

Metódy merania a hodnotenia rádionuklidov v životnom prostredí

doc. Ing. Róbert Hincá, PhD.

Ožiarovanie prírodnou rádioaktivitou

- Pre meranie a hodnotenie rádioaktívnej kontaminácie životného prostredia v prípade masívnejšieho úniku rádioaktivity je potrebné poznať radiačné parametre všetkých jeho zložiek, teda jednotlivých článkov reťazcov
- **Prvý reťazec:**
- *vzduch – voda – pôda – poľnohospodárske produkty – potravinové výrobky – človek*
- **Druhý reťazec:**
- *vzduch – krmoviny – mlieko – mäso – človek*
- Prvý z týchto reťazcov predstavuje dlhodobejší proces a druhý rýchlejšie odráža dynamiku zmien v prostredí

Prírodná rádioaktivita vôd

- Prírodná rádioaktivita vôd:
 - je daná obsahom rozpustených pevných a plyných prírodných RAL,
 - vytvára sa v dôsledku interakcie vody s litosférou a atmosférou.
- Rádioaktivitu vody ovplyvňuje aj **prítomnosť živých organizmov**, ktoré **zachytávajú** rádionuklidy prítomné vo vode. Tento proces môže prebiehať aj **v opačnom smere** – rozkladom biomasy sa rádioaktívne látky dostávajú znova do vody.
- Rádionuklidy vo vode (prechádzajú do vôd z horninového prostredia)
 - ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{222}Rn , $^{234,235,238}\text{U}$, ^{232}Th , ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{40}K , ^{14}C .
- **TYPY VÔD:**
podzemná, pitná, minerálna, termálna, balená, povrchová, odpadová

Rozdelenie vôd podľa mineralizácie

- **Veľmi nízko** mineralizované (s obsahom RL do 50 mg/l)
 - sa nehodia pre stále pitie kvôli riziku narušenia minerálového i vodného metabolizmu, môžu byť vhodné iba pre niektoré krátkodobé diétne alebo liečebné kúry a pre riedenie umelej dojčenskej výživy na báze kravského mlieka,
- **Nízko** mineralizované (obsah RL do 50-500 mg/l)
 - sa hodia pre bežné pitie, pokiaľ neobsahujú oxid uhličitý,
- **Stredne** mineralizované (obsah RL 500-1500 mg/l)
 - by mali byť iba doplnkom nápojového sortimentu, mali by sa striedať a konzumované množstvo by nemalo presiahnuť v priemere 0,5 l za deň
- **Vysoko** mineralizované (obsah RL 1500-5000 mg/l)
 - by sa mali konzumovať iba výnimočne a v obmedzenom množstve, pre deti ide vyložene o nevhodný nápoj
- **Veľmi vysoko** mineralizované (obsah RL 5000-15000 mg/l)
 - by sa mali používať len ako liek pod dohľadom lekára.
- **Soľanky** (obsah RL na 15000 mg/l)
 - by sa mali používať len ako liek pod dohľadom lekára.

Optimálne hodnoty niektorých minerálnych látok v pitnej vode

Ukazovateľ	Optimálny obsah
RL – rozpustené látky (ukazovateľ celkového obsahu min. látok)	150 až 400 mg/l
Ca ⁺ vápnik	40 až 70 (min 30) mg/l
Mg ⁺⁺ horčík	20 až 30 (min 10) mg/l
Na ⁺ sodík	5 až 25 mg/l
K ⁺ draslík	5 až 25 mg/l
Cl ⁻ chloridy	menej ako 50 mg/l
SO ₄ ⁻ sírany	menej ako 50 mg/l
HCO ₃ ⁻ hydrogénuhličitaný	100 až 300 mg/l
F ⁻ fluoridy	0,1 až 0,3 mg/l
NO ₃ ⁻ dusičnany	menej ako 10 mg/l

Pri mernej aktivite draslíka 30 Bq/g dostaneme aktivitu draslíka v pitnej vode 0,15 až 0,75 Bq/L

Minimálne kritériá pre metódy stanovenia rádiologických ukazovateľov pre vodu 528/2007

Stanovovaný ukazovateľ	Citlivosť	Presnosť
Celková objemová aktivita alfa	0,04 Bq.l ⁻¹	30%
Celková objemová aktivita beta	0,15 Bq.l ⁻¹	20%
Objemová aktivita ²²² Rn	5,0 Bq.l ⁻¹	10%
Objemová aktivita ostatných rádionuklidov	10%	15%
Hmotnostná koncentrácia draslíka	1 mg.l ⁻¹	15%
Hmotnostná koncentrácia uránu	0,002 mg.l ⁻¹	15%

Citlivosť vyjadrená ako minimálna detekovateľná aktivita alebo minimálna stanoviteľná hmotnostná koncentrácia na hladine významnosti 95%

Presnosť sa vyjadruje ako kombinovaná štandardná neistota merania pre celkové objemové aktivity, hmotnostné aktivity a hmotnostné koncentrácie rovné alebo prekračujúce smerné hodnoty na vykonanie opatrení alebo najvyššie prípustné hodnoty.

Úplný rozbor a hodnotenie obsahu prírodných rádionuklidov v dodávanej vode

Týka sa položiek: pramenitá voda, pramenitá voda "vhodná na prípravu stravy pre dojčatá", prírodná minerálna voda, balená pitná voda, pitná voda. **Frekvencia stanovení** - jedenkrát za rok. **Rozsah stanovení:**

- celková objemová aktivita alfa
- celková objemová aktivita beta
- objemová aktivita ^{222}Rn pri vode z podzemného zdroja dodávanej ako pitná voda
- objemová aktivita ^{226}Ra , ak celková objemová aktivita alfa presiahne smernú hodnotu na vykonanie opatrení
- obsah **uránu**, ak celková objemová aktivita alfa po odčítaní príspevku od ^{226}Ra presiahne smernú hodnotu na vykonanie opatrení
- objemové aktivity **ďalších** rádionuklidov emitujúcich žiarenie alfa uvedených vo vyhláške, ak celková objemová aktivita alfa po odčítaní príspevku ^{226}Ra a uránu presiahne smernú hodnotu na vykonanie opatrení
- objemová aktivita ^{40}K , ak celková objemová aktivita beta presiahne smernú hodnotu na vykonanie opatrení
- objemové aktivity **ďalších** rádionuklidov emitujúcich žiarenie beta uvedených vo vyhláške, ak celková objemová aktivita beta po odčítaní príspevku ^{40}K presiahne smernú hodnotu na vykonanie opatrení

Smerné hodnoty na vykonanie opatrení

Druh dodávanej vody	Celková objemová aktivita alfa [Bq.l ⁻¹]	Celková objemová aktivita beta [Bq.l ⁻¹]	Objemová aktivita ^{222}Rn [Bq.l ⁻¹]
Pramenitá voda "vhodná na prípravu stravy pre dojčatá"	0,1	0,2	20
Prírodná minerálna voda	1,0	2,0	100
Pramenitá voda, balená pitná voda, pitná voda	0,2	0,5	100

Vyhláška MZ SR č. 528/2007 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o požiadavkách na obmedzenie ožiarovania z prírodného žiarenia

Zákon MZ SR č. 355/2007 Z. z. o ochrane, podpore a rozvoji verejného zdravia

Najvyššie prípustné hodnoty obsahu rádionuklidov v dodávanej vode

Rádionuklid	Pramenitá voda "vhodná na prípravu stravy pre dojčatá" [Bq.l ⁻¹]	Prírodná minerálna voda [Bq.l ⁻¹]	Pramenitá voda, balená pitná voda, pitná voda [Bq.l ⁻¹]
²¹⁰ Pb	0,1	0,8	0,3
²¹⁰ Po	0,1	0,5	0,2
²²² Rn	-	600	300
²²³ Ra	0,2	5,0	1,5
²²⁴ Ra	0,3	7,5	2,3
²²⁶ Ra	0,2	1,9	0,6
²²⁸ Ra	0,1	0,7	0,3
²³⁴ U	1,8	12,1	3,9
²³⁵ U	1,9	12,6	4,1
²³⁸ U	2,0	13,2	4,3

MONITORING RÁDIOAKTIVITY ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA UVZ SR + RUVZ

SO ZAMERANÍM NA OKOLIE
PREVÁDZKOVANÝCH ATÓMOVÝCH
ELEKTRÁRNÍ JASLOVSKÉ BOHUNICE A
MOCHOVCE

- *atmosférický spad a zrážky,*
- *voda – pitná, povrchová, odpadová,*
- *kravské mlieko,*
- *krmoviny,*
- *obilie,*
- *zelenina,*
- *orná pôda.*

PRE EURÓPSKU KOMISIU AKO PLNENIE
ČLÁNKU 36 ZMLUVY EURATOM

- *voda – pitná, povrchová, odpadová,*
- *kravské mlieko,*
- *celodenná strava,*
- *huby,*
- *zelenina,*
- *mäso,*
- *potraviny dennej spotreby.*

ZMLUVA O EURATOME

Článok 35

Každý členský štát vybuduje zariadenia potrebné na uskutočňovanie nepretržitého sledovania úrovne rádioaktívnej kontaminácie vzduchu, vody a pôdy a zabezpečenie dodržiavania základných noriem. Komisii patrí právo vstupu do takýchto zariadení; môže overovať ich prevádzku a účinnosť.

Článok 36

Poverené orgány budú Komisii periodicky oznamovať informácie o kontrolách podľa článku 35 tak, aby bola informovaná o úrovni rádioaktivity, ktorej je vystavená verejnosť.

Stanovenie celkovej objemovej aktivity alfa vo vzorkách vody

- Celková alfa aktivita je skupinový ukazovateľ možného obsahu rádionuklidov emitujúcich alfa častice pri meraní, v ktorom sa nestanovuje aktivita jednotlivých rádionuklidov.
- Stanovenie je založené na meraní ionizujúceho žiarenia emitovaného rádionuklidmi. Meria sa napr.
 - zmes odparku zo vzorky termálnej vody so scintilátorom ZnS(Ag) alebo
 - priamo odparok kremíkovým detektorom typu PIPS, alebo
 - prietokovým plynovým proporcionálnym detektorom, umožňujúcim detekciu častíc alfa.

Stanovenie celkovej objemovej aktivity alfa vo vzorkách vody

- Celková objemová aktivita alfa, $a_{V,\alpha}$ predstavuje skupinový ukazovateľ možného obsahu rádionuklidov s premenou alfa, zistený podľa normy STN 75 7611;
- vyjadruje sa súčtom objemových aktivít rádioaktívnych izotopov uránu ^{234}U , ^{235}U a ^{238}U v ich **prírodnej zmesi**, ktorý poskytuje rovnakú odozvu ako meraná vzorka v Bq.l^{-1} .

Stanovenie celkovej objemovej aktivity beta vo vzorkách vody

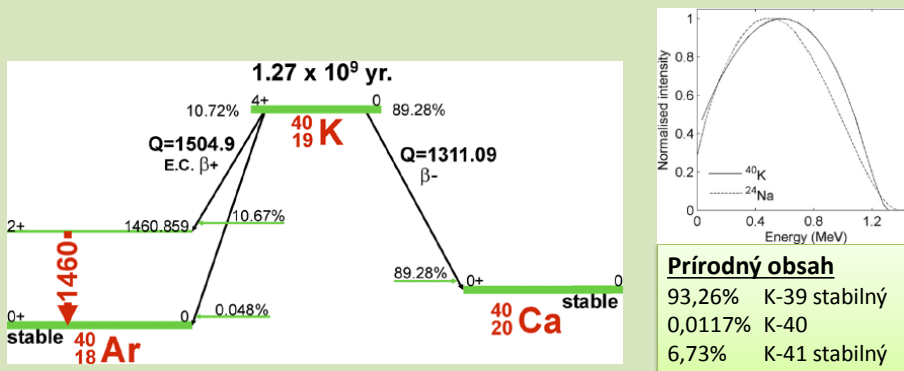
- Celková beta aktivita je skupinový ukazovateľ možného obsahu rádionuklidov emitujúcich beta častice pri meraní, v ktorom sa **nestanovuje** aktivita jednotlivých rádionuklidov.
- Stanovenie je založené na meraní vyžíhaného odparu plynovým proporcionálnym počítačom detekujúcim beta častice. Zo vzorky termálnej vody sa odparením získa odparok obsahujúci rozpustené látky. Odparok sa kvantitatívne prenesie na meraciu miskú, rovnomerne sa rozdelí na plochu misky a vyžíha.

Stanovenie celkovej objemovej aktivity beta vo vzorkách vody

- **Detekčná účinnosť sa stanoví meraním vzorky so známym obsahom ^{40}K** , ktorý je vzťažným rádionuklidom pre stanovenie celkovej beta aktivity.
- Detekčná účinnosť sa stanovuje v závislosti na hmotnosti vzorky, aby sa zohľadnila samoabsorpcia beta častíc vo vzorke.
- Pomocou známej detekčnej účinnosti sa stanoví počet beta častíc vyžiarených zo vzorky.

Stanovenie celkovej objemovej aktivity beta vo vzorkách vody

- Celková objemová aktivita beta, $a_{v,\beta}$: skupinový ukazovateľ možného obsahu rádionuklidov s premenou beta, zistený podľa normy STN 75 7612; vyjadruje sa súčinom objemovej aktivity izotopu ^{40}K a zastúpením jeho premeny beta s emisiou elektrónov (β^-), ktorý poskytuje rovnakú odozvu ako meraná vzorka v Bq.l^{-1} .



Metóda štandardného prídavku

Štandardný prídavok je postup, pri ktorom sa skúšobná vzorka rozdelí na dve (alebo viac) skúšobných množstiev. Jedno množstvo sa analyzuje ako také a do ostatných skúšobných množstiev sa pred analýzou pridajú známe množstvá štandardnej analyzovanej látky.

Množstvo pridanej štandardnej analyzovanej látky musí byť dvojnásobkom až päťnásobkom odhadovaného množstva analyzovanej látky vo vzorke. Tento postup je určený na stanovenie obsahu analyzovanej látky vo vzorke, pričom sa zohľadňuje výťažnosť tohto analytického postupu.

Neznámy obsah látky sa stanoví v podstate trojčlenkou z odoziev detektora N_X a N_{XP} na neznáme množstvo X a množstvo s prídavkom $X+P$, pričom netreba vedieť účinnosť merania:

$$N_X = \varepsilon \cdot X \quad N_{XP} = \varepsilon(X+P) \quad \text{potom}$$

$$X = \frac{N_X \cdot P}{N_{XP} - N_X}$$

Všeobecné pravidlá pre vypúšťanie rádionuklidov do životného prostredia

- Rádionuklidy sa môžu uvádzať do životného prostredia, len keď je to **odôvodnené**. Musia pritom byť zvážené také spôsoby, aby nehrozilo, že predtým, ako sa prirodzene zníži aktivita samovoľným rádioaktívnym rozpadom na úroveň spojenú so zanedbateľne malým ožiarением, nedôjde v životnom prostredí k nahromadeniu rádionuklidov, ktoré by mohlo ohroziť zdravie alebo životné prostredie.
- Ak by pri uvádzaní rádionuklidov do životného prostredia mohla kolektívna efektívna dávka presiahnuť 1 manSv, alebo u kritickej skupiny obyvateľstva mohlo ožiarenie prevýšiť jednu dvadsatinu limitov (50 μSv), treba preukázať optimalizáciu radiačnej ochrany kvantitatívnou štúdiou, ktorá zhodnotí prínosy a riziká zvoleného postupu a porovná ho s možnými alternatívnymi prístupmi.

Všeobecné optimalizačné medze pre výpuste z JZ

- Optimalizačné medze pre celkové výpuste rádioaktívnych látok z JEZ, je priemerná efektívna dávka 250 μSv za kalendárny rok u príslušnej kritickej skupiny obyvateľstva
- z toho 200 μSv pre výpuste do ovzdušia a 50 μSv pre výpuste do vodných recipientov.

Ukladanie na skládky odpadu

- při ukládání na skládky odpadu ukládaný materiál vyhovuje požadavku limitu aktivity a hmotnostní aktivity a uložení je provedeno takovým způsobem, že nezpůsobí ve vzdálenosti 1 m od povrchu skládky zvýšení příkonu dávkového ekvivalentu o více než 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ proti původnímu přírodnímu pozadí v dané lokalitě a celkový příkon dávkového ekvivalentu není vyšší než 0,4 $\mu\text{Sv/h}$

Vypúšťanie rádioaktívnych látok do ovzdušia a vôd podľa Prílohy č. 3 k nariadeniu vlády č. 345/2006 Z. z.

- Z pracoviska so zdrojmi žiarenia možno vypúšťať rádioaktívne látky, ak je zabezpečené, že efektívna dávka spôsobená uvedením rádioaktívnych látok do životného prostredia u jednotlivca z kritickej skupiny obyvateľov nepresiahne 50 μSv v kalendárnom roku.

Miera obsahu rádionuklidov, ktorá umožňuje uvádzanie rádioaktívnych látok do životného prostredia

- je splnená ak pri vypúšťaní rádioaktívnych látok z jadrových zariadení do povrchových vôd a do ovzdušia, sa zmiešaním s neaktívnymi plynmi alebo neaktívnymi vodami a následným rozptýlením zabezpečí, že **efektívna dávka** kritickej skupiny obyvateľstva neprekročí **250 μSv** v kalendárnom roku.
- Táto hodnota sa vzťahuje na celkové ožiarenie zo všetkých jadrových zariadení danej lokality.
- **Kritická skupina obyvateľov** predstavuje skupinu osôb dostatočne homogénnu a reprezentatívnu, ktorá je najviac ožiarená z uvažovaného zdroja žiarenia.

Dozimetria a radiačná ochrana

23

Vypúšťanie rádioaktívnych látok do ovzdušia a vôd

- (3) Bez osobitného povolenia možno uvádzať rádioaktívne látky do životného prostredia, ak v žiadnom kalendárnom roku priemerná efektívna dávka spôsobená ich uvedením do životného prostredia u jednotlivca z kritickej skupiny obyvateľov nepresiahne **10 μSv** a súčasne kolektívna efektívna dávka neprekročí **jeden manSv**;
- ak je kolektívna dávka vyššia ako jeden manSv, možno povoliť uvádzanie do životného prostredia na základe výsledkov **optimalizačnej štúdie**, ktorou sa preukáže, že uvedenie do životného prostredia je optimálnym z hľadiska radiačnej ochrany.

Vypúšťanie rádioaktívnych látok do ovzdušia a vôd 1

- (4) Kritérium uvedené v odseku 3 sa považuje za splnené, ak pri
- a) vypúšťaní do povrchových vôd súčet súčinov objemových aktivít jednotlivých vypúšťaných rádionuklidov a konverzných faktorov h_{ing} pre príjem týchto rádionuklidov požitím dospelým jednotlivcom z obyvateľstva podľa tabuľky č. 5 prílohy č. 6 nie je väčší ako $10^{-4} \text{ Sv.m}^{-3}$,
- b) vypúšťaní do ovzdušia súčet súčinov objemových aktivít jednotlivých vypúšťaných rádionuklidov a konverzných faktorov h_{inh} pre príjem týchto rádionuklidov vdychovaním dospelým jednotlivcom z obyvateľstva podľa tabuľky č. 6 prílohy č. 6 nie je väčší ako $10^{-6} \text{ Sv.m}^{-3}$,

napr. pre vypúšťanie iba cézia Cs-137

$$h_{inh}=9,7 \cdot 10^{-9} \text{ Sv/Bq},$$

$$h_{ing}=1,3 \cdot 10^{-8} \text{ Sv/Bq}$$

$$a_{vair}=103,1 \text{ Bq/m}^3$$

$$a_{vliq}=7,7 \text{ kBq/m}^3$$

Vypúšťanie rádioaktívnych látok do ovzdušia a vôd 2

- (4) Kritérium uvedené v odseku 3 sa považuje za splnené, ak pri
- c) vypúšťaní do verejnej kanalizácie súčet súčinov objemových aktivít jednotlivých vypúšťaných rádionuklidov a konverzných faktorov pre príjem týchto rádionuklidov požitím dospelým jednotlivcom z obyvateľstva podľa tabuľky č. 4 prílohy č. 6 nie je väčší ako $10^{-2} \text{ Sv. m}^{-3}$.
- (5) Ak hmotnostné alebo objemové aktivity vypúšťaných médií sú vyššie, ako je uvedené v odseku 4, možno postupovať podľa odseku 3, ak sa preukáže dodržanie kritérií uvedených v tomto odseku (teda na základe výsledkov **optimalizačnej štúdie**).

Uvoľňovanie rádioaktívne kontaminovaných materiálov do životného prostredia

- Do životného prostredia možno uvoľňovať rádioaktívne kontaminované materiály ak priemerná efektívna dávka jednotlivcov v kritickej skupine obyvateľov spôsobená ich uvoľnením do životného prostredia v žiadnom kalendárnom roku nepresiahne **10 μSv** a súčasne kolektívna efektívna dávka neprekročí **1 manSv**.
- Ak aktivita uvoľňovaných rádioaktívne kontaminovaných materiálov je nižšia, ako sú uvoľňovacie hodnoty uvedené v prílohe č. 8 NV 345/2006, považuje sa kritérium na uvoľňovanie za splnené.

Dozimetria a radiačná ochrana

27

Uvoľňovanie rádioaktívne kontaminovaných materiálov spod inštitucionálnej kontroly do životného prostredia (príloha č.8 NV345/2006)

Trieda	Rádionuklidy
1	Na-22, Na-24, Mn-54, Co-60, Zn-65, Nb-94, Ag-110m, Sb-124, Cs-134, Cs-137, Eu-152, Pb-210, Ra-226, Ra-228, Th-228, Th-230, Th-232, U-234, U-235, U-238, Np-237, Pu-239, Pu-240, Am-241, Cm-244
2	Co-58, Fe-59, Sr-90, Ru-106, In-111, I-131, Ir-192, Au-198, Po-210
3	Cr-51, Co-57, Tc-99m, I-123, I-125, I-129, Ce-144, Tl-201, Pu-241
4	C-14, P-32, Cl-36, Fe-55, Sr-89, Y-90, Tc-99, Cd-109
5	H-3, S-35, Ca-45, Ni-63, Pm-147

Pre rádionuklidy v tabuľke č. 2 menovite neuvedené sa trieda určí ako rád minima z hodnôt $1\text{MeV}/(E_{\text{gamma}}+0,1.E_{\text{beta}})$, $(20/\text{hinh}).\mu\text{Sv}/\text{Bq}$ a $(2/\text{hing}).\mu\text{Sv}/\text{Bq}$, kde E_{gamma} je efektívna energia rádionuklidom emitovaného žiarenia gama v MeV a E_{beta} je efektívna energia rádionuklidom emitovaného žiarenia beta a hinh, resp. hing sú konverzné faktory pre príjem daného rádionuklidu inhaláciou, resp. ingesciou pre pracovníkov so zdrojmi

Dozimetria a radiačná ochrana

28

**Príloha č. 8 k nariadeniu vlády č. 345/2006 Z. z.
NAJVYŠŠIE PRÍPUSTNÉ HODNOTY POVRCHOVEJ RÁDIOAKTÍVNEJ KONTAMINÁCIE NA
PRACOVISKU A NA UVÁDZANIE RÁDIOAKTÍVNYCH LÁTKO DO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA**

Uvoľňovacie úrovne na uvádzanie rádioaktívnych látok do životného prostredia a najvyššie prípustné hodnoty pre rádioaktívnu kontamináciu materiálov a ich povrchov

Miesto rádioaktívnej kontaminácie	Trieda radiotoxicity podľa tabuľky č. 2				
	1	2	3	4	5
Materiály, pevné látky a predmety vynášané z pracovísk alebo inak uvádzané do životného prostredia	Uvoľňovacie úrovne hmotnostnej aktivity pre rádioaktívnu kontamináciu [kBq.kg ⁻¹]				
	0,3	3	30	300	3000
Povrchy materiálov a predmetov vynášaných z pracovísk alebo inak uvádzaných do životného prostredia	Uvoľňovacie úrovne plošnej aktivity pre povrchovú rádioaktívnu kontamináciu [kBq.m ⁻²]				
	3	30	300	3000	3.10 ₄
Povrchy podláh, stien, stropov, nábytku, zariadenia ap. v kontrolovanom pásme pracovísk s otvorenými žiaričmi	Najvyššie prípustné hodnoty povrchovej rádioaktívnej kontaminácie na pracovisku so zdrojmi ionizujúceho žiarenia [kBq.m ⁻²]				
	30	300	3000	3.10 ⁴	3.10 ⁵
Vonkajšie povrchy ochranného a prevádzkového zariadenia, osobných ochranných prostriedkov					
Povrch tela a vnútorné povrchy osobných ochranných prostriedkov	3	30	300	3000	3.10 ⁴
Pracovné povrchy mimo kontrolovaného pásma					

Uvoľňovanie rádioaktívne kontaminovaných materiálov spod inštitucionálnej kontroly do životného prostredia (NV345/2006)

- Ak rádioaktívne kontaminované materiály majú aktivitu vyššiu, ako je uvedené v prílohe č. 8, môžu byť uvoľnené do životného prostredia, ak sa preukáže, že individuálna efektívna dávka člena kritickej skupiny obyvateľov spôsobená uvedením rádioaktívne kontaminovaných materiálov do životného prostredia je nižšia ako 10 µSv za kalendárny rok.
- Vo výnimočných prípadoch môže byť efektívna dávka člena kritickej skupiny obyvateľov spôsobená uvedením rádioaktívne kontaminovaných materiálov do životného prostredia najviac 50 µSv, ak sa súčasne preukáže, že navrhované riešenie je optimálnym riešením z hľadiska radiačnej ochrany v porovnaní s alternatívnymi riešeniami.

Uvoľňovanie rádioaktívne kontaminovaných materiálov spod inštitucionálnej kontroly do životného prostredia (NV345/2006)

- a) uvoľňovanie materiálov kontaminovaných rádionuklidmi z pracovísk so zdrojmi ionizujúceho žiarenia do životného prostredia na
- i. neobmedzené ďalšie používanie,
 - ii. cielené a obmedzené použitie,
 - iii. prepracovanie,
 - iv. ukladanie na skládky odpadu,
 - v. spaľovanie,
 - vi. ukladanie do podzemia alebo na špeciálne skládky,
- b) uvoľňovanie priestorov, miestností, objektov, pôdy alebo území, ktoré boli súčasťou kontrolovaného pásma pracovísk so zdrojmi ionizujúceho žiarenia alebo boli kontaminované v dôsledku vykonávania činností vedúcich k ožiareniu alebo nakladania s materiálmi obsahujúcimi zvýšené množstvá prírodných rádionuklidov na voľné používanie.

Dozimetria a radiačná ochrana

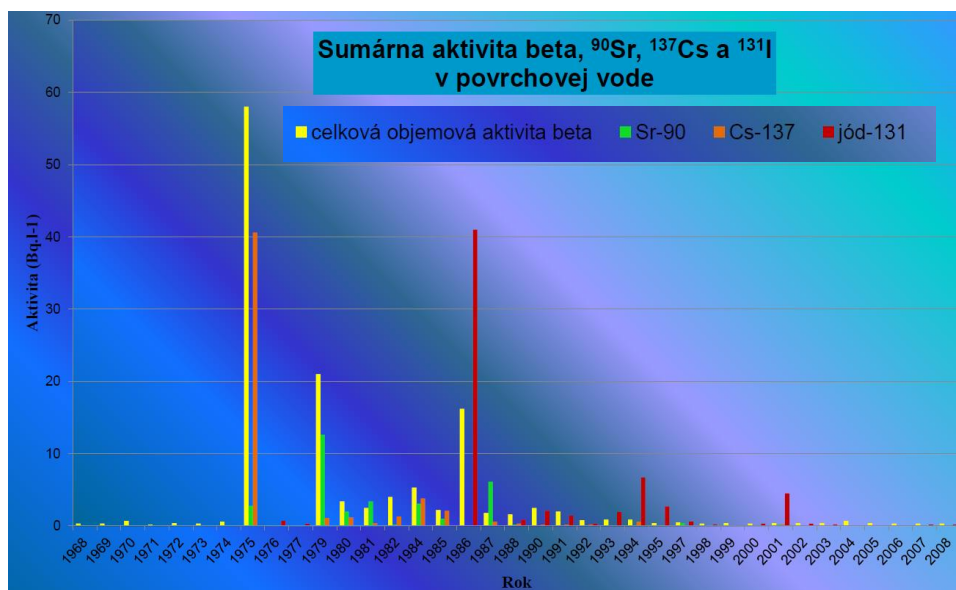
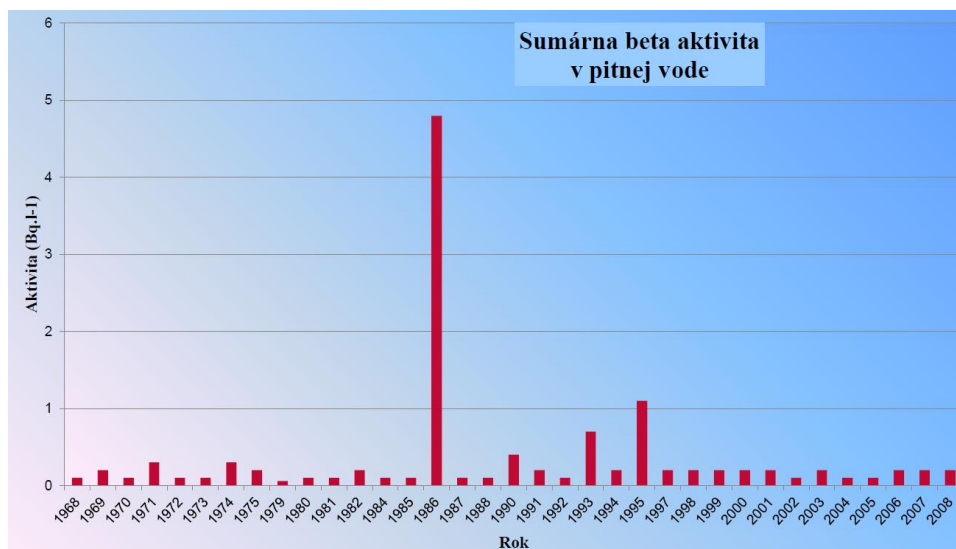
31

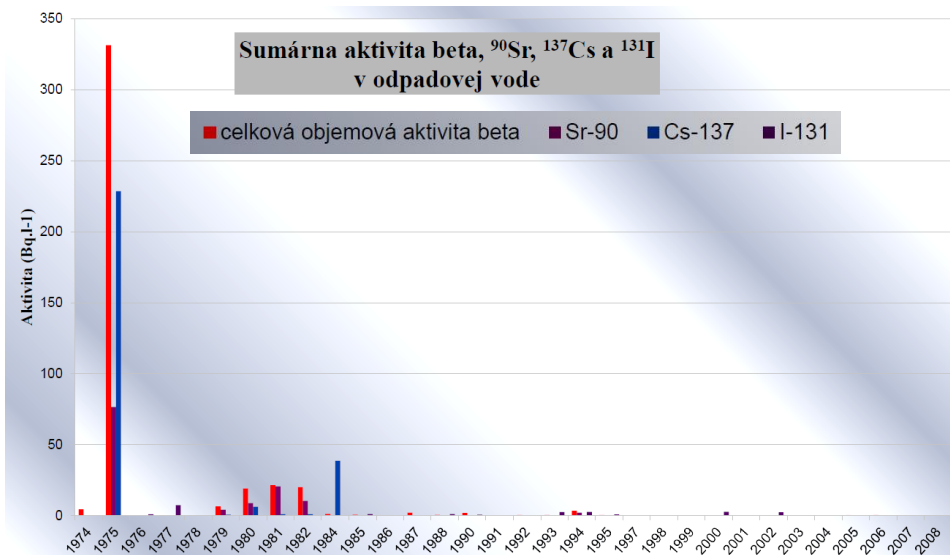
Uvoľňovanie rádioaktívne kontaminovaných materiálov spod inštitucionálnej kontroly do životného prostredia (NV345/2006)

- Ak rádioaktívne kontaminované materiály obsahujú viac ako jeden druh rádioizotopu, pri posudzovaní dodržania uvoľňovacích hodnôt sa používa súčtové pravidlo.
- Súčet podielov zistenej aktivity a uvoľňovacej hodnoty všetkých zistených rádionuklidov a ťažko stanoviteľných rádionuklidov, ktoré sa predpokladajú v uvoľňovanom materiáli, musí byť nižší ako **jeden**.
- Do úvahy sa berú všetky rádionuklidy, ktorých podiel aktivity a uvoľňovacej hodnoty je vyšší ako 0,01.
- Ak ide o ťažko merateľné rádionuklidy, hmotnostná aktivita a plošná aktivita sa stanovujú **výpočtom**.

Dozimetria a radiačná ochrana

32





Metodiky stanovenia prírodných rádionuklidov

- Stanovenie aktivity Rn-222
 - kvapalinová scintilačná spektrometria,
 - emanometrická metóda,
- Stanovenie aktivity Ra-226, zrážacia metóda
 - kvapalinová scintilačná spektrometria
 - v zmesi scintilátora ZnS(Ag),
 - gamaspektrometria,
- Stanovenie aktivity Ra-228, zrážacia metóda
 - kvapalinová scintilačná spektrometria,
 - gamaspektrometria,
- Stanovenie aktivity H-3
 - kvapalinová scintilačná spektrometria,

Gamaspektrometria

spektrum rádionuklidov,

Stanovenie aktivity Sr-90

ytriová metóda,

Stanovenie aktivity Cs-137

zrážacia metóda,

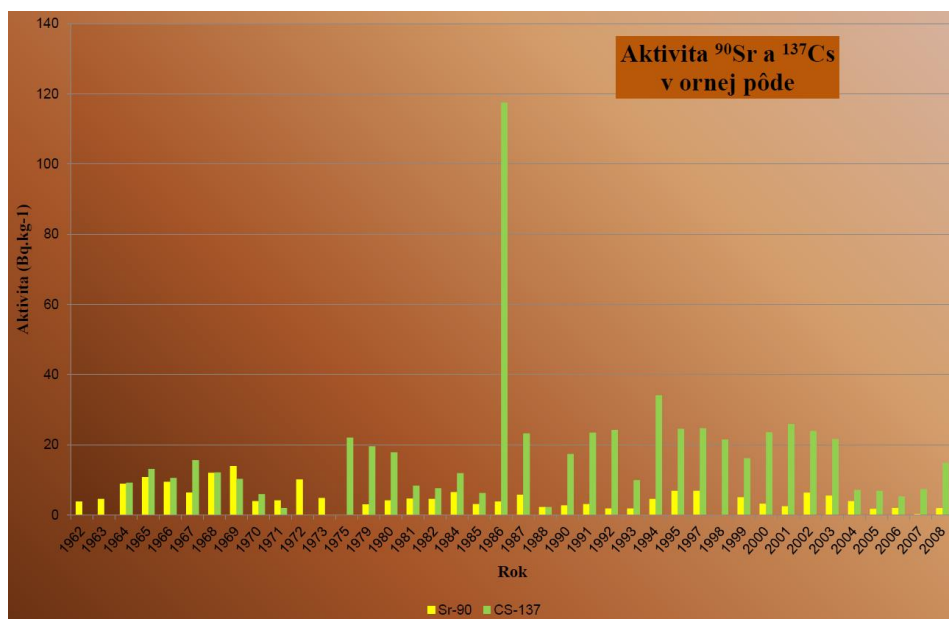
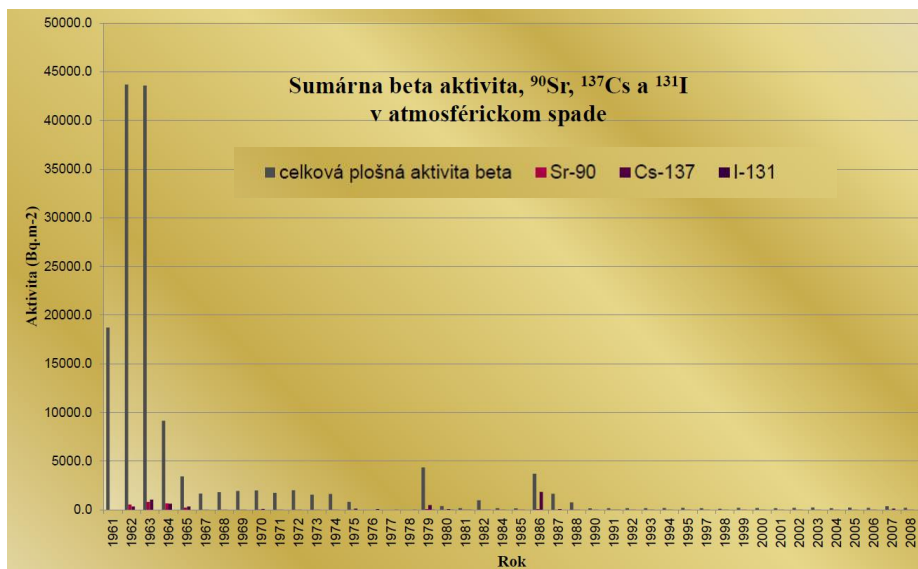
Stanovenie aktivity I-131

extrakčná metóda,

Atmosférický spad

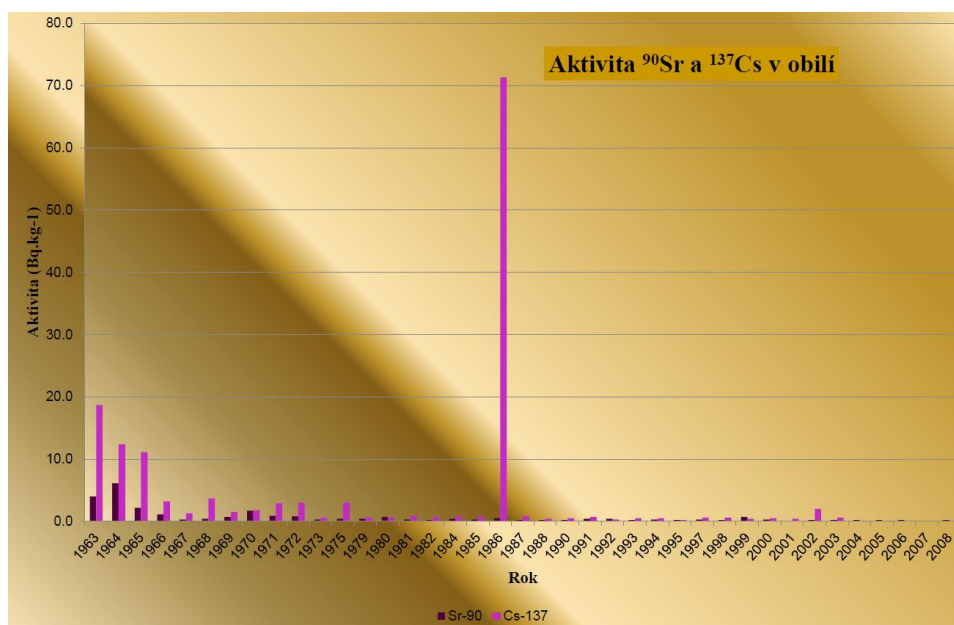
- V rámci širokej škály fyzikálnych, chemických, biologických a iných procesov v ovzduší vznikajú rádioaktívne látky, ktoré sa kumulujú, prenášajú a neustále menia. Svoj pôvod majú v samotnej prírode alebo vznikajú činnosťou človeka ako výsledok riadených a neriadených jadrových reakcií.
- Pri kontaminácii umelými rádionuklidmi vzniká rádioaktívny spad. Tento môžeme rozdeliť do troch časových kategórií: okamžitý, krátkodobý a stratosférický spad.

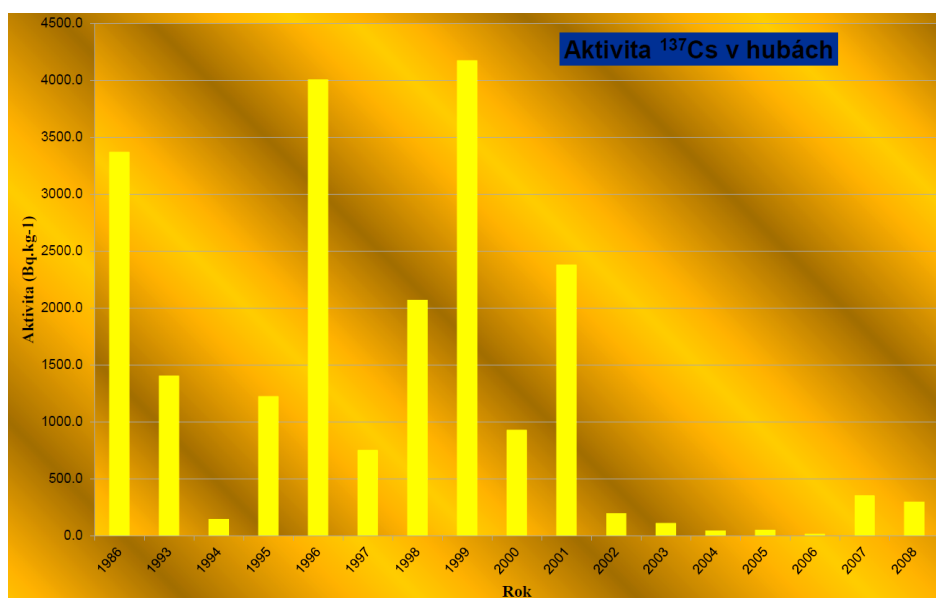
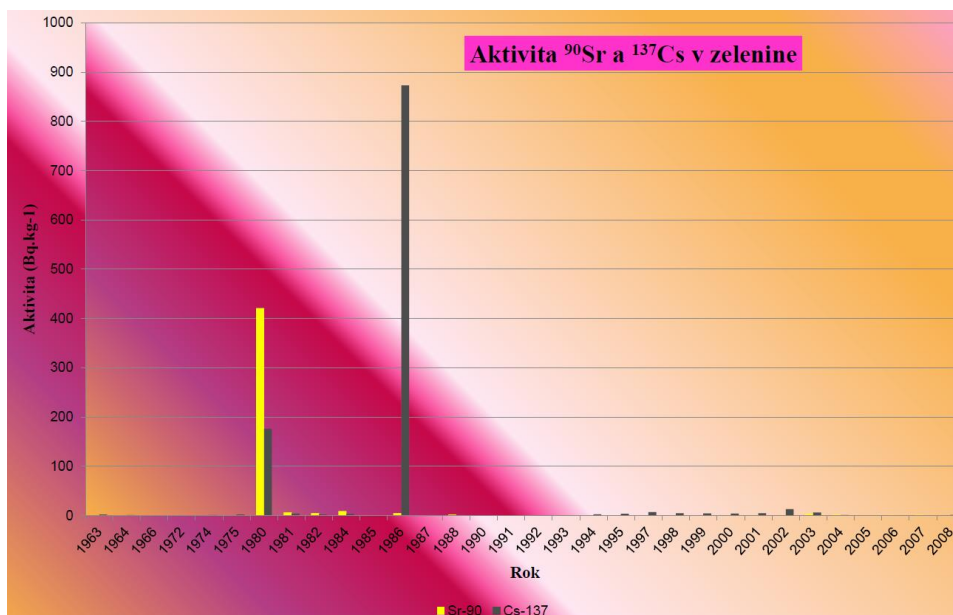
Merania atmosférického spádu v SR

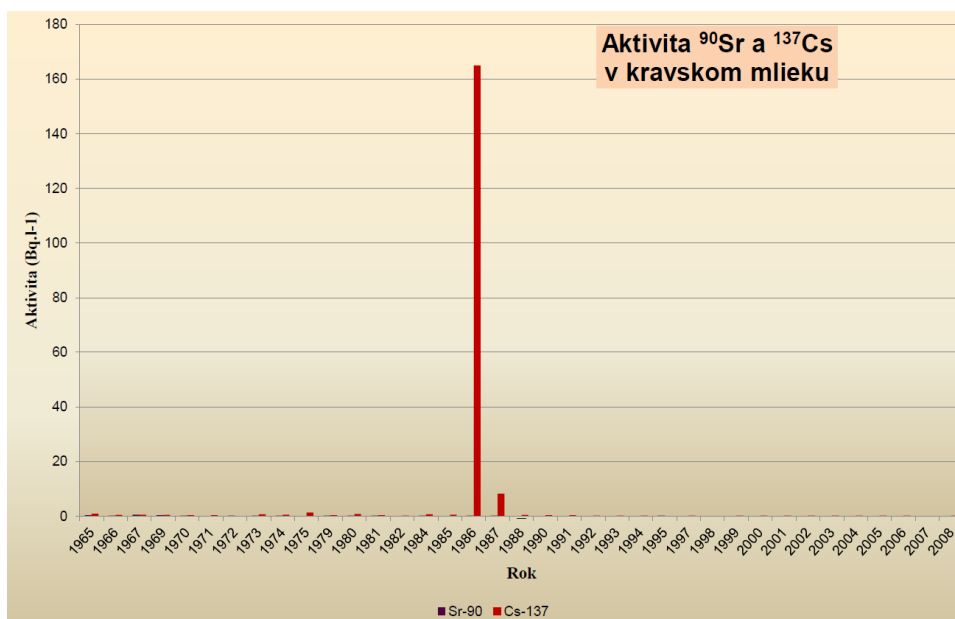


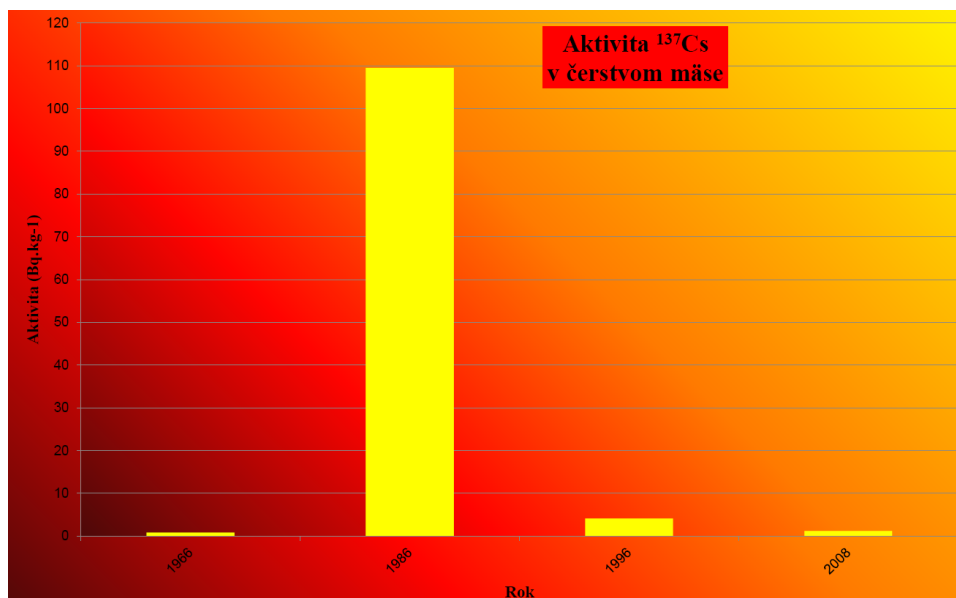
Rádioaktivita rastlín

- Rádioaktívne aerosóly z ovzdušia sedimentujú na povrchu rastlín. Úroveň rádioaktivity v rastlinách závisí od plochy listov rastliny.
- Rádionuklidy sedimentované na povrchu listov sa sorpčnou činnosťou dostávajú do celej rastliny.
- Rastliny v pomerne krátkom čase sorbujú sedimentované rádionuklidy a iba malé množstvo zostáva na povrchu listov viazané slabými sorpčnými silami.
- Rastliny tiež prijímajú rádionuklidy z pôdy koreňovým systémom.









Metodika merania a hodnotenia prírodného
ožiarenia osôb v pobytových priestoroch stavieb

Alfa meranie radónu

^{222}Rn je členom uránovej premenovej rady, vzniká premenou α z ^{226}Ra . Podobne v aktíniovej α premene sa z ^{223}Ra tvorí aktinón - ^{219}Rn ($T_{1/2} = 4$ s) a v tóriovej α premene z ^{224}Ra vzniká torón - ^{220}Rn ($T_{1/2} = 55,3$ s).

Vzhľadom na svoju dobu polpremeny (3,82 d) je najvýznamnejším izotopom ^{222}Rn .

Keďže doby polpremien všetkých vznikajúcich dcérskych nuklidov premeny ^{222}Rn sú menšie ako doba polpremeny materského nuklidu, existuje medzi susednými členmi rádioaktívna rovnováha.

Pri stanovení ^{222}Rn sa rovnováha ustáli za čas približne 10 dôb polpremeny najdlhodobejšieho z premenových produktov, tj. ^{214}Pb ($T_{1/2} = 27$ min), čiže za dobu približne 4 hod.

Alfa meranie radónu

Ak sa pomocou scintilátora merajú iba α -rádionuklidy s energiami $E_\alpha \sim 5$ MeV, potom celková meraná aktivita pochádzajúca z materského rádionuklidu ^{222}Rn ako aj jeho dcérskych nuklidov je daná vzťahom:

$$A_{\text{mer}} = A_1 + A_2 + A_3$$

(ak A_1 – aktivita ^{222}Rn , A_2 – aktivita ^{218}Po , A_3 – aktivita ^{214}Po), aktivita ^{214}Bi sa zanedbáva, pretože α prechod na ^{210}Tl je iba 0,04%.

Ostávajúce dcérske rádionuklidy majú rovnakú aktivitu, pričom $A_1 = A_2 = A_3$. Potom platí:

$$A_{\text{mer}} = 3A_1$$

STANOVENIE RADÓNU-222 VO VODÁCH

Radón vo vode je možné merať niekoľkými druhmi metód.

Gamaspektrometrická metóda: K stanoveniu radónu-222 s využitím detekcie žiarenia gama sa používa studnicový scintilačný detektor so scintilátorom NaI(Tl) alebo polovodičový Ge(Li) detektor, čím je dosiahnutá vysoká selektivita stanovenia. Ide o nepriamy spôsob stanovenia ^{222}Rn pomocou detekcie žiarenia gama ^{214}Pb o energii 352 keV (36%), 295 keV (19%), 242 keV (4%) a ^{214}Bi o energii 609 keV (47%), 1,12 MeV (17%), 1,764 MeV (17%).

Emanometrická metóda – vytiesnenie resp. vybublanie radónu z vody vhodným nosným plynom (argón, dusík, vzduch) a meranie aktivity získaného plynu v meracej komôrke. Meracou nádobou môže byť komora proporcionálneho počítača alebo scintilačná – Lucasova komôrka.

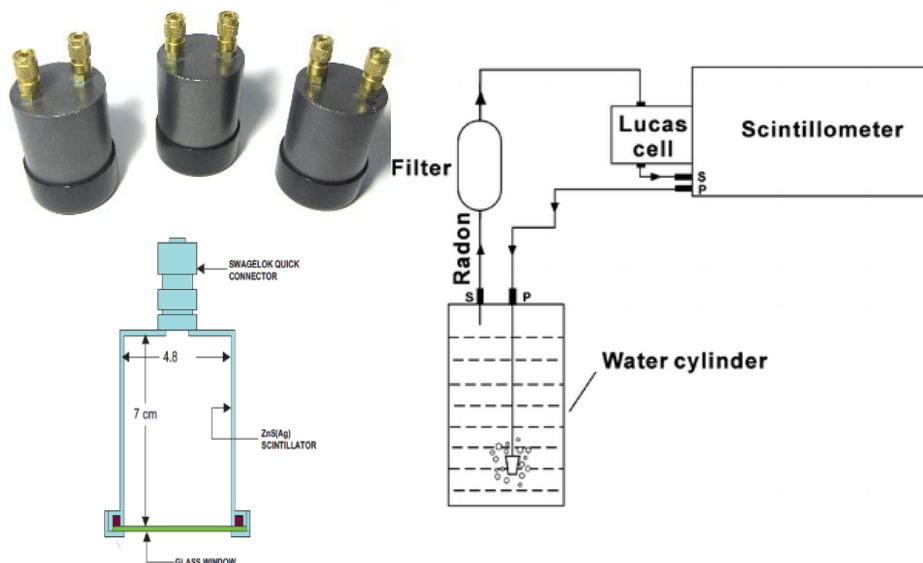
Lucasova emanometrická metóda

Lucasova komôrka je tuhá scintilačná nádobka, $V = 0,125 \text{ dm}^3$; 1 dm^3 navrhnutá pre špecifické meranie α častíc, ktoré sú emitované environmentálnymi vzorkami obsahujúcimi ^{222}Rn .

Scintilačné komôrky môžu byť zhotovené zo skla rôzneho typu (Kovar, Pyrex, Simax, kremeň), plastickej hmoty alebo kovového materiálu. Použitý materiál ovplyvňuje predovšetkým pozadie zhotovených komôrok, najnižšiu početnosť impulzov pozadia udáva *Lucas* pre komôrky zo skla Kovar ($0,0015 \text{ s}^{-1}$), pre bežné meranie však postačujú komôrky s pozadím 10-násobne vyšším.

Vnútorne steny komôrky s výnimkou okienka sú pokryté vrstvou ZnS(Ag) a doporučuje naniesť až 20 mg ZnS(Ag) na cm^2 vnútorného povrchu.

Lucasova emanometrická metóda



Lucasova emanometrická metóda

Častice α emitované radónom a jeho dcérskymi produktami interagujú so scintilátorom ZnS(Ag) a “scintilačné” fotóny sú následne detegované fotonásobičom.

Fotonásobič je v optickom kontakte s okienkom (zhotovené z kremeňa), ktoré sa nachádza v hornej časti Lucasovej komôrky. “Scintilačné” fotóny sú konvertované na elektrické impulzy a vyhodnotené vhodným analyzátorom impulzov.

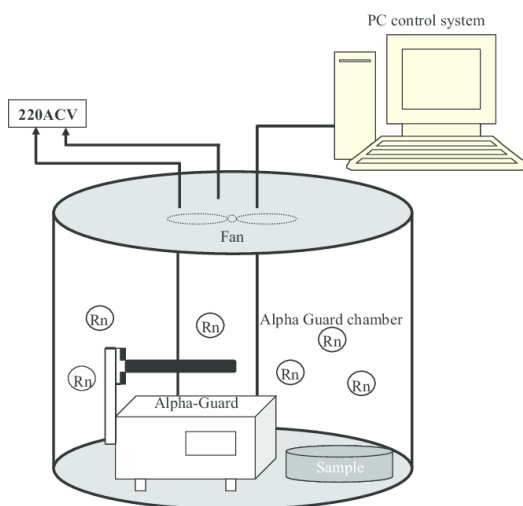
Celková účinnosť detekcie ^{222}Rn v rovnováhe s krátkodobými premenovými produktami ^{218}Po , ^{214}Po a ^{210}Po je obvykle 0,75 – 0,85.

Stanovenie aktivity ^{226}Ra Lucasovou komôrkou

Lucasovu metódu je taktiež možné využiť pre stanovenie ^{226}Ra vo vode pomocou jeho emanujúceho dcérskeho produktu ^{222}Rn po dosiahnutí rádioaktívnej rovnováhy. Princíp metódy spočíva v koncentrovaní a separácii ^{226}Ra vo vode spoluzrážaním s BaSO_4 . Skoncentrovaná vzorka je opäť rozpustená a umiestnená do **hermeticky uzatvorenej nádoby**.

Po ustálení rádioaktívnej rovnováhy **Ra \rightarrow Rn \rightarrow ... (21 dní)**, plynný radón je premiestnený pomocou hélia (nosný plyn) do Lucasovej komôrky a zmeraný detektorom α častíc.

Priame meranie aktivity radónu vo vzduchu



Meranie obsahu ^{226}Ra v materiáloch pomocou Alphaguard

Measurement range: 2 ... 2 000 000 Bq/m³

Type of radon detector: ionization chamber
(HV = 750 VDC)

Operation mode: 3D alpha spectroscopy and
current mode

Total/active detector volume: 0.56 liter

Detector filling mechanisms: Design optimized for
fast passive diffusion (10/60 min cycle) Flow mode
(1/10 min cycle) Rn/Tn mode (10min cycle)

Instrument calibration error: 3% (plus uncertainty
of used reference)

Detector efficiency: 1 cpm at 20 Bq/m³

Intrinsic effect (delivery status): < 1 Bq/m³



EOAR

Ekvivalentná objemová aktivita radónu EOAR a_{ekv} je vážený súčet
objemovej aktivity a_1 polónia 218 objemovej aktivity a_2 olova
214 a objemovej aktivity a_3 bizmutu 214 určených vzťahom

$$a_{\text{ekv}} = 0,106 \cdot a_1 + 0,513 \cdot a_2 + 0,381 \cdot a_3$$

Obmedzovanie ožiarenia radónom pri výstavbe stavieb s pobytovými priestormi

Vyhláška MZ SR 528/2007 Z.z.

Smernou hodnotou na vykonanie opatrení proti prenikaniu radónu z podlažia stavby pri výstavbe stavieb s pobytovými priestormi je **objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu** na úrovni základovej ryhy:

- a) 10 kBq.m⁻³ v dobre priepustných základových pôdach,
- b) 20 kBq.m⁻³ v stredne priepustných základových pôdach,
- c) 30 kBq.m⁻³ v slabo priepustných základových pôdach.

Ak je stanovená objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu nižšia ako uvedené hodnoty, radónové riziko sa považuje za nízke.

Smernou hodnotou na vykonanie opatrení sa rozumie hodnota priamo merateľnej veličiny, po ktorej prekročení by sa malo uvažovať o vykonaní opatrení na obmedzenie ožiarenia.

Obmedzenie ožiarenia radónom pri projektovaní stavieb a v existujúcich stavbách

Smernou hodnotou na vykonanie opatrení na obmedzenie ožiarenia **v existujúcich stavbách s pobytovými priestormi** je objemová aktivita radónu 400 Bq.m⁻³ v priemere za rok. Ak sa meraním určuje ekvivalentná objemová aktivita radónu, na prevod na objemovú aktivitu radónu sa použije faktor rovnováhy $F = 0,4$.

Opatrenia na obmedzenie ožiarenia z radónu sa **pri projektovaní nových stavieb s pobytovými priestormi** a projektovaní rekonštrukcií stavieb s pobytovými priestormi navrhujú tak, aby nebola prekročená hodnota objemovej aktivity radónu 200 Bq.m⁻³ v priemere za rok.

Interiérové ožiaranie radónom podľa smernice EC 2013/59/EURATOM čl. 74

1. Členské štáty stanovujú národné referenčné úrovne interiérových koncentrácií radónu. Referenčné úrovne ročnej priemernej koncentrácie aktivity vo vzduchu nepresiahnu **300 Bq m⁻³**.
2. Členské štáty v rámci národného akčného plánu uvedeného v článku 103 podporujú akcie zamerané na identifikovanie obydľí, v ktorých koncentrácie radónu (ako ročný priemer) presahujú referenčnú úroveň, a podnecujú, podľa okolností technickými alebo inými prostriedkami, opatrenia na znižovanie koncentrácie radónu v týchto obydľiach.
3. Členské štáty zabezpečujú sprístupnenie miestnych a celo štátnych informácií o interiérovom ožiarení radónom a súvisiacich zdravotných rizikách, o význame vykonávania meraní radónu a o dostupných technických prostriedkoch na zníženie existujúcich koncentrácií radónu.

Meranie radónu v stavbách

Účinnosť opatrení na obmedzenie ožiarenia z radónu pri novopostavených stavbách s pobytoým priestorom a rekonštruovaných stavbách s pobytoými priestormi sa overuje **krátkodobým meraním v trvaní najmenej sedem dní** za podmienok, ktoré objektívne vyjadrujú prítomnosť radónu v pobytoých priestoroch. Nameraná hodnota sa porovná so smernou hodnotou na vykonanie opatrení. Ak sa meraním určuje ekvivalentná objemová aktivita radónu, na prevod na objemovú aktivitu radónu sa použije faktor rovnováhy $F = 0,4$.

Smernou hodnotou na vykonanie opatrení na obmedzenie **vonkajšieho ožiarenia osôb** žiarením gama zo stavebných výrobkov v stavbách s pobytoými priestormi je príkon priestorového dávkového ekvivalentu $0,5 \text{ mikroSv.h}^{-1}$, ktorý sa stanovuje meraním vo výške 1 m od podlahy a vo vzdialenosti 0,5 m od stien. Smerná hodnota na vykonanie opatrení sa porovnáva s najvyššie nameranou hodnotou príkonu dávkového ekvivalentu.

V existujúcich stavbách s pobytoými priestormi najvyššie prípustné hodnoty sú:

- a) $4\,000 \text{ Bq.m}^{-3}$ v priemere za rok pre objemovú aktivitu radónu,
- b) 10 μSv.h^{-1} pre príkon priestorového dávkového ekvivalentu z prírodných RN.

Hodnotenie obsahu prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch

- Za hodnotenie obsahu prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch sa považuje porovnanie stanovenej hmotnostnej aktivity ^{226}Ra a indexu hmotnostnej aktivity so zodpovedajúcimi smernými hodnotami a najvyššími prípustnými hodnotami.
- Spôsob stanovenia indexu hmotnostnej aktivity pre obsah prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch:

$$I = \frac{a_{\text{Ra}}}{300} + \frac{a_{\text{Th}}}{200} + \frac{a_{\text{K}}}{3000}$$

a_{Ra} , a_{Th} , a_{K} sú namerané hmotnostné aktivity ^{226}Ra , ^{232}Th a ^{40}K v stavebnom výrobku.

Ak je obsah niektorého rádionuklidu menší ako najmenšia detekovateľná hmotnostná aktivita, pri výpočte indexu hmotnostnej aktivity sa pre taký rádionuklid použije hodnota najmensej detekovateľnej aktivity.

- Za systematické stanovovanie obsahu prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch sa považuje stanovovanie hmotnostných aktivít ^{226}Ra , ^{232}Th a ^{40}K so stanovenou frekvenciou. Stanovenie týchto hmotnostných aktivít je možné uskutočniť aj meraním vstupných surovín.

Monitorovanie stavebných výrobkov

Stanovovaný ukazovateľ	Citlivosť	Presnosť
Hmotnostná aktivita ^{226}Ra	30 Bq.kg ⁻¹	15% pri 300 Bq.kg ⁻¹
Hmotnostná aktivita ^{40}K	100 Bq.kg ⁻¹	15% pri 200 Bq.kg ⁻¹
Hmotnostná aktivita ^{232}Th	30 Bq.kg ⁻¹	15% pri 3 000 Bq.kg ⁻¹

Smernou hodnotou na vykonanie opatrení na zníženie obsahu prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch určených na výstavbu stavieb s pobytovými priestormi je hmotnostná aktivita ^{226}Ra v stavebnom výrobku 120 Bq.kg⁻¹.

Vyhláška 528/2007 ďalej stanovuje **najvyššie prípustné hodnoty indexu hmotnostnej aktivity** pre obsah prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch a frekvencie meraní obsahu prírodných rádionuklidov v stavebných výrobkoch.

POSTUP STANOVENIA OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU V PÔDNOM VZDUCHU A PRIEPUSTNOSTI ZÁKLADOVÝCH PÔD STAVEBNÉHO POZEMKU A ICH HODNOTENIE

(1) Hodnotenie rizika prenikania radónu zo základových pôd stavebného pozemku sa vykonáva na základe stanovenia objemovej aktivity ^{222}Rn v pôdnom vzduchu a plynopriepustnosti pôdy na úrovni základovej ryhy.

(2) Stanovenie objemovej aktivity ^{222}Rn sa vykonáva:

a) meraním objemovej aktivity ^{222}Rn vo vzorkách pôdneho vzduchu odobratom z hĺbky 0,8 m po vykonaní výkopových prác, alebo

b) odborným posúdením na základe merania objemovej aktivity ^{222}Rn vo vzorkách pôdneho vzduchu z hĺbky 0,8 m pod povrchom pôvodného, neupraveného terénu.

Pri tom je potrebné zohľadniť profil priepustnosti pôdy do hĺbky základovej ryhy, výsledky inžiniersko-geologického prieskumu, prítomnosť podzemnej vody, hmotnostnú aktivitu ^{226}Ra materských hornín a podobne.

POSTUP STANOVENIA OBJEMOVEJ AKTIVITY RADÓNU V PÔDNOM VZDUCHU A PRIEPUSTNOSTI ZÁKLADOVÝCH PÔD STAVEBNÉHO POZEMKU A ICH HODNOTENIE

Podmienkou na meranie objemovej aktivity ^{222}Rn je, aby najmenšia detekovateľná objemová aktivita ^{222}Rn v pôdnom vzduchu bola lepšia ako 1 kBq.m^{-3} . Neodporúča sa vykonávať merania v extrémnych meteorologických podmienkach, ktoré môžu zásadným spôsobom ovplyvniť vlhkosť a priepustnosť základových pôd.

(4) Pri hodnotení stavebných pozemkov so známym umiestnením stavby sa objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu stanovuje na budúcej zastavanej ploche a v jej najbližšom okolí v základnej sieti $10\text{m} \times 10\text{m}$ alebo hustejšej. Súbor meraní má byť najmenej 15 vzoriek pôdneho vzduchu odobratých z rôznych miest budúcej zastavanej plochy.

Ak je budúca zastavaná plocha väčšia ako $6\,000 \text{ m}^2$ a budúcou stavbou nie je bytová budova, základná sieť môže byť $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$.

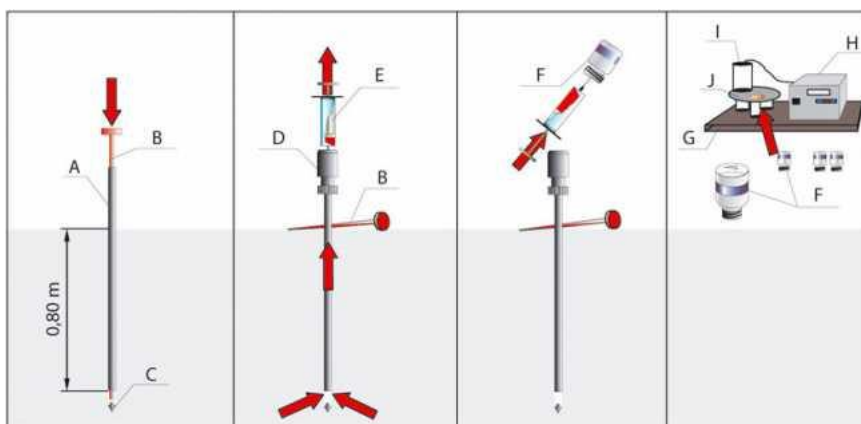
(5) Pri hodnotení stavebných pozemkov s neznámym umiestnením stavby sa objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu stanovuje zo súboru najmenej 15 vzoriek pôdneho vzduchu rovnomerne rozdelených po ploche pozemku.

Za dostatočnú hustotu stanovení sa považuje minimálne 25 odberových miest na $10\,000 \text{ m}^2$.

Výsledok merania OAR

- Objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu sa vypočíta ako tretí kvartil [0,75-kvantil] súboru nameraných hodnôt s vylúčením hodnôt menších ako 1 kBq.m^{-3} .
- V prípade evidentnej nehomogenity v horizontálnej distribúcii sa objemová aktivita radónu v pôdnom vzduchu vypočíta samostatne pre každú časť pozemku, v ktorej sa horizontálna distribúcia objemovej aktivity radónu môže považovať za homogénnu.
- Za dostatočný súbor meraní sa považuje najmenej 15 vzoriek pôdneho vzduchu v každej takej časti pozemku.

Meranie objemovej aktivity radónu v pôdnom vzduchu metodikou LUK



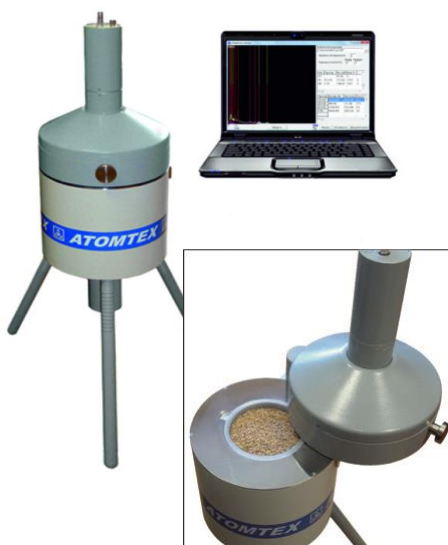
Vysvetlivky: A – odberná rúrka, B – vyrážacia tyč, C – stratený hrot, D – odsávací hľad, E – injekčná striekačka JANETT, F – Lucasova scintilačná komora, G – prístroj na meranie objemovej aktivity radónu, H – ovládací panel prístroja, I – sonda prístroja, J – kruhový menič scintilačných komôr

Priepustnosť základových pôd stavebného pozemku

- Priepustnosť základových pôd stavebného pozemku sa stanovuje podľa tabuľky zdokumentovaním vertikálneho profilu pôdy a podielu jemných častíc v zeminách a rozložených horninách v jednotlivých vrstvách profilu najmenej na troch miestach pozemku, pričom za dostatočnú hustotu stanovení sa považuje minimálne 5 stanovení na 10 000 m² plochy.
- Ako doplňujúci parameter sa môže použiť priame meranie plynopriepustnosti (STN 72 1020 *Laboratórne stanovenie priepustnosti zemín*).
- (8) Na hodnotenie radónového rizika sa použije zistená maximálna priepustnosť vo vertikálnom profile do hĺbky základovej ryhy objektu s vylúčením vrchného pôdneho horizontu a s vyhodnotením horizontálnej variability hodnôt priepustnosti na skúmanom stavebnom pozemku.

Kategória priepustnosti	Podiel jemných častíc
slabá	$f > 65 \%$
stredná	$15 \% < f < 65 \%$
dobrá	$f < 15 \%$

Meranie hmotnostnej aktivity rádionuklidov emitujúcich beta žiarenie



Two channel scintillation gamma and beta spectrometer is designed for simultaneous and selective detection of the following: 137Cs, 134Cs, 131I and 90Sr radionuclide specific activity in natural samples.

Specific effective activity of 40K, 226Ra, 232Th in construction materials.

Gamma channel NaI(Tl) $\varnothing 63 \times 63$ mm

Beta channel Plastic scintillator $\varnothing 128 \times 9$ mm

Lower limit of 90Sr measurement range with sample concentration in conversion to "wet" sample:

For potable water 0.2 Bq/l

For milk, baby food 1.5 Bq/l

For potatoes, corn, grain, agricultural raw materials 2.0 Bq/kg

Meranie hmotnostnej aktivity rádionuklidov emitujúcich beta žiarenie

MDA – is the amount of activity that yield a mean indication such that, in the presence of a specific background, there is a 95% probability that such an indication is not produced by the specific background alone.

$$A_{\min} = \frac{2 \times 1,65}{S} \times \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n (N_{bi} - N_{bmean})^2}{n(n-1)}} = 4,67 \times \sigma_b$$

N_{bi} - is the i-th background measurement value expressed in counts per second

S - is the radiation meter sensitivity in $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$

N_{bmean} - is the mean background value for n measurement

IEC/CEI 61562:2001 Portable equipment for measuring specific activity of beta-emitting radionuclides in foodstuffs

Meranie hmotnostnej aktivity rádionuklidov emitujúcich beta žiarenie

SMERNICA RADY 2013/59/EURATOM

z 5. decembra 2013,

ktorou sa stanovujú **základné bezpečnostné normy ochrany pred nebezpečenstvami vznikajúcimi v dôsledku ionizujúceho žiarenia**,

a ktorou sa zrušujú smernice 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a 2003/122/Euratom

Ustanovenia tejto smernice by mali byť v súlade so **situácnym prístupom**, ktorý zaviedla ICRP v publikácii č. 103, a rozlišovať medzi **existujúcimi, plánovanými a núdzovými situáciami** ožiarenia. So zreteľom na tento nový rámec by sa táto smernica mala zaoberať všetkými situáciami ožiarenia a všetkými kategóriami ožiarenia, a to pracovným, verejným a lekárskeým ožiarení.

Smernica EC 2013/59/Euratom

- Stanovuje limity pre **pracovné a verejné ožiarenie**
- Odvetvia spracúvajúce prírodný rádioaktívny materiál, ktorý sa ťaží zo zemskej kôry, vystavujú pracovníkov, a v prípade uvoľňovania materiálu do životného prostredia, aj príslušníkov verejnosti zvýšenému ožiareniu. **Ochrana pred prírodnými zdrojmi žiarenia** by sa mala v plnej miere integrovať do celkových požiadaviek.
- Stanovuje referenčné úrovne interiérových koncentrácií **radónu** a interiérového žiarenia gama emitovaného zo stavebných materiálov, ako aj požiadavky na recykláciu rezíduí z odvetví spracujúcich prirodzene sa vyskytujúce rádioaktívne materiály na **stavebné materiály**.

Smernica EC 2013/59/Euratom

- Nedávne epidemiologické zistenia rezidenčných štúdií preukazujú štatisticky významné **zvýšenie rizika rakoviny pľúc** spôsobeného dlhotrvajúcim interiérovým ožiarением radónom na úrovniach rádovo 100 Bq.m^{-3} .
- Sú potrebné **národné akčné plány** na riešenie dlhodobých rizík vyplývajúcich z ožiarения radónom.
- Ak z dôvodu prevládajúcich vnútroštátnych okolností členský štát stanoví referenčnú úroveň interiérových koncentrácií radónu na pracovisku, ktorá je vyššia ako 300 Bq.m^{-3} , mal by o tom informovať Komisiu.

Smernica EC 2013/59/Euratom

Keď sa **radón** dostáva na interiérové pracoviská zo zeme, malo by sa to považovať za **existujúcu situáciu** ožiarения.

Takéto ožiarenie môže byť významné v určitých oblastiach alebo na osobitných druhoch pracovísk, ktoré určia členské štáty, a v prípade prekročenia národnej referenčnej úrovne by sa mali prijať vhodné oparenia na obmedzenie radónu a ožiarения. Ak sa naďalej prekračujú národné referenčné úrovne, tieto ľudské aktivity vykonávané na pracovisku by sa nemali považovať za činnosti. Členské štáty by však mali zabezpečiť, aby sa tieto pracoviská oznámili, aby sa v prípadoch, keď môže ožiarenie pracovníkov prekročiť účinnú dávku 6 mSv ročne alebo zodpovedajúcu časovo integrovanú hodnotu ožiarения radónom, riadili ako **plánované situácie ožiarения** a aby sa **uplatňovali limity dávok**, a mali by určiť, aké prevádzkové požiadavky na ochranu je potrebné uplatňovať.

Smernica EC 2013/59/Euratom Letectvo a kozmonauti

Ožiarenie **leteckých posádok** kozmickým žiarením by sa malo riadiť ako **plánovaná situácia ožiarenia**.

Prevádzka **kozmetických lodí** by mala patriť do rozsahu pôsobnosti tejto smernice a v prípade prekročenia limitov dávok by sa mala riadiť ako osobitne povolené ožiarenie.

Smernica EC 2013/59/Euratom Kontaminácia životného prostredia

Kontaminácia životného prostredia môže ohroziť ľudské zdravie. V sekundárnych právnych predpisoch Spoločenstva sa takáto kontaminácia doteraz považovala len za cestu ožiarenia príslušníkov verejnosti, ktorých priamo ovplyvňuje rádioaktívny odpad uvoľňovaný do životného prostredia. Keďže stav životného prostredia môže ovplyvniť ľudské zdravie z dlhodobého hľadiska, je potrebná politika na ochranu životného prostredia pred škodlivými účinkami ionizujúceho žiarenia.

Osobitné uvoľňovacie úrovne, ako aj zodpovedajúce usmernenie EC zostávajú dôležitými nástrojmi nakladania s veľkými objemami materiálov vznikajúcich pri vyradovaní autorizovaných zariadení.

Uvoľňovanie

Je vhodné mať rovnaké hodnoty koncentrácie aktivity pre oslobodenie činností od regulačnej kontroly aj pre uvoľňovanie materiálov z autorizovaných činností. Po komplexnej revízii sa skonštatovalo, že hodnoty odporúčané v publikácii MAAE s názvom Uplatňovanie pojmov vylúčenie, oslobodenie a uvoľnenie možno použiť ako štandardné hodnoty pre oslobodenie, ktorými sa nahrádzajú hodnoty koncentrácie aktivity stanovené v prílohe 1 k smernici 96/29/Euratom, aj ako všeobecné uvoľňovacie úrovne, ktorými sa nahrádzajú hodnoty odporúčané Komisiou v publikácii Ochrana pred žiarením č. 122.

TABUĽKA A

Hodnoty koncentrácie aktivity pre oslobodenie alebo uvoľnenie materiálov, ktoré možno štandardne uplatňovať na akékoľvek množstvo a akýkoľvek druh pevného materiálu.

TABUĽKA A ČASŤ 1

Umelé rádionuklidy

Rádionuklid:	Koncentrácia aktivity (kBq kg ⁻¹)	Rádionuklid:	Koncentrácia aktivity (kBq kg ⁻¹)	Rádionuklid:	Koncentrácia aktivity (kBq kg ⁻¹)
H-3	100	K-43	10	Mn-56	10
Be-7	10	Ca-45	100	Fe-52 (4)	10
C-14	1	Ca-47	10	Fe-55	1 000
F-18	10	Sc-46	0,1	Fe-59	1
Na-22	0,1	Sc-47	100	Co-55	10
Na-24	1	Sc-48	1	Co-56	0,1
Si-31	1 000	V-48	1	Co-57	1
P-32	1 000	Cr-51	100	Co-58	1
P-33	1 000	Mn-51	10	Co-58 m	10 000
S-35	100	Mn-52	1	Co-60	0,1
6	1	Mn-52 m	10	Co-60 m	1 000
8	10	Mn-53	100	Co-61	100
2	100	Mn-54	0,1	Co-62 m	10

exclusion
exemption
clearance

Sr-89	1 000	Ag-111	100	Cs-132	10
Sr-90 ^(a)	1	Cd-109 ^(a)	1	Cs-134	0,1
Sr-91 ^(a)	10	Cd-115 ^(a)	10	Cs-134 m	1 000
Sr-92	10	Cd-115 m ^(a)	100	Cs-135	100
Y-90	1 000	In-111	10	Cs-136	1
Y-91	100	In-113 m	100	Cs-137 ^(a)	0,1
Y-91 m	100	In-114 m ^(a)	10	Cs-138	10
Y-92	100	In-115 m	100	Ba-131	10
Y-93	100	Sn-113 ^(a)	1	Ba-140	1
Zr-93	10	Sn-125	10	La-140	1
Zr-95 ^(a)	1	Sb-122	10	Ce-139	1
Zr-97 ^(a)	10	Sb-124	1	Ce-141	100
Nb-93 m	10	Sb-125 ^(a)	0,1	Ce-143	10
Nb-94	0,1	Te-123 m	1	Ce-144	10
Nb-95	1	Te-125 m	1 000	Pr-142	100
Nb-97 ^(a)	10	Te-127	1 000	Pr-143	1 000
Nb-98	10	Te-127 m ^(a)	10	Nd-147	100
Mo-90	10	Te-129	100	Nd-149	100

Lekárske ožiarenie

V lekárskej oblasti viedol významný technologický a vedecký pokrok k výraznému zvýšeniu ožiarenia pacientov. Z tohto hľadiska by sa v tejto smernici mala zdôrazňovať potreba **odôvodnenia lekárskeho ožiarenia** vrátane ožiarenia a symptomatických osôb a mali by sa posilniť požiadavky týkajúce sa informácií poskytovaných pacientom, **zaznamenávania** a uvádzania dávok v liečebných postupoch, používania diagnostických referenčných úrovní a dostupnosti zariadení s indikáciou dávok.

Referenčné úrovne, medzné dávky, limity

- Zavedenie **referenčných úrovní** v prípade núdzových a existujúcich situácií ožiarenia umožňuje chrániť osoby, ako aj posúdiť ostatné spoločenské kritériá rovnakým spôsobom ako v prípade **limitov dávok a medzných dávok** pre plánované situácie ožiarenia.

SYSTÉM OCHRANY PRED ŽIARENÍM

- Odôvodnenie:** Rozhodnutia o zavedení činnosti sa odôvodňujú v tom zmysle, že takéto rozhodnutia sa prijímajú s úmyslom zabezpečiť, aby **prínos** danej činnosti pre osoby a spoločnosť prevažoval nad zdravotnou **ujmou**, ktorú môže spôsobiť. Rozhodnutia o zavedení alebo pozmenení cesty ožiarenia pre existujúce a núdzové situácie ožiarenia sa odôvodňujú v tom zmysle, že by mali mať viac prínosov ako negatívnych dôsledkov.
- Optimalizácia:** Ochrana osôb vystavených verejnému alebo pracovnému ožiareniu pred žiarením sa optimalizuje s cieľom zachovať rozsah individuálnych dávok, pravdepodobnosť ožiarenia a počet ožiarených osôb **na čo najnižšej rozumne dosiahnuteľnej úrovni** s ohľadom na aktuálny stav technických znalostí a hospodárske a spoločenské faktory. Optimalizácia ochrany osôb vystavených lekárskeму ožiareniu sa vzťahuje na rozsah individuálnych dávok a je v súlade s lekárskeým účelom ožiarenia. Táto zásada sa uplatňuje nielen z hľadiska efektívnej dávky, ale vo vhodných prípadoch aj z hľadiska ekvivalentných dávok ako preventívne opatrenie s ohľadom na neistotu, pokiaľ ide o zdravotnú ujmu pod prahovou hodnotou pre účinky na tkanivo.
- Limitácia dávky:** V plánovaných situáciách ožiarenia súčet dávok osoby **neprekročí limity** dávok stanovené pre pracovné ožiarenie alebo verejné ožiarenie. Limity dávok sa nevzťahujú na lekárske ožiarenie.

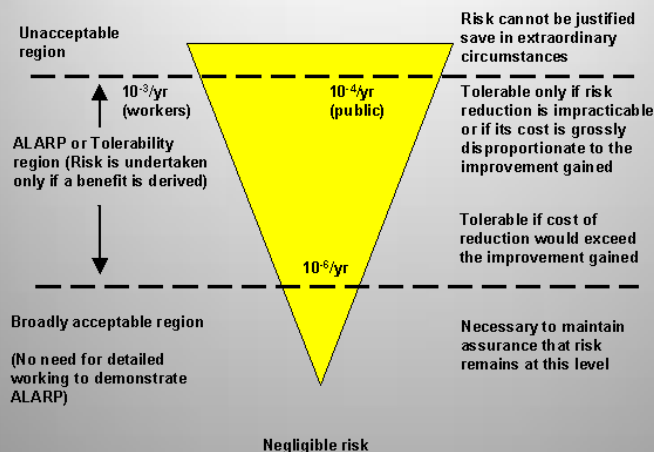
Nástroje optimalizácie

- Medzné dávky pre pracovné, verejné a lekárske ožiarenie
 - sa stanovujú na dané časové obdobie
- Referenčné úrovne

Zoznam priemyselných odvetví zahŕňajúcich prírodný rádioaktívny materiál

- ťažba vzácnych zemín z monazitu,
- výroba zlúčenín tória a výroba výrobkov obsahujúcich tórium,
- spracovanie nióbovej/tantalovej rudy,
- ťažba ropy a zemného plynu,
- výroba geotermálnej energie,
- výroba pigmentu TiO_2 ,
- termická výroba fosforu,
- odvetvie spracovania zirkónu a zirkónia,
- výroba fosfátových hnojív,
- výroba cementu, údržba kameninových pecí,
- uhoľné elektrárne, údržba kotlov,
- výroba kyseliny fosforečnej,
- primárna výroba železa,
- tavenie cínu/olova/medi,
- zariadenia na filtráciu podzemnej vody,
- ťažba rúd iných ako uránová ruda.

Tolerability and acceptability



STU
FEI

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÝ
A INFORMATIKY

An Introduction to Radiation Protection 6e © 2012 Martin, Harbison, Beach,
Cole/Hodder Education

(Health and Safety Executive, UK)

ALARP

- **ALARP:** As Low as Reasonably Practicable.
 - In essence, ALARP is the UK definition of [ALARA](#), although they are not the same since ALARP suggests a balance between Risk and benefit (UK Case Law), where as ALARA takes social and economic factors into account.
- ALARP is key to UK Radiation Protection and introduces a test of reasonableness ensuring that workers work down from Dose Limits rather than up to them.

STU
FEI

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÝ
A INFORMATIKY

Reasonably practicable

- “‘Reasonably practicable’ is a narrower term than ‘physically possible’ ... a computation must be made by the owner in which the quantum of risk is placed on one scale and the sacrifice involved in the measures necessary for averting the risk (whether in money, time or trouble) is placed in the other, and that, if it be shown that there is a gross disproportion between them – the risk being insignificant in relation to the sacrifice – the defendants discharge the onus on them.”

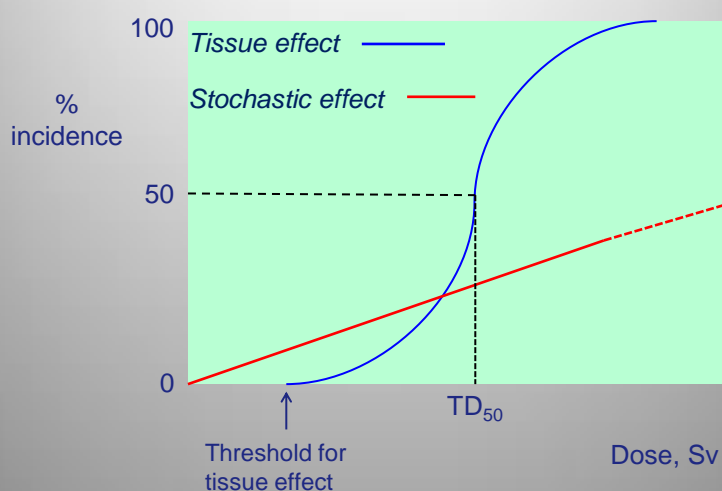
Dose limits and acceptability

- The dose limits recommended by the ICRP are set in the region between the tolerable and the unacceptable levels
- Therefore, at dose limits, continued exposure is only just tolerable

Basis of dose limits

- In Publication 103 the ICRP reviews and gives quantitative estimates of the consequences of radiation exposure. The effects are of two types:
 - Harmful tissue reactions: severity of effect increases with dose – usually only occur above threshold (e.g. acute effects)
 - Stochastic effects: probability of effect increases with dose (without threshold) e.g. induction of cancer

Illustration of dose response



The 2007 Recommendations (ICRP 103)

Recognise three exposure situations

- Planned – practice deliberately undertaken (e.g. nuclear facilities, medical exposure)
- Emergency – where urgent action needed to avoid or reduce exposure (e.g. accidents and incidents)
- Existing – where source is pre-existing (e.g. natural sources or after-effects of accident)

STU
FEI

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A INFORMATIKY

An Introduction to Radiation Protection 6e © 2012 Martin, Harbison, Beach,
Cole/Hodder Education

Prehľad kritérií radiačnej ochrany z odporúčaní ICRP

Kategórie expozície	ICRP 60 (1990) a následné	ICRP 103 (2007)
Plánované expozičné situácie		
Individuálne dávkové limity		
Profesionálna expozícia vrátane nápravných operácií	20 mSv/rok ako priemer za obdobie 5 rokov ^c	20 mSv/rok ako priemer za obdobie 5 rokov ^c
- očná šošovka	150 mSv/rok ^b	150 mSv/rok ^b
- koža	500 mSv/rok ^b	500 mSv/rok ^b
- ruky a nohy	500 mSv/rok ^b	500 mSv/rok ^b
- tehotné ženy, do konca tehotenstva	2 mSv na povrch brucha alebo 1 mSv z príjmu rádionuklidov	1 mSv na embryo/plod
Expozícia obyvateľov	1 mSv za rok	1 mSv za rok
- očná šošovka	15 mSv/rok ^b	15 mSv/rok ^b
- koža	50 mSv/rok ^b	50 mSv/rok ^b
Dávkové optimalizačné medze^a		
Profesionálna expozícia	≤ 20 mSv/rok	≤ 20 mSv/rok
Expozícia obyvateľov		má sa určiť pod 1 mSv/rok podľa situácie
- všeobecne	–	
- úložisko rádioaktívnych odpadov	≤ 0,3 mSv/rok	≤ 0,3 mSv/rok
- úložisko dlhodobého RAO	≤ 0,3 mSv/rok	≤ 0,3 mSv/rok
- dlhodobá expozícia	< ~1 & ~0,3 mSv/rok ^l	< ~1 & ~0,3 mSv/rok ^l
- dlhodobá expozícia z dlhohojúcich RN	≤ 0,1 mSv/rok ^h	≤ 0,1 mSv/rok ^h
Lekárska expozícia (62,94,98)		
- dobrovoľníci v biomedicínskom výskume, ak je prínos pre spoločnosť:		
- malý	< 0,1 mSv	< 0,1 mSv
- stredný	0,1 – 1 mSv	0,1 – 1 mSv
- zreteľný	1 – 10 mSv	1 – 10 mSv
- podstatný	> 10 mSv	> 10 mSv
- osoby pomáhajúce a opatrujúce	5 mSv na jeden úkon	5 mSv na jeden úkon

Prehľad kritérií radiačnej ochrany z odporúčaní ICRP

Nehodové expozičné situácie		
	Intervenčná úroveň ^{a,d,g}	Referenčná úroveň ^{a,g}
Profesionálna expozícia		
- život zachraňujúce akcie (informovaní dobrovoľníci)	dávka neobmedzená ⁱ	dávka neobmedzená, keď prínos je vyšší ako riziko pre záchrancu ^k
- iné nutné záchranné akcie	~500 mSv, ~5 Sv (koža) ⁱ	1000 alebo 500 mSv ^k
- ostatné záchranné akcie	...	≤ 100 mSv ^k
Expozícia obyvateľov		
- potraviny	10 mSv/rok ^l	
- distribúcia stabilného jódu	50-500 mSv (štítna žľaza) ^{b,l}	
- ukrytie	5-50 mSv za 2 dni ^l	
- prechodná evakuácia	50-500 mSv za 1 týždeň ^l	
- trvalá evakuácia	100 mSv v prvom roku alebo 1000 mSv ^l	
- všetky opatrenia kombinované do jednej celkovej stratégie ochrany	...	pri plánovaní typicky medzi 20 až 100 mSv/rok podľa situácie ^o
Existujúce expozičné situácie		
	Zásahová úroveň ^a	Referenčná úroveň ^{a,m}
Radón		
- v domácnostiach	3-10 mSv/rok (200-600 Bq m ⁻³)	< 10 mSv/rok (< 600 Bq m ⁻³)
- na pracoviskách	3-10 mSv/rok (500-1500 Bq m ⁻³)	< 10 mSv/rok (< 1500 Bq m ⁻³)
NORM, prírodné radiačné pozadie, rádioaktívne reziduá v prostredí		
Zásahy:	Generické referenčné úrovne ^e	Referenčné úrovne ^{c,m}
- zdôvodnenie je nepravdepodobné	< ~ 10 mSv/rok	medzi 1 a 20 mSv/rok
- môžu byť odôvodnené	> ~ 10 mSv/rok	podľa situácie
- takmer vždy odôvodnené	okolo 100 mSv/rok	Výsledok optimalizácie

Poznámky k tabuľkám

^a	Efektívna dávka
^b	Ekvivalentná dávka.
^c	S ďalšou podmienkou, že efektívna dávka by nemala prekročiť 50 mSv v žiadnom jednotlivom roku. Ďalšie obmedzenia sa týkajú profesionálnej expozície tehotných žien. Pri aplikácii na príjem rádionuklidov je príslušnou veličinou úväzok efektívnej dávky.
^d	Odvrátená dávka.
^e	Stanovuje a vyhodnocuje sa s cieľom optimalizácie
^f	Dávková optimalizačná medza by mala byť nižšia než 1 mSv a hodnota nepresahujúca 0,3 mSv by bola na prijateľnú.
^g	Intervenčné úrovne pre jednotlivé protiopatrenia sa vzťahujú k odvrátenej dávke. Intervenčné úrovne zostávajú užitočné pre optimalizáciu jednotlivých protiopatrení pri plánovaní stratégie ochrany a ako doplnok k referenčným úrovňam pre vyhodnocovanie stratégie ochrany; vzťahujú sa potom k reziduálnej dávke.
^h	Má sa posúdiť v prípade, keď nie sú k dispozícii metódy odhadu dávky umožňujúce overiť súlad s kritériami pre možné kombinácie dávok.
ⁱ	Publikácia 60 (ICRP, 1991).
^k	Publikácia 96 (ICRP 2005). Pri efektívnej dávke pod 1000 mSv by sa malo zabrániť vážnym deterministickým účinkom, pri efektívnej dávke pod 500 mSv by sa malo zabrániť ostatným deterministickým účinkom.
^l	Publikácie 63 (ICRP, 1992).
^m	Referenčné úrovne sa vzťahujú k reziduálnej dávke a užívajú sa k vyhodnoteniu stratégie ochrany na rozdiel od doporučených intervenčných úrovni, ktoré sa vzťahujú k dávke odvrátenej jednotlivými ochrannými opatreniami.