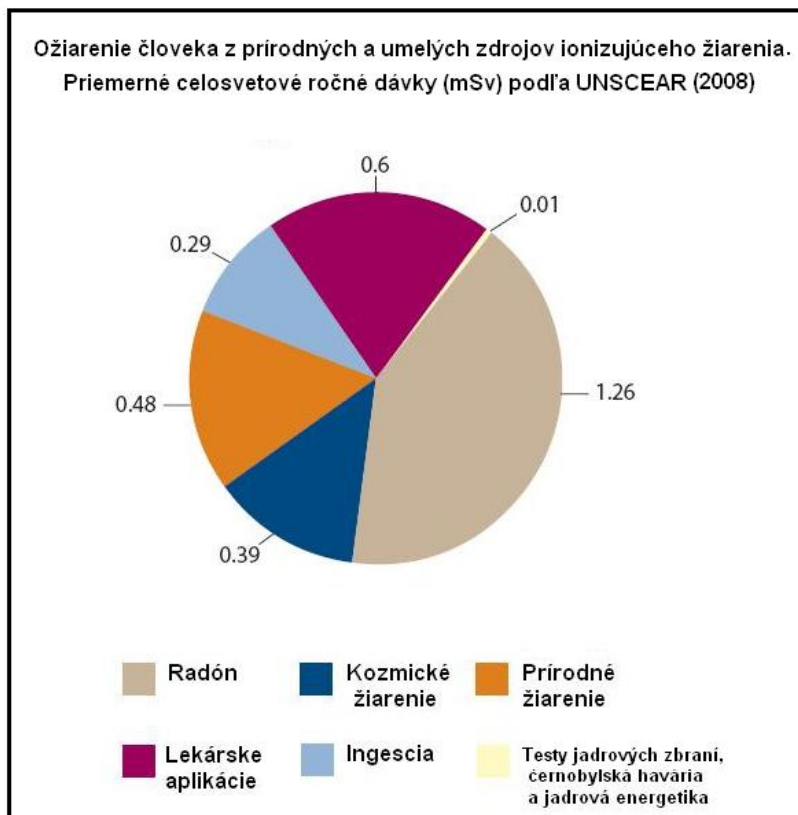


Základné údaje o rádioaktivite a jej účinkoch na ľudí a životné prostredie

Správa výboru OSN pre účinky ionizujúceho žiarenia (UNSCEAR) z roku 2008 udáva priemerné celosvetové ročné efektívne dávky, ktoré v človeku spôsobujú jednotlivé prírodné a umelé zdroje ionizujúceho žiarenia. Sú uvedené v tabuľke 1 a na obrázku 1. Celkový ročný priemerný príkon efektívnej dávky zo všetkých prírodných zdrojov je približne 2,4 mSv. Toto odpovedá príkonu dávky 6,5 $\mu\text{Sv}/\text{deň}$, respektíve 270 nSv/hod. Obrázok zobrazuje tiež rozdelenie, ako sa jednotlivé zdroje podieľajú na celkovom ožiarení človeka. Napriek tomu, že sa jedná o priemerné hodnoty, od ktorých sa môžu skutočné hodnoty u rôznych osôb niekoľkonásobne líšiť je treba uvažovať s dvomi skutočnosťami. Tou prvou je, že ide o veľmi malé dávky žiarenia a druhou je, že celosvetová dávka z umelých zdrojov ionizujúceho žiarenia je podstatne menšia než dávka z prírodných zdrojov, pričom dávka z umelých zdrojov pochádza prevažne z lekárskeho aplikácií ionizujúceho žiarenia.

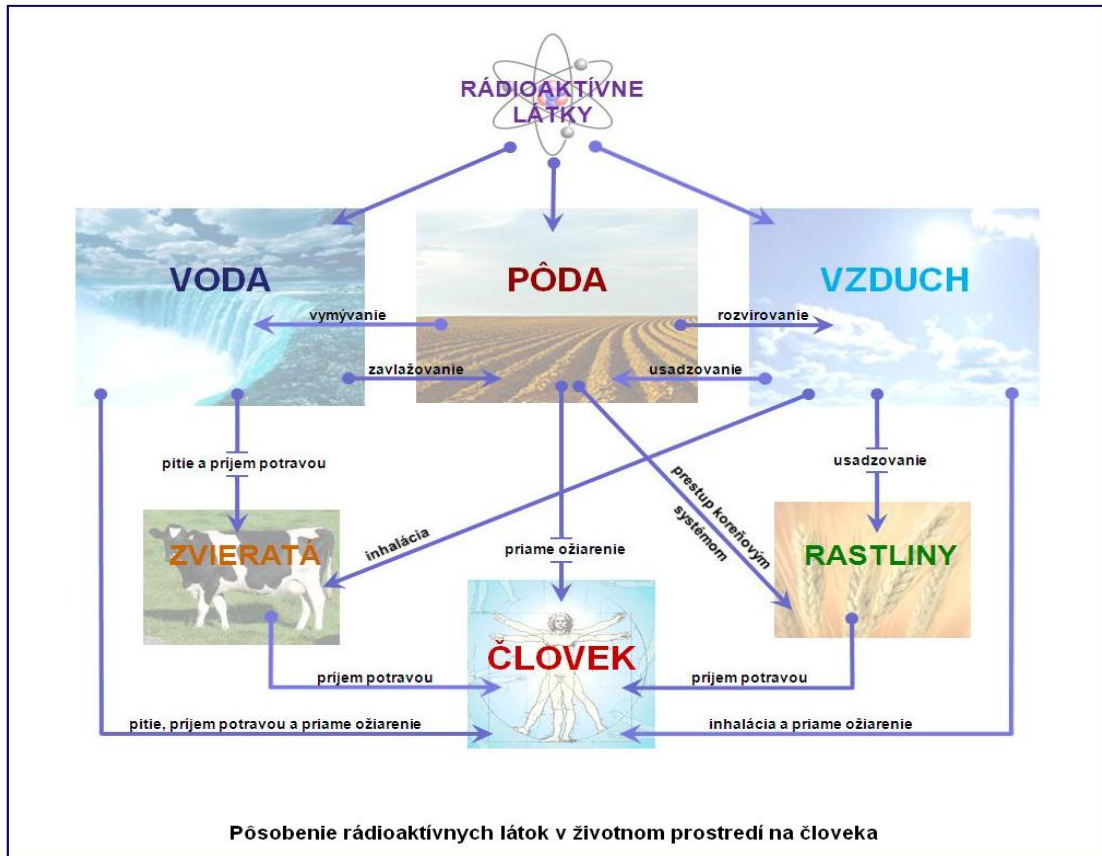
Obrázok 1



Rádioaktívne nuklidy, či už prírodne alebo umelé, spôsobujú podľa svojich vlastností, výskytu a pohybu v jednotlivých zložkách životného prostredia vonkajšie alebo vnútorne ožiarenie. **Vonkajšie ožiarenie** spôsobujú zdroje ionizujúceho žiarenia, ktoré sa nachádzajú mimo ožiarenú osobu. **Vnútorne ožiarenie** je spôsobené žiarením z rádioaktívnych nuklidov, ktoré sa nachádzajú v ľudskom organizme.

Do ľudského organizmu sa rádioaktívne nuklidy dostávajú za normálnych okolností dýchaním (inhalácia) a príjmom potravy a nápojov (ingescia). Dýchaním sa do tela dostávajú plynné rádioaktívne látky rádioaktívne aerosóly. Z plyných rádioaktívnych látok sa v životnom prostredí vyskytujú rádioaktívne izotopy vzácnych plynov, vodná para (obsahuje $^3\text{H}^1\text{HO}$), oxid uhličitý $^{14}\text{CO}_2$ a tiež niektoré chemické formy rádioaktívnych izotopov jódu. Rádioaktívne aerosóly sú malé prachové častice, na ktorých sú zachytené rádioaktívne nuklidy. Pri dýchaní sa aerosólové častice väčšie ako $10\ \mu\text{m}$ zadržujú v horných dýchacích cestách, častice s rozmerom $1\text{-}5\ \mu\text{m}$ prenikajú do pľúc, kde zostávajú dlhú dobu. Do potravy sa rádioaktívne nuklidy dostávajú z rastlín a živočíchov (obrázok 2). Rádioaktivita rastlín pochádza prevažne z pôdy, usadzovanie rádioaktívnych nuklidov na nadzemných častiach rastlín má význam iba pri väčších haváriách jadrových zariadení, v skorších dobách k tomu dochádzalo po nadzemných explóziách jadrových zbraní. Nuklidy ^{14}C a ^3H sú rastlinami prijímané z atmosféry, ostatné rádioaktívne nuklidy sú z pôdnej vody. Niektoré rastliny majú schopnosť hromadiť rádioaktívne nuklidy z primanej vody, podobne aj niektoré živočíchy akumulujú rádioaktívne nuklidy z vody alebo rastlín.

Obrázok 2



Tabuľka 1: Ožiarenie obyvateľstva z prírodných zdrojov

| Zdroj ožiarenia | | ročná efektívna dávka (mSv) | |
|-------------------|---|-----------------------------|------------------------|
| | | priemerná | typický rozsah |
| Kozmické žiarenie | Primárna zložka a fotóny | 0.28 | |
| | Neutróny | 0.10 | |
| | Kozmogénne rádionuklidy | 0,01 | |
| | Celkové ožiarenie z kozmického žiarenia | 0.39 | 0.3 - 1.0 ^a |
| Inhalácia | Uránový a Thóriový rad | 0.006 | |
| | Radón (²²² Rn) | 1.15 | |
| | Thorón (²²⁰ Rn) | 0.1 | |
| | Celkové ožiarenie z inhalácie | 1.26 | 0.2 - 10 ^c |

| | | | |
|-------------------|------------------------------|------|------------------------|
| Prírodné žiarenie | Zemský povrch | 0.07 | |
| | Stavebné materiály | 0.41 | |
| | Celkové prírodné ožiarenie | 0.48 | 0.3 - 1.0 ^b |
| Ingescia | Draslík (⁴⁰ K) | 0.17 | |
| | Uránový a Thórový rad | 0.12 | |
| | Celkové ožiarenie z ingescie | 0,29 | 0.2 - 1.0 ^d |
| Celková suma | | 2.4 | 1.0 - 13 |

- a- rozsah závisí od úrovne mora po väčšie nadmorské výšky
- b- závisí od zloženia rádionuklidov v pôde a stavebných materiáloch
- c- závisí od vnútorného nahromadenia radónu
- d- závisí od zloženia rádionuklidov v potrave a pitnej vode

Pri vnútornom ožiarení závisí poškodenia hlavne od absorbovanej dávky žiarenia, ktorú rádioaktívny nuklid v organizme vyvolá a tieto opäť na jeho aktivite v konkrétnom orgáne alebo tkanive, prípadne v celom tele. Prírodné rádioaktívne nuklidy (⁴⁰K, ¹⁴C, ²²⁶Ra) sú v ľudskom organizme prítomné v približne stálej koncentrácii, pretože sa tu vytvorila rovnováha medzi ich príjomom potravou a vylučovaním. V prípade jednorázového príjmu rádioaktívneho nuklidu, k čomu môže dojsť v prípade neopatrných manipulácií s rádioaktívnymi látkami a pri haváriách jadrových zariadení, je podstatné to ako rýchlo aktivita klesá od okamžiku príjmu. Pokles aktivity časom je v tomto prípade daný polčasom premeny rádioaktívneho nuklidu (T) a tiež rýchlosťou jeho metabolického vylučovania z organizmu, vyjadrenou biologickým polčasom (T_B). Je to doba, po ktorej sa zníži množstvo rádioaktívneho nuklidu metabolickými procesmi na polovicu pôvodného množstva. Celkový úbytok vyjadruje efektívny polčas, definovaný vzťahom $T_{ef} = \frac{T \cdot T_B}{T + T_B}$. Pri vnútornom ožiarení nedochádza z pravidla k rovnomernému ožiareniu všetkých orgánov, pretože niektoré rádioaktívne nuklidy sa v organizme nerozptyľujú rovnomerne, ale jednotlivito sa hromadia v určitom orgáne alebo tkanive. Orgán v ktorom rádioaktívny nuklid vyvolá najväčšie ožiarenie, sa nazýva kritický orgán pre konkrétny nuklid. Efektívne poločasy a kritické orgány niekoľkých významných rádioaktívnych nuklidov sú v tabuľke 2.

Tabuľka 2 : Efektívne poločasy a kritické orgány pre niektoré rádioaktívne nuklidy

| Nuklid | T (poločas premeny) | T _{ef} ^a | kritický orgán |
|-------------------|---------------------|------------------------------|----------------|
| ³ H | 12,35 rokov | 10-20 dní | celé telo |
| ¹⁴ C | 5736 rokov | 35 dní | tukové tkanivo |
| ⁹⁰ Sr | 28,1 rokov | 15 rokov | kosť |
| ¹³¹ I | 8,05 dní | 7,5 dňa | štitna žľaza |
| ¹³⁷ Cs | 30 rokov | 70 dní | celé telo |
| ²¹⁰ Po | 138,4 dní | 58 dní | celé telo |
| ²²⁶ Ra | 1620 rokov | 45 rokov | kosť |
| ²³⁹ Pu | 24400 rokov | 110 rokov | kosť, pľúca |

a- pre kritický orgán

Nebezpečenstvo vnútorného ožiarenia vyplýva z toho, že zdroj ionizujúceho žiarenia (rádioaktívny nuklid) sa nachádza v tesnom kontakte s určitým tkanivom. Riziko z vnútorného ožiarenia nieje pre všetky rádioaktívne nuklidy rovnaké. Závisí na fyzikálnych vlastnostiach nuklidu (druh a energia emitovaného žiarenia, polčas rozpadu), jeho chemickej forme (či je v organizme v rozpustnej alebo nerozpustnej forme) a na jeho biochemických a fyziologických vlastnostiach (rýchlosť a rozsah vstrebávania v zažívacom trakte, následné ukladanie a vylučovanie). Tieto vlastnosti určujú rádiotoxicitu nuklidu. Podľa celkového rizika sa rádioaktívne nuklidy rozdeľujú do piatich tried, kde najnebezpečnejšia je prvá trieda (tabuľka 3).

Tabuľka 3: Rozdelenie rádioaktívnych nuklidov podľa rádiotoxicity a potenciálneho ohrozenia vonkajším ožiarením.

| Trieda | Nuklidy |
|--------|--|
| 1 | ⁶⁰ Co, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²¹⁰ Pb, ²²⁶ Ra, ²³⁹ Pu, ²⁴¹ Am |
| 2 | ⁵⁹ Fe, ⁹⁰ Sr, ¹⁰⁶ Ru, ¹³¹ I, ²¹⁰ Po |
| 3 | ¹²³ I, ¹²⁵ I, ¹⁴⁴ Ce |
| 4 | ¹⁴ C, ³² P, ⁸⁹ Sr, ⁹⁰ Y, ⁹⁹ Tc |
| 5 | ³ H, ⁴⁵ Ca, ¹⁴⁷ Pm |

Ožiarenia obyvateľstva z umelých zdrojov je za normálnych okolností veľmi nízke (obrázok 1). Existujú legislatívne normy, ktoré stanovujú princípy radiačnej ochrany s cieľom čo najviac obmedziť ožiarenie obyvateľstva z umelých zdrojov. Tieto normy vychádzajú z odporúčaní medzinárodnej komisie pre ochranu pred žiarením a stanovujú limity ožiarenia, ktorých prekročenie nie je prípustné. Prevádzkovatelia jadrových zariadení musia dodržiavať tieto limity. V Slovenskej republike je limit pre ožiarenie obyvateľstva stanovený tak, že súčet efektívnych dávok z vonkajšieho a vnútorného ožiarenia z umelých zdrojov žiarenia nesmie byť väčší ako 1 mSv za kalendárny rok. Do tejto hodnoty sa nerátajú dávky z prípadného lekárskeho ošetrovania. Pre osoby, ktoré s ionizujúcim žiarením prichádzajú do styku v rámci svojich pracovných povinností je limit vyšší, tak isto je stanovený aj špeciálny limit pre praktikantov a študentov, ktorí prichádzajú do styku s ionizujúcim žiarením v rámci vzdelávania. Limity ožiarenia sú stanovené v Nariadení vlády SR č. 345/2006 Z. z. (o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľov pred ionizujúcim žiarením).