

Doze zračenja

DOZA EKSPozICIJE (X):

Doza ekspozicije predstavlja količnik između ukupnog naelektrisanja jona istog znaka, nastalih pri prolazu zračenja kroz element zapremine vazduha i mase tog elementa. (Definiše se u odnosu na element zapremine vazduha, jer najčešće vazduh ispunjava prostor oko izvora zračenja.)

Jedinica: X (C/kg), stara jedinica (rendgen: $1R = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ C/kg}$)

BRZINA DOZE EKSPozICIJE: $\dot{X} = \frac{dX}{dt} \left(\frac{\text{C}}{\text{kg} \cdot \text{s}} \right)$

DOZA APSORPCIJE (D):

- količina energije zračenja koju telo primi, ako u radioaktivnoj zoni provede neko vreme t. Doza apsorpcije je jednaka apsorbovanoj energiji zračenja po jedinici mase.

Jedinica: D (Gy = J/kg, Gy - Grey), stara jedinica (radijaciona apsorpciona doza - rad:

$1\text{rad} = 10^{-2} \text{ Gy} = 10^{-2} \text{ J/kg}$)

Pošto je za nastanak jednog jonskog para u vazduhu potrebna energija od 34eV ("energija jonizacije"), veza između Gy i C/kg za vazduh glasi: $1 \text{ C/kg} \Leftrightarrow 34 \text{ Gy}$ ($1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, $1\text{e} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)

BRZINA DOZE APSORPCIJE: $\dot{D} = \frac{dD}{dt} \left(\frac{\text{Gy}}{\text{s}} \right)$

EKVIVALENTNA DOZA APSORPCIJE (H):

- doza apsorpcije u tkivu

$$H = D \cdot Q$$

D - doza apsorpcije

Q – faktor kvaliteta (zavisi od vrste zračenja i energije zračenja)

Jedinica: H (Sv = J/kg, Sv - Sivert), stara jedinica (roentgen equivalent man - rem: $1\text{rem} = 10^{-2} \text{ J/kg}$, $1\text{Sv} = 100 \text{ rem}$) Najčešće se koristi jedinica mSv.

Zračenje	Q – faktor kvaliteta
x i γ - zraci	1
elektroni	1
termalni neutroni	2-5
brzi neutroni (10 MeV)	5-10
α - čestice	20
protoni (10 MeV)	10

α - čestice imaju 20 puta štetnije zračenje od x i γ - zraka ako se apsorbuju u tkivu. α - čestica je manje prodorna ali se njenim apsorbovanjem izaziva raskidanje DNK i RNK. Ako je α - zračenje niske energije može se zaustaviti kožom ili listom papira.

EFEKTIVNA EKVIVALENTNA DOZA (H_e):

$H_e = \sum_i H_i \cdot \omega_i$ (Sv) – zbir za pojedine organe koji obrazuju celo telo

H_i - ekvivalentna doza koju je primio neki deo ljudskog tela

ω_i - težinski faktor: udeo rizika od ozračivanja pojedinog organa u celokupnom riziku kada se ravnomerno ozrači celo telo

deo tela	ω_i
crvena koštana srž	0,12
površine kostiju	0,03
štitna žlezda	0,03
dojka	0,15
pluća	0,12
jajnici i testisi	0,25
ostala tkiva	0,30
celo telo	1,00

KOLEKTIVNA EKVIVALENTNA DOZA: $H_k = H_e \cdot N$ (čovek - Sivert)

N – broj ljudi

- određuje se u slučaju ozračivanja grupe ljudi, neke sredine...

EKVIVALENTNE DOZE – u prirodi

Kosmičko zračenje	mSv/god
0 m nadmorske visine	0,2
1000 m	0,5
2500 m	1,0

Zgrade	mSv/god
cigla	0,3
beton	2,3

PRIRODNO OZRAČIVANJE

- spoljašnje:	mSv/god
kosmičko	0,3
zemaljsko (U, Th, K^{40})	0,4 - 0,6
	0,15 - 10 područja u Brazilu
	1,5 naše područje
- unutrašnje:	
U, Th, C^{14} , T^3 , K^{40}	0,2
<hr/>	
	≈ 1 mSv/god
	1,0 - 2,5 mSv/god
	sr. vrednost 1,3

VEŠTAČKO OZRAČIVANJE

- medicinsko ozračivanje	0,5 - 1mSv/god
- nuklearne eksplozije	0,06
- industrija (1/4 nuklearna)	0,01
<hr/>	
≈ 0,5 - 1mSv/god	

Dozvoljene doze

MAKSIMALNO DOZVOLJENE EKVIVALENTNE DOZE

(primenjuje se za profesionalno osoblje)

- ozračenost celog tela	50 mSv/god
- akumulirano do N-te godine, celo telo	(N-18) · 50 mSv
- koža	150 mSv/god
- šake	750 mSv/god
- podlaktica	300 mSv/god
- drugi organi, tkiva	150 mSv/god
- trudnica (u odnosu na fetus)	5 mSv/tokom perioda trudnoće

DOZVOLJENE EKVIVALENTNE DOZE ZA UŽU GRUPU STANOVNIŠTVA ILI POJEDINCA

- pojedinac	5 mSv/god
- student	1 mSv/god

STANOVNIŠTVO (šira grupa)	1,7 mSv/god
---------------------------	-------------

DOZVOLJENE EKVIVALENTNE DOZE U SLUČAJU OPASNOSTI:

- pojedinac koji spašava nečiji život (iznad 45 godina i dobrovoljac)	1 Sv
- ruke i podlaktica	2 Sv
ukupno:	3 Sv
SMRTNA DOZA:	6 - 10 Sv 80% - 100% bi umrlo u periodu od 2 meseca

Određivanje doze apsorpcije

E - energija čestice (J)

$$I = \frac{S}{4\pi r^2} \text{ - intenzitet zračenja čestice energije } E \left(\frac{\text{čestica}}{\text{m}^2\text{s}} \right)$$

σ_A - mikroskopski efektivni presek za apsorpciju (m^2)

$N_m = \frac{N}{\rho}$ - masena koncentracija (koncentracija po jedinici mase) ($\frac{\text{atoma/molekula}}{\text{kg}}$)

$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \sigma_A \cdot N_m$ - maseni koeficijent apsorpcije ($\frac{\text{m}^2}{\text{kg}}$)

$$I \cdot \sigma_A \cdot \frac{N}{\rho} = I \cdot \sigma_A \cdot N_m = I \cdot \mu_m$$

$I \left(\frac{\text{čestica}}{\text{m}^2 \text{s}} \right) \cdot \mu_m \left(\frac{\text{m}^2}{\text{kg}} \right)$ - broj reakcija apsorpcije zračenja po jedinici mase u jedinici vremena

DOZA APSORPCIJE (D)

$$D = E \cdot \mu_m \cdot I \cdot t \quad \left(\frac{J}{\text{kg}} = \text{Gy} \right) \quad (t - \text{vreme (s)})$$

BRZINA DOZE APSORPCIJE (\dot{D})

$$\dot{D} = E \cdot \mu_m \cdot I \quad \left(\frac{\text{Gy}}{\text{s}} \right)$$

DOZA EKSPOZICIJE (X)

- ako je doza apsorpcije određena za vazduh možemo naći vezu između doze ekspozicije i doze apsorpcije jer se doza ekspozicije određuje samo za vazduh.

- za stvaranje jednog jonskog para u vazduhu potrebno je utrošiti 34 eV

$$X \left(\frac{\text{C}}{\text{kg}} \right) = \frac{D \left(\frac{J}{\text{kg}} \right)}{1,6 \cdot 10^{-19} \left(\frac{J}{\text{eV}} \right)} \cdot \frac{1}{34 \left(\frac{\text{eV}}{\text{jon. paru}} \right)} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \left(\frac{\text{C}}{\text{jon. paru}} \right)$$

$$X \left(\frac{\text{C}}{\text{kg}} \right) = \frac{D \left(\frac{J}{\text{kg}} \right)}{34 \left(\frac{\text{eV}}{\text{jon. paru}} \right)}$$

Zaštita od zračenja

1. skraćivanje vremena provedenog u blizini izvora zračenja,
2. povećanje rastojanja od izvora,
3. korišćenje biološkog štita.

Štit za neutrone: voda, beton

Štit za γ - zrak: olovo (skupo), čelik, beton (jeftino, dodatak stroncijuma i barijuma)

- elementi sa velikim brojem elektrona su pogodni za zaštitu od γ - zračenja (a to su teški elementi)

Približno pravilo: "biološki štitovi približnih masa približno isto štite"

- kod nekih zračenja postoji sekundarno zračenje npr. (n, γ) izvor γ -zračenja, zaštitili smo se od jednog ali ne i od drugog zračenja.

- biološki štit apsorbuje zračenje. Apsorbovana energija se manifestuje kao toplota pa je potrebno obezbediti hlađenje.

Skladištenje radioaktivnog otpada

Istrošeno gorivo iz jezgra reaktora je izvor zračenja - to je visoko radioaktivni otpad.

Materijal koji je bio korišćen pri radu reaktora (delovi iz cirkulacionog kruga) predstavlja srednje ili nisko radioaktivni otpad.

Zapremina radioaktivnog otpada za godišnji rad elektrane od 1000MWe

- 4m³ visoko-aktivnog materijala
- 12m³ metalnih komponenti
- 70m³ slabo-aktivnog otpada zagađenog plutonijumom
- 30m³ slabo i srednje aktivnog čvrstog materijala

35 t visoko aktivan

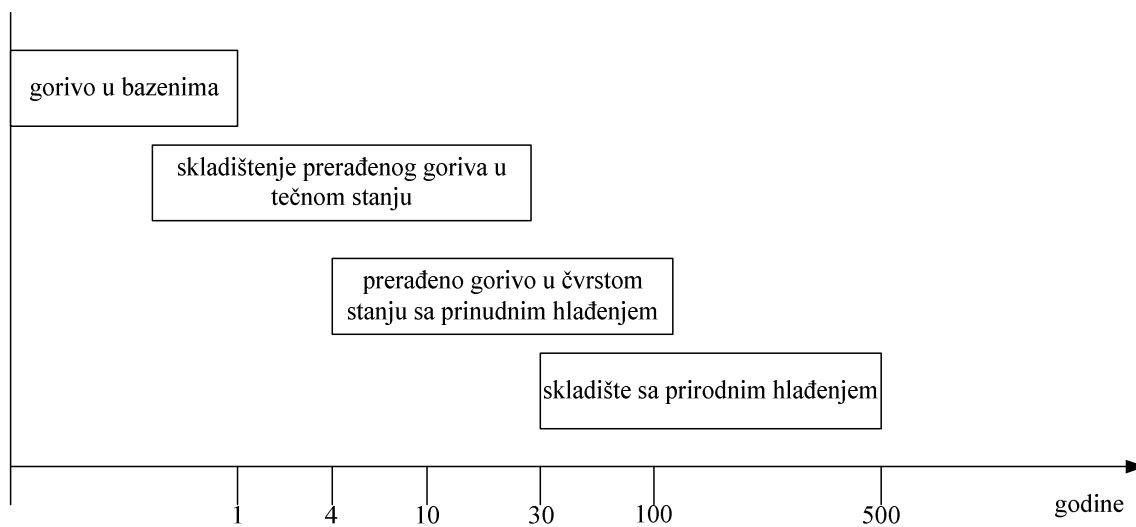
310 t srednje aktivan

460 t nisko aktivan

Emisija gasova iz termoelektrane snage 1000 MWe u toku godinu dana rada

- 6,5×10⁶ tCO₂
- 900 tSO₂
- 320 000 t pepela

Posle 500 godina aktivnost prvobitno visoko-radioaktivnog otpada opada na vrednost aktivnosti prirodne rude uranijuma



Faze u preradi i odlaganju radioaktivnog otpada.