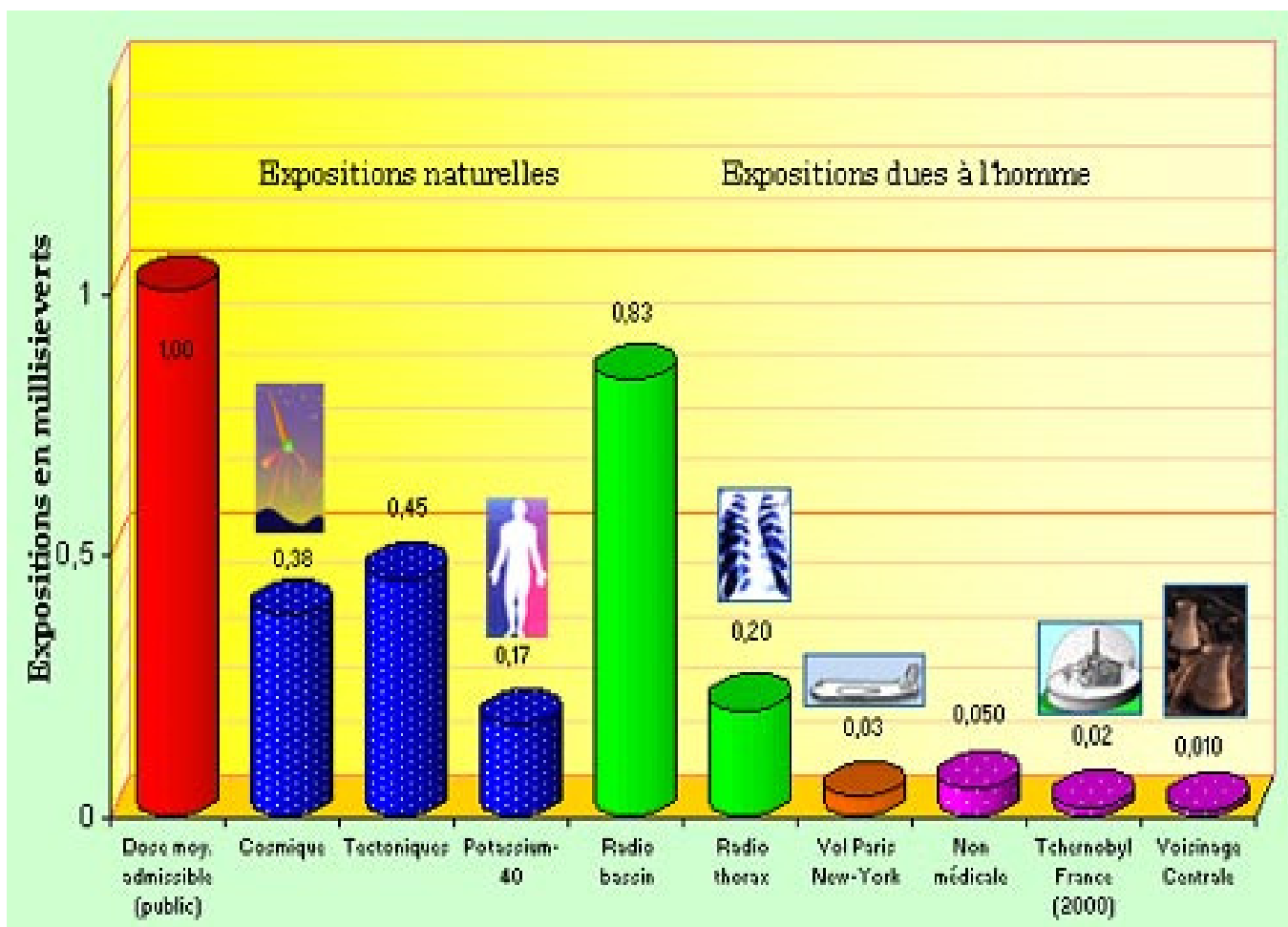
Unitatea dozei biologice, **Sievertul**, este o doza puternica in comparatie cu exemplele de expunere radioactiva considerate puternice sau medii.

Cea mai puternica doza reprezentata aici - 20 Sv – este cea primita de doi muncitori de la Tokai-Mura care au primit de 4 ori doza mortala.

Supravietuitorii de la Hiroshima au fost expusi la doze variabile, mergand de la cativa mSv la 500 mSv (milisievert).

Cei care au intervenit imediat in **accidentul de la Cernobil** au primit in jur de 100 mSv. Grupul de pompieri cel mai expus a receptionat in medie 250 mSv, iar 163 de persoane au fost expuse la peste 1 Sv.

Expuneri radiologice (in mSv)

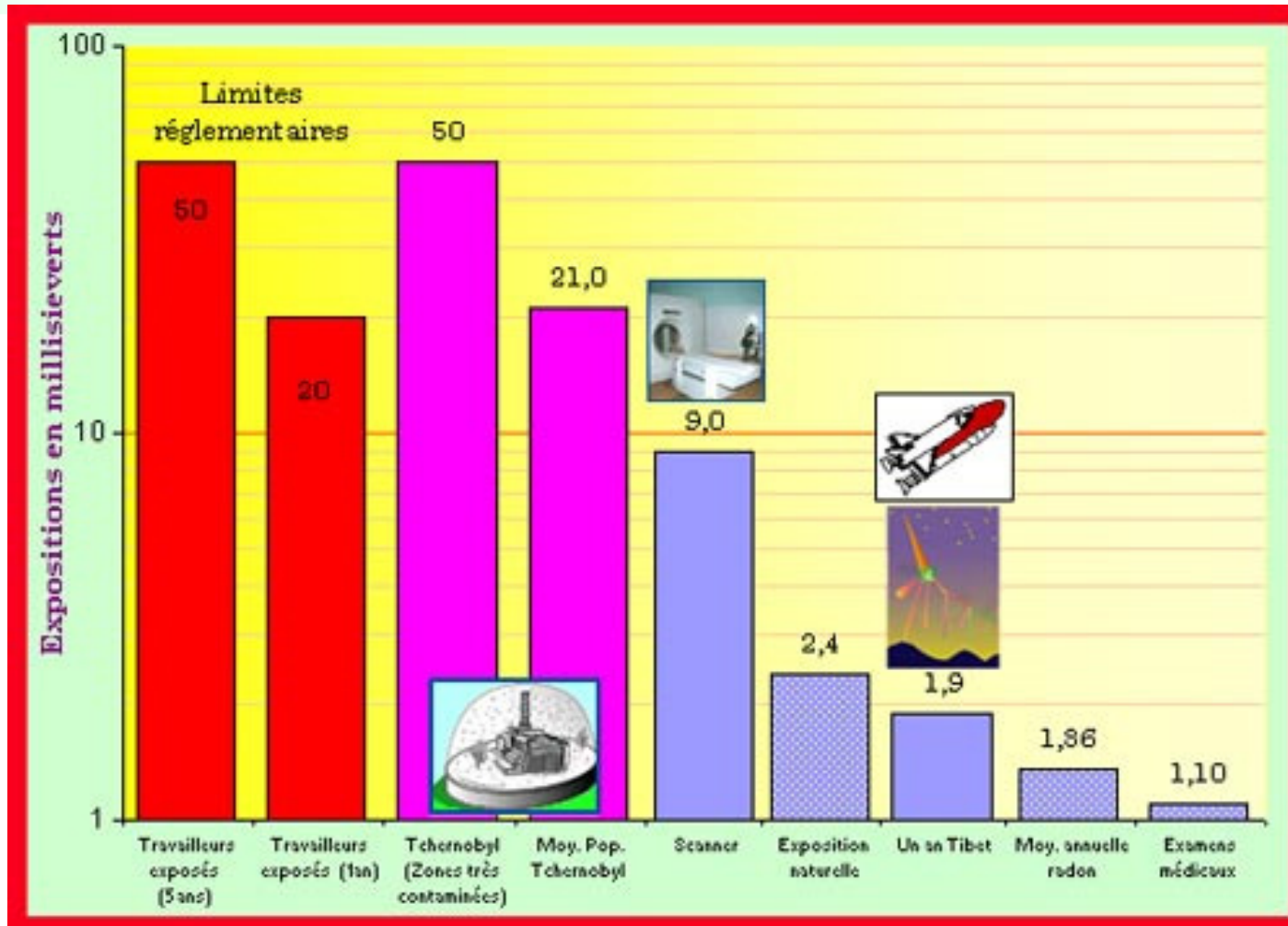


Dozele inferioare unui mSv sunt considerate slabe. 1 mSv este **limita regulamentara** pentru iradierea naturala.

Exemplele prezentate sunt medii anuale, exceptie facand expunerile **radiografice** si **zborul** de avion.

Expunerile de origine umana (in particular cele din **centralele atomoelectrice**), cu exceptia celor medicale, sunt **slabe**.

Expuneri medii si slabe (USA, EU)



Dozele anuale datorate radioactivitatii naturale, radonului si expunerilor medicale sunt medii anuale observate in Franta .

Expunere naturala - doza biologica anuala

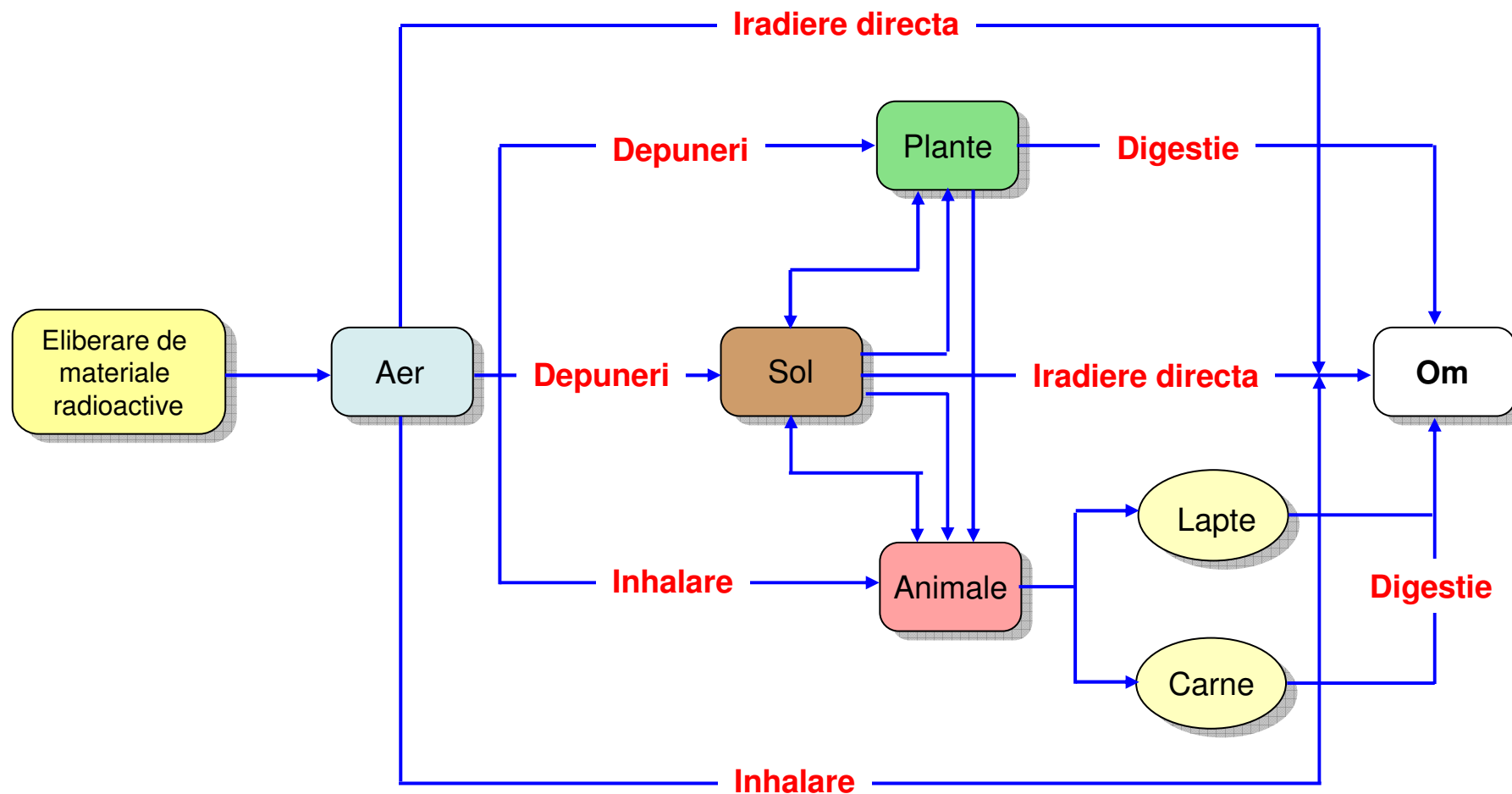
Cauza	Detaliu	Echivalent doză	Explicație
I. Punct geografic	Nivelul mării	28 mrem/an	Radiații cosmice
Zona	Calcaroasă Sedimentară Granitică	50 mrem/an 30 mrem/an 120 mrem/an	Radiații terestre
Casă din:	Lemn Cărămidă Granit	1 mrem/an 20 mrem/an 20 mrem/an	Radiațiile materialelor
II. Alimentația	Carne, legume	20 mrem/an	Radiațiile alimentelor $^{14}_6\text{C}$, $^{40}_{19}\text{K}$
III. Mod de viață	O călătorie cu avionul Televizorul Examen radiologic	4 mrem/an 3 mrem/an 35 mrem/an	Radiații cosmice electromagnetice' X



Efecte ale dozelor biologice

Valoarea (1Sv = 100rem)	Efectele
0 – 0,25 Sv	Lipsa oricărei tulburări aparente
0,25 – 0,5 Sv	Apar schimbări sanguine, ochi injectați
0,5 – 1 Sv	Oboseală, amețeață, cataractă, schimbări sanguine, opacizarea cristalinului, apariția alunițelor
1 – 2 Sv	Amețeli, oboseală, reducerea numărului de globule roșii, scăderea rezistenței la infecții
2 – 4 Sv	Aceleași tulburări ca mai sus însoțite de câteva decese între 2 – 6 săptămâni de la iradiere
4 – 6 Sv	50% decese, în intervalul de 30 zile de la iradiere
Peste 6 Sv	100% decese, în mai puțin de 15 zile de la iradiere

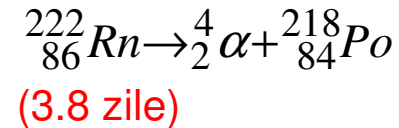
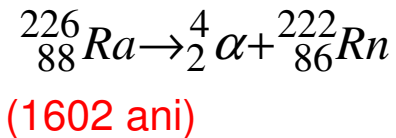
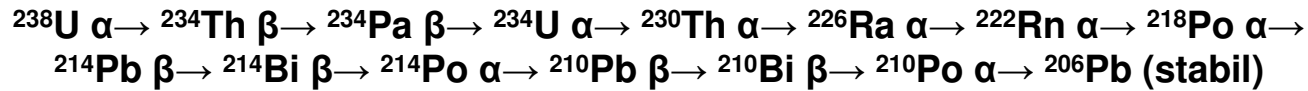
Schema unei contaminari cu materiale radioactive





Radiatii telurice

Radonul

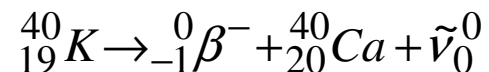
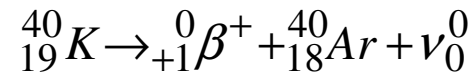


42 % din expunerea la radioactivitate se datoreaza radonului.

*Radioactivitatea radonului este **a doua** sursa de deces prin cancer pulmonar.*

Potasiul

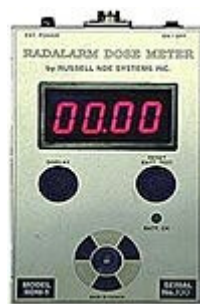
Exista 24 de izotopi, dintre care uni sunt beta-activi



Detectori si dozimetre



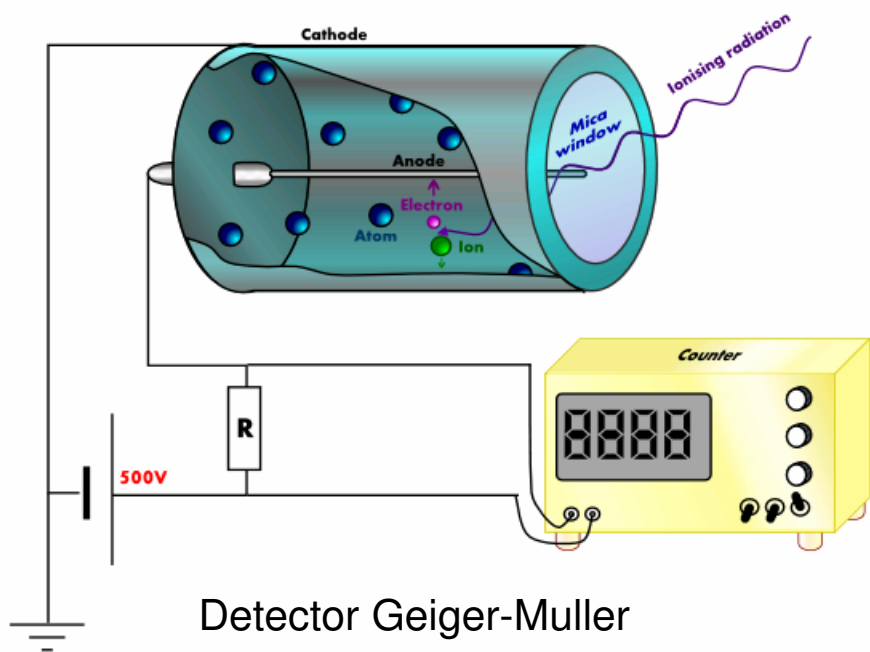
Detector pentru radiatii γ si n



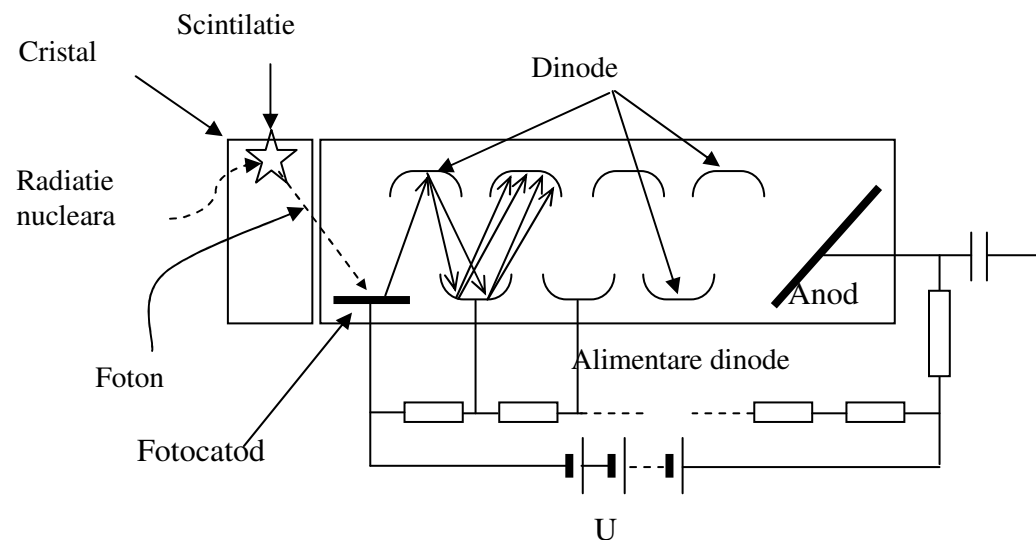
Dozimetru numeric



Detector de radiatie pt ambient



Detector Geiger-Muller



Fotomultiplicator



Limitele legale de iradiere

Reglementate prin Ordinul nr.14/24.01.2000 al Comisiei Naționale pentru Controlul Activităților Nucleare (CNCAN).

(Publicat în Monitorul Oficial al României nr. 404 bis din 29 august 2000)

Limite pentru iradierea profesională în condiții normale

Pentru persoanele iradiate profesional: 20 mSv (2 rem). În limita acestei valori, sunt valabile și următoarele limite de doză echivalentă:

- 150 mSv pe an pentru cristalin;
- 500 mSv pe an pentru piele; limita se aplică pentru valoarea medie a dozei pe 1 cm², pe cea mai puternic iradiată zonă a pielii;
- 500 mSv pe an pentru extremitățile mâinilor și picioarelor.

Limite pentru iradierea persoanelor din public

Limita dozei efective anuale pentru persoane din populație este de 1mSv (0.1 rem). În limita acestei valori, sunt valabile și următoarele limite de doză echivalentă:

- 15 mSv pe an pentru cristalin;
- 50 mSv pe an pentru piele; limita se aplică pentru valoarea medie a dozei pe 1 cm², pe cea mai puternic iradiată zonă a pielii.

OBSERVATIE:

In situații speciale, CNCAN poate autoriza o limită superioară anuală de până la 5 mSv, cu condiția ca valoarea medie pe 5 ani consecutivi să nu depășească 1 mSv pe an.