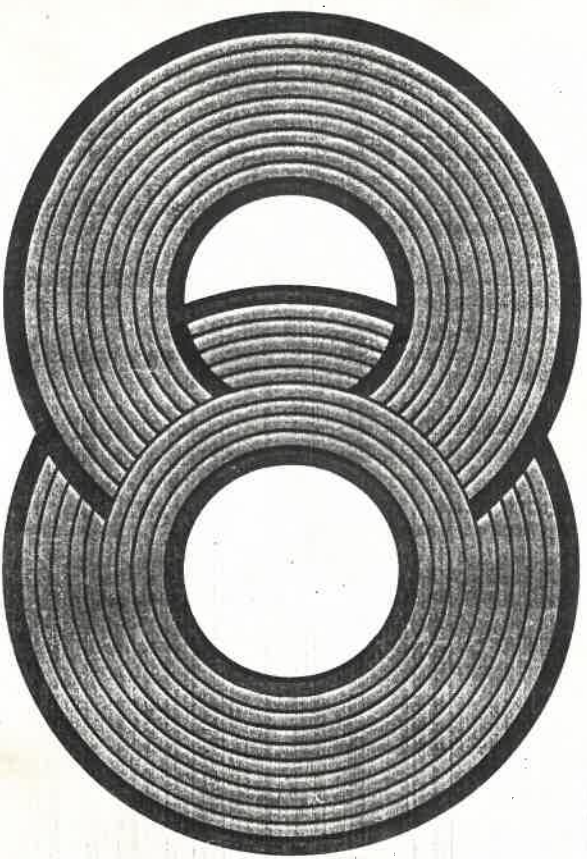


**CIVILNÍ OBRANA ČSSR**



**METODIKA POUŽITÍ  
RADIOMETRU  
DC-3E-83**

1.	ÚVOD	7
2.	ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY	8
3.	RADIOAKTIVNÍ ZAMOŘENÍ	11
3.1	Radioaktivní produkty jaderného výbuchu	11
3.2	Radioaktivní spád	11
3.3	Vlastnosti a chování radioaktivních částic	12
4.	RADIOČNÍ POŠKOZENÍ	14
4.1	Časná poškození	14
4.1.1	Nemoc z ozáření	14
4.1.2	Poškození kůže	15
4.1.3	Poškození z příjmu radionuklidů	15
4.2	Pozdní následky	16
5.	VÝZNAM JEDNOTLIVÝCH ZPŮSOBŮ OZÁŘENÍ	19
5.1	Zevní ozáření	19
5.2	Povrchová kontaminace	19
5.3	Vnitřní kontaminace	20
6.	CO PŘÍSTROJEM MĚŘIT A OPATŘENÍ K OCHRANĚ	24
6.1	Zevní ozáření	24
6.2	Povrchová kontaminace	25
6.3	Vnitřní kontaminace	26
7.	NORMY A MINIMALIZACE OZÁŘENÍ	28
7.1	Normy zevního ozáření záření gama	28
7.2	Povrchové zamoření	29
7.3	Normy měrných aktivit vody a potravin	30
8.	PRINCIP ČINNOSTI PŘÍSTROJE A METOD MĚŘENÍ	32
8.1	Detektor	32

8.2	Měření dávkového příkonu záření gama	32		
8.3	Měření aktivity	32		
8.3.1	Měření plošné aktivity	33		
8.3.2	Měření měrných aktivity	34		
8.3.2.1	Metoda nasycené vrstvy	34		
8.3.2.2	Gama metoda	36		
8.4	Pozadí	37		
8.5	Rozsah měřitelných aktivity	37		
9.	VYUŽÍVÁNÍ PŘÍSTROJE K MĚŘENÍ AKTIVITY	40		
9.1	Hlavní zásady	40		
9.2	Výběr a příprava pracoviště	40		
9.3	Odběr potravin, vody a dalších materiálů	41		
9.3.1	Odběr pro měření měrných aktivity	41		
9.3.2	Odběr pro měření povrchových aktivity	42		
9.3.3	Dokumentace a průvodka vzorku	42		
9.4	Příprava vzorku	44		
9.4.1	Metoda nasycené vrstvy	44		
9.4.2	Gama metoda	45		
9.4.3	Vzorky otěrových testů	45		
9.5	Měření a hodnocení	45		
9.5.1	Plošné aktivity	46		
9.5.2	Měrné aktivity	46		
9.5.2.1	Metoda nasycené vrstvy	46		
9.5.2.2	Gama metoda	47		
10.	DEKONTAMINACE A ODSTRANOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK			
11.	INSTRUKCE	45		
11.1	Ovládací přístroje a odečítací údaje	51		
11.2	Kontrola správné funkce přístroje	52		
11.3	Měření dávkového příkonu	52		
11.4	Měření plošných aktivity	53		
11.5	Měření měrné aktivity metodou nasycené vrstvy	53		
11.6	Měření měrné aktivity gama metodou	53		
11.7	Hodnocení	54		
	Tabulka 11.1.: Standardní měřicí uspořádání a hodnoty převodních faktorů	54		
	A) Měření plošných aktivity	54		
	B) Měření měrných aktivity	55		
	Tabulka 11.2.: Hodnoty norem	56		
	A) Normy dávek zevního ozáření	56		
	B) Norma pro dávkový příkon	56		
	C) Norma pro povrchové zamoření kůže	56		
	D) Norma pro povrchové zamoření	56		
	E) Normy denních příjmů aktivity	57		
	F) Normy měrných aktivity pro příjem vody a potravin	57		

1. ÚVOD

Metodika je provedě určena pro příslušníky speciálních jednotek laboratorní kontroly Civilní obrany, předurčených ke zjišťování stupně kontaminace poživatín a zdravotnických materiálů v období branné pohotovosti státu po napadení území jadernými zbraněmi. Veškeré normy a směrné hodnoty uvedené v této metodice jsou vztaheny k situacím po jaderném napadení.

V míru provádějí podle této metodiky Krajské chemické laboratoře štábů CO krajů (KCHL) výcvik předurčených příslušníků jednotek laboratorní kontroly Civilní obrany na schválených radiometrických pracovištích KCHL s využitím stanovených modelových radioizotopových směsí. Monitorovací skupiny štábů CO krajů i další orgány CO využívají metodu při plnění stanovených úkolů na úseku kontroly rizikových pracovišť CO a při zabezpečování dílčích úkolů monitorování okolí jaderných a jaderných energetických zařízení.

Je-li souprava DC-3E-83 využívána v době míru, ke školení a výcviku nebo plnění stanovených úkolů, je uživatel povinen zabezpečit průběžné doplňování spotřebního materiálu soupravy tak, aby byla neustále plně využitelná. Spotřební materiál doplňuje uživatel ze svých prostředků.

## 2. ZÁKLADNÍ POJMY A VELIČINY

V souvislosti s výbuchy jaderných zbraní mohou být osoby ozářeny těmito druhy ionizujícího záření:

a) zářením gama (tzv. pronikavým zářením); přibližně hodnoty polotloušťky (tj. vrstvy materiálu zeslabující proud částic na polovinu) jsou - pro vodu a tkáň 15cm, pro zeminu a beton 7cm, ocel 2cm, olovo 1cm;

b) neutrony (particlemi rovněž mezi pronikavé záření);

c) zářením beta, jehož pronikavost je relativně nízká; polotloušťka pro kapalné a pevné látky činí přibližně desetiliny milimetru až 2mm, maximální doseg částic do 1 až 2cm.

Radioaktivní zářiče obsahují radionuklidy (radioaktivní atomy), které vysílají různé druhy záření (zejména záření beta a záření gama) a podléhají při tom radioaktivní přeměně. Mírou množství radioaktivního zářiče z hlediska tohoto procesu je aktivita A radionuklidu, vyjadřující počet radioaktivních přeměn uskutečněných v zářiči za jednotku času.

Jednotkou aktivity v soustavě SI je becquerel (Bq) (čti bekerel). Zářič má aktivitu 1Bq, jestliže se v něm uskuteční jedna radioaktivní přeměna za jednu sekundu.

Obvykle se v praxi používají tyto násobky jednotky Bq:

1 kilobecquerel (1kBq = 1.000Bq =  $10^3$ Bq)

1 megabecquerel (1MBq = 1.000 000 Bq =  $10^6$ Bq).

Pro převod z dříve používané jednotky curie (Ci) platí:  
 $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$ .

Hodnotíme-li poživatiny nebo jiné materiály, vztahujeme obvykle jejich aktivitu na jednotku hmotnosti. Používáme přitom veličinu měrná aktivita  $a_m$ . Jednotkou měrné aktivity v soustavě SI je becquerel na kilogram (Bq.kg<sup>-1</sup>).

Materiál má měrnou aktivitu 1Bq.kg<sup>-1</sup>, uskuteční-li se v 1kg materiálu jedna radioaktivní přeměna za jednu sekundu.

V praxi obvykle používáme násobek této jednotky:

1 megabecquerel na kilogram (1MBq.kg<sup>-1</sup> =  $10^6$ Bq.kg<sup>-1</sup>).

Hodnotíme-li materiály na nichž jsou radionuklidy rozloženy převážně plošně (povrchově), vztahujeme obvykle jejich aktivitu na jednotku plochy. Používáme při tom veličinu plošná aktivita  $a_p$ . Jednotkou plošné aktivity v soustavě SI je becquerel na čtverečný metr (Bq.m<sup>-2</sup>).

Materiál má plošnou aktivitu 1Bq.m<sup>-2</sup>, uskuteční-li se na ploše 1m<sup>2</sup> jedna radioaktivní přeměna za sekundu.

V praxi obvykle používáme násobek této jednotky:

1 megabecquerel na čtverečný metr (1MBq.m<sup>-2</sup> =  $10^6$ Bq.m<sup>-2</sup>).

Při průchodu látkou předává ionizující záření této látce část své energie, v látce dochází k radiacním změnám.

Množství energie předané jednotce hmotnosti látky se nazývá dávka D. Jednotkou dávky je gray (Gy) - čti grej. Dříve byl jednotkou dávky rad, pro převod platí:

1Gy = 100 rad;

pro záření gama též přibližně platí

1Gy = 100R,

10mGy = 1R

Dávka předaná za jednotku času se nazývá dávkový příkon  $\dot{D}$ .

Jednotkami dávkového příkonu jsou např. Gy/h, mGy/h a pod.

(pro dávkový příkon záření gama je v ČSIA používán pojem úroveň radiace; platí přibližný vztah:

$1\text{R/h} \hat{=} 0,01\text{Gy/h} = 10\text{mGy/h}$ ).

Lidský organismus může být vystaven účinkům ionizujícího záření následujícími způsoby:

a) zewním ozářením pronikavým zářením (gama nebo neutrony); mírou stupně ozáření je dávka záření (Gy);

b) zewním zářením beta, které dopadá z blízkého okolí několika metrů a předává dávku pouze povrchu těla (pokožce);

c) dovrchnou kontaminací, následkem zamoření těla nebo oděvu; nejvyšší dávky předají částice beta kůži; mírou kontaminace je plošná aktivita (Bq.cm<sup>-2</sup>), ze které lze odvodit dávkový příkon záření beta v kůži;

d) vnitřní kontaminací, následkem příjmu radioaktivních látek do organismu vdechnutím (inhalací) nebo spolknutím (ingescí). Její mírou je aktivita přijatých radionuklidů, kterou můžeme stanovit měřením, prostřednictvím měrných aktivít např. poživačtin.

### 3. RADIOAKTIVNÍ ZAMŮŘENÍ

#### 3.1 Radioaktivní produkty jaderného výbuchu

Jaderná reakce v náloži jaderné zbraně se uskuteční ve velmi krátké době, přibližně miliontiny sekundy.

V průběhu jaderné reakce dojde k:

- a) uvolnění tzv. okamžitého záření gama a neutronů;
- b) vzniku desítek různých radionuklidů s poločasy přeměny od zlomku sekundy až po desítky let, tj. směsí tzv. štěpných produktů;
- c) uvolnění obrovského množství energie, které se projeví jako světelně-tepelné záření a tlaková vlna.

Jednotlivé radionuklidy tvoří směs štěpných produktů vysílající záření beta a gama, vyjímčně pouze záření beta. Aktivita směsí s časem nejprve rychleji, později pomaleji klesá tak, jak ubývájí radionuklidy s kratším poločasem (viz. tabulka 3.1). Se stárnutím směsí se proto relativní zastoupení jednotlivých radionuklidů průběžně mění.

Směs štěpných produktů tvoří hlavní část radioaktivních produktů jaderného výbuchu. Další částí je tzv. indukovaná aktivita, vzniklá následkem jaderných reakcí neutronů s materiálem zbraně a dalšími látkami (zeminou a pod.).

#### 3.2 Radioaktivní spád

Stoupající svítilící oblast výbuchu, měnící se v "jaderný hřib", obsahuje vypařený materiál zbraně; u nízkých a pozemních výbuchů i vypařenou, roztaženou a otaženou zeminu nasátou vzdušným prouděním. Se snižující se teplotou svítilící oblasti začínají vypařené látky spolu s radionuklidy kondenzovat a tuhnout. Vytvářejí se pevné radioaktivní částice různých velikostí a tvarů, s průměry od setin milimetrů do několika centimetrů.

Větší částice charakteru strusky (nad 1mm) vypadávají v průběhu několika minut v těsném okolí epicentre výbuchu.

Ménší částice, obvykle sklovitého charakteru a představující jemný prach, jsou unášeny větrem, postupně vypařují a tvoří tzv. radioaktivní stopu.

Části větší než 0,05mm vypadávají během několika hodin a tvoří ve směru větru do vzdálenosti mnoha desítek km **lokální spád** (časný). Ještě menší částice jsou schopny přebývat v atmosféře dny až roky a vytváří **globální spád** (pozdní) rozprostřený do stokilometrových i větších vzdáleností. Masivnější vypadávání radioaktivních částic lokálního spadu je postřehnutelné zrakem. Vymášení popela do ovzduší však může být způsobeno rovněž rozsáhlými požáry.

3.3 Vlastnosti a chování radioaktivních částic

Chování radioaktivních částic v průběhu jejich vypadávání i po vypadnutí není jejich aktivitou nijak ovlivněno. V malém rozsahu a pouze nejmenší částice mohou vniknout i do krytých prostor. Dostatečnou překážkou vůči jejich pohybu je i pouhý papír. Jejich ulpívání na povrchu různých látek je dáno strukturou dotyčného povrchu. Tyto částice mohou být i druhotně zvířovány, např. větrem. Dešť jejich depozici urychluje, neboť je strhává a vymývá z ovzduší; povrchová voda a vítr jsou schopny přenášet vypadlé radioaktivní částice stejně tak, jako k tomu dochází i s běžným prachem. Radioaktivní spádové částice jsou převážně málo rozpustné. Většina radioaktivních složek ve vodě proto sedimentuje a nalézá se u dna. Některé radionuklidy mohou být z těchto částic vyluhovány a existují potom ve vodě rozpouštěny. Radioaktivní částice nejprve kontaminují povrch rostlin a pronikají do pňdy. Vyluhované radionuklidy se vtloukají do rostlin prostřednictvím kořenů. Dochází k vnitřní kontaminaci produktů rostlinné a postupně živočišné výroby.

Tabulka 3.1

**Pokles aktivitty směsi štěpných produktů (v %); 100% odpovídá aktivitě v čase t=1h po výbuchu; t je čas po výbuchu (starší směsi).**

t	1h	2h	5h	10h	1d	3d	10d	30d	100d
%	100	43	14	6,3	2,2	0,59	0,14	0,037	0,0088

Stejný pokles má i dávkový příkon v radioaktivní stopě.

V případě překryvání radioaktivních stop různých výbuchů platí tato tabulka pouze tehdy, je-li časové rozmezí těchto výbuchů mnohem menší než samotný časový interval t.

K výpočtu poklesu aktivitty (dávkového příkonu) je užíván vztah:

$$A(t) = A(t_0) \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-1,2}$$

kde  $A(t_0)$  je známá aktivita (dávkový příkon) v čase  $t_0$  a  $A(t)$  je kalkulovaná hodnota v čase t. Pro  $t_0=1h$  se vztah zjednodušuje na tvar:

$$A(t) = A(1)t^{-1,2}$$

t je čas v hodinách.

## 4. RADIAČNÍ POŠKOZENÍ

Radiační poškození jsou dvojího druhu:

- a) Časná radiační poškození, která vznikají tehdy, je-li překročena jistá prahová dávka. S rostoucí hodnotou obdržené dávky roste stupeň (závažnost) radiačních poškození.
- b) Pozdní následky, pro něž prahová dávka patrně neexistuje. Jejich výskyt má pravděpodobnostní charakter, tj. po jakékoliv malé dávce mohou či nemusí vzniknout. Se stoupající dávkou pravděpodobnost jejich výskytu vzrůstá.

## 4.1 Časná poškození

## 4.1.1 Nemoc z ozáření

Časná poškození po celotělovém ozáření zářením gama nebo neutrony se nazývají nemoc z ozáření. Podle závažnosti onemocnění se dělí nemoc z ozáření na 4 stupně: lehký - zprůsobený obvykle dávkami 1 až 2Gy, střední - 2 až 4Gy, těžký - 4 až 6Gy a velmi těžký - nad 6Gy. V následující tabulce jsou uvedena procenta ozářených osob, které jsou vyřazeny z činnosti nebo zemřou v závislosti na obdržené celotělové dávce záření:

Tabulka 4.1

Dávka (Gy)	% vyřazení	% úmrtí
0,5	0	0
1	1	0
1,5	10	0
2	50	1
2,5	85	10
3	100	20
4	100	50
5	100	70
6	100	100

Jsou míněny dávky jednorázového, tj. do 4 dnů trvajících ozáření. Při déle trvajícím nebo opakovaném ozáření (týdny,

měsíce) je přibližně stejný stupeň a průběh poškození vyvolán vyšší dávkou.

## 4.1.2 Poškození kůže

Prahová dávka lehkého poškození kůže je 5Gy; k velmi těžkým poškozením kůže dochází po dávkách nad 30Gy. Pouhé zevní ozáření zářením gama povede proto v prvé řadě k celotělové nemoci z ozáření. Poškození kůže se stane kritičtějším tehdy, dochází-li vedle zevního ozáření zářením gama také k zevnímu ozáření zářením beta a především k povrchové kontaminaci.

Mezi plošnou aktivitou kůže  $a_g$  a dávkovým přírůstkem  $\dot{D}_{\text{beta}}$  v kůži platí přibližný vztah:

$$\dot{D}_{\text{beta}} \text{ (Gy/h)} = 1,6 a_g \text{ (MBq/cm}^2\text{)} \quad (4.1)$$

Je-li radioaktivní látka přítomna v oděvu, snižuje se při stejné plošné aktivitě dávkový přírůstek v kůži 2-10krát, v závislosti na druhu oděvu.

## 4.1.3 Poškození po příjmu radionuklidů

Naprostá většina radioaktivních částic má natolik velké rozměry, že jsou po vdechnutí (inhalaci) zachytávány v nose, v dutině ústní a horních cestách dýchacích a posléze jsou spolýkány. Tím přecházejí do zažívacího traktu, podobně jako radionuklidy přijaté s potravou. Tam radioaktivní částice ozeřují především střevní stěnu. Vzhledem ke své malé rozpustnosti se pouze menší část radionuklidů vstřebává, přetrvává jistou dobu v různých tkáních a orgánech a je vylučována močí a stolicí. V zásadě platí, že vyšší stupeň vstřebávání mají radionuklidy rozpustnější ve vodě, dále radionuklidy jimiž jsou vnitřně kontaminovány požívající rostlinného i živočišného původu (radionuklidy jodu a stroncia). Radiotoxická látka rozpustnějších ve vodě nebo přítomných např. v mléce kontaminovaných krav je proto vyšší než u látek o téže aktivitě přijatých ve formě spadových radioaktivních částic.

Základní orientaci o vztahu mezi přijatou aktivitou a stupněm poškození podává tabulka 4.2.



4.2 Pozdní následky

Hlavní formou pozdních následků je vznik rakovinných onemocnění a dále poškození plodu a potomků (genetická onemocnění). Uvedli jsme již, že vznik pozdních následků má pravděpodobnostní charakter. K určité celotělové dávce  $D$  můžeme přiřadit pouze pravděpodobnost  $P$  výskytu pozdních následků, podle vztahu:

$$P = k \cdot D \quad \text{kde } D \text{ je dávka v Gy} \quad (4.2)$$

Hodnota koeficientu rizika  $k$  se pro výskyt rakoviny rovná  $k = 10^{-2} \text{ (Gy}^{-1}\text{)}$ ,

pro genetické následky

$$k = 4 \cdot 10^{-3} \text{ (Gy}^{-1}\text{)}.$$

Vztah mezi aktivitou příjmu radioaktivních látek a pravděpodobností vzniku pozdních následků z vnitřní kontaminace je komplikovaný a variabilní, neboť závisí i na složení radioaktivních produktů.

Přibližné hodnoty přísl. koeficientů rizika činní pro rakovinu

$$k = 10^{-5} \text{ (MBq}^{-1}\text{)},$$

pro genetické následky

$$k = 10^{-6} \text{ (MBq}^{-1}\text{)}.$$

V tabulce 4.3 jsou pro různé dávky celotělového ozáření a příjmu aktivít vypočteny pravděpodobnosti výskytu rakoviny a genetických následků. Je-li ozářeno více osob, představují uvedené pravděpodobnosti přímo podíl osob, postižených pozdním následkem.

Při posuzování těchto pravděpodobností mějme na zřeteli, že pravděpodobnost úmrtí na rakovinu v neozářené populaci činí přibližně 0,2 (tj. 20%).

Tabulka 4.2

Vztah mezi aktivitou přijatých radioaktivních produktů a stupněm poškození:

Aktivita denně přijatých produktů (MBq) při časovém intervalu příjmu				stupeň poškození	vyřazení
1 den jednorázově	do 10 dnů	do 30 dnů	do 1 roku		
30	6	3	1,5	bez	není
600-2000	100-400	70-200	40-130	lehký	do 10%
2000-4000	400-800	200-400	130-250	střední	do 50%
4000-8000	800-1100	400-600	250-400	těžký	do 100%
vyšší hodnoty				velmi těžký	100%

Tabulka 4.3

Praviděpodobnosti pozdních následků pro různé hodnoty dávek zevního záření gama a příjmy radioaktivních produktů:

Pozdní následek	Dávka zevního záření gama (Gy)			
	0,1	0,5	1	4
rakovina	0,001	0,005	0,01	0,04
genetické následky	0,0004	0,002	0,004	0,02

Pozdní následek	Kumulovaná aktivita příjmu (MBq)			
	10	100	1000	10.000
rakovina	0,0001	0,001	0,01	0,1
genetické následky	0,00001	0,0001	0,001	0,01

## 5. VÝZNAM JEDNOTLIVÝCH ZPŮSOBŮ OZÁŘENÍ

### 5.1 Zevní ozáření

Velmi závažným ničivým faktorem jaderných zbraní je okamžitě a počáteční záření (uvolněné do 1 minuty po výbuchu). Účinný dosah počátečního záření je však větší než efektivní dosah tepelné a tlakové vlny pouze pro jaderné zbraně ráží příbližně do 20 kt. Po výbuchu zbraní vyšších ráží jsou nechráněné osoby ozářené počátečním zářením podstatně vážněji zasaženy tepelnou a tlakovou vlnou.

Radioaktivní stopu vytvářejí pozemní jaderné výbuchy. Při vypadávání radioaktivních částic a při pobytu v zamořeném území je prvořadým ničivým faktorem zevní ozáření zářením gama. Dávkové příkony záření gama v radioaktivní stopě vzrůstají s ráží zbraně, jsou nižší ve větších vzdálenostech od výbuchu a klesají s časem.

Pro vztah mezi plošnou aktivitou  $a_g$  terénu a dávkovým příkonem  $\dot{D}_{\text{gama}}$  záření gama ve výšce 1m nad terénem příbližně platí:

$$a_g \text{ (MBq/cm}^2\text{)} = 50 \dot{D}_{\text{gama}} \text{ (Gy/h)} \quad (5.1)$$

a obráceně

$$\dot{D}_{\text{gama}} \text{ (Gy/h)} = 0,02 a_g \text{ (MBq/cm}^2\text{)} \quad (5.2)$$

Při použití jiných násobků jednotek platí:

$$a_g \text{ (Bq/cm}^2\text{)} = 50.000 \dot{D}_{\text{gama}} \text{ (mGy/h)} \quad (5.3)$$

$$\dot{D}_{\text{gama}} \text{ (mGy/h)} = 2 \cdot 10^{-5} a_g \text{ (Bq/cm}^2\text{)} \quad (5.4)$$

Tyto vztahy lze použít pouze pro rovnoměrné kontaminované plochy (terén) o průměru několika desítek metrů a více. Jsou-li plošnou aktivitou  $a_g$  kontaminovaný plochy menší, vypočtená hodnota  $\dot{D}_{\text{gama}}$  se nelézá v menší výšce nad kontaminovanou plochou.

### 5.2 Povrchová kontaminace

Povrchovou kontaminaci lze považovat za druhořadý ničivý faktor proto, že vůči ní lze snadněji uplatňovat účinná ochranná opatření. Kdyžby došlo ke kontaminaci kůže o plošné aktivitě  $a_g$  rovnající se plošné aktivitě okolního terénu,

potom dávkový příkon  $\dot{D}_{\beta}$  záření beta v kůži by byl pří-  
 bližně 50 až 100 krát větší než dávkový příkon  $\dot{D}_{\gamma}$  gama celo-  
 tělového ozářování zářením gama. I bez celotělových projevů  
 nemoci z ozáření by mohla vznikat těžká poškození kůže.

K závažným povrchovým kontaminacím může docházet přede-  
 vším v průběhu vypařování radioaktivní stopy. Ve srovnání se  
 zevním ozářením již méně závažné budou povrchové kontaminace  
 vzniklé kontaktem povrchu těla před zamořenými povrchy a ná-  
 sledkem zvířování radioaktivních částic. S postupem času,  
 např. vlietňováním radioaktivních částic do půdy a dalšími  
 procesy, se snižuje pravděpodobnost přenosu radionuklidů  
 z okolního prostředí na povrch osob.

Závažnost povrchové kontaminace klesá rychleji než závažnost  
 zevního ozářování zářením gama. Pro ozářování z povrchové  
 kontaminace osob však platí, že nekončí opuštěním zamořeného  
 území, ale pokračuje po dobu přítomnosti radioaktivních látek  
 na povrchu osoby.

Pokud se radioaktivní částice nalézají v okolí osoby (do  
 několika metrů) a jsou uloženy na povrchu, přispívá jimi vy-  
 siané záření beta též k dávce v kůži. Toto ozáření nebývá  
 ve srovnání se zevním ozářením zářením gama závažné.

5.3 Vnitřní kontaminace

Vnitřní kontaminaci lze odhadnout jako ničivý faktor nejméně  
 závažný. Je nereálné, aby vnitřní kontaminace bez zevního  
 ozáření vedla k akutním formám radiačních poškození. Závažnost  
 vnitřní kontaminace by byla srovnatelná se zevním ozářením  
 gama pouze tehdy, kdyby osoba pobývala v zamořeném prostře-  
 dí (terénu) přijímala inhalací nebo ingestací radioaktivní  
 částice přibližně z 300 až 600 cm<sup>2</sup> okolních povrchů, z nichž  
 je ozářována zářením gama. To lze dodržováním elementárních  
 opatření vyloučit. Je však zřejmé, že podíl vnitřní konta-  
 minace na celkové radiační zátěži může být vysoký u osob,  
 které budou pobývat v krytech s vysokými koeficienty oslabe-  
 ní, požíjí však radioaktivní látky v zamořeném, tj. nechrá-  
 něné potravě nebo vodě.

Relativně nejzávažnější je vnitřní kontaminace vlní zev-  
 nímu ozáření v průběhu vypařování radioaktivní stopy, a to  
 zvláště tehdy, když vypařujeví částice o velikostech do  
 několika setin milimetru, které jsou vdechovatelné a mohou  
 proniknout až do plic. Takové částice vypařujeví ve větších  
 vzdálenostech od výbuchu. Již menší význam vlní zevnímu  
 ozáření má inhalace druhotně zvířovaných radioaktivních  
 částic.

Které druhy resp. složky potravy mohou nejvíce a nejzávaž-  
 něji přispět k vnitřní kontaminaci?

Při odpovědi na tuto otázku je nutno uvažovat dvě hlediska:  
 a) které potraviny budou nejvíce zamořeny

b) jaká bude pravděpodobnost či nutnost požívání jednotlivých  
 potravin.

Dále je účelné rozlišovat kontaminaci:  
 - vody

- potraviny, které byly zamořeny po své bioprodukci (např.  
 obilí v sltech,....., až po mouku, cukr atd. v domácnostech)

- potraviny, které byly zamořeny v průběhu své rostlinné  
 a živočišné bioprodukce (tj. rostliny na polích, kontamina-  
 ce zvířat zamořenými krmivy, atd.).

Nepostradatelnou k životu je voda. Radioaktivní částice,  
 které vypařnou do povrchových vod v převažující části sedl-  
 mentu. V objemu vody se bude vyskytovat pouze 3 - 15 %  
 celkové, do vody vniklé aktivity radionuklidů. Vyluhovatelné  
 jsou především radiojody. Převážná část aktivity nezkalené  
 čiré vody v prvých dnech až týdnech po výbuchu bude příslu-  
 šet <sup>131</sup>I, jehož poločas přeměny činí 8,4 dne. Čím hlubší  
 bude zdroj vody, tím větší bude zředění aktivity radionukli-  
 dů vyluhovaných z částic.

Vyloučit z požívání je nutno vodu z mělkých zdrojů. Běžná,  
 vodárenská úprava vody výrazně sníží měrné aktivity.

I v oblastech s vysokým stupněm zamoření bude bezpečné  
 požívání podzemních vod (prameny, chráněné studny). V prvých  
 dnech a týdnech po použití jaderných zbraní může být voda  
 důležitým faktorem vnitřní kontaminace.

Většina potravin je po své bioprodukci chráněna před kontaminací nekolika bariérami (budovy, ....., vlastní obaly). K jejich kontaminaci a to nejprve povrchové může dojít až po poškození těchto bariér. Situace, kdy je podezření o kontaminaci, jsou rozpoznatelné (poškození bariér, přítomnost prachu).

K objemové kontaminaci těchto potravin může docházet až při jejich transportu a především při jejich zpracování do krmů. Při těchto manipulacích může docházet též ke kontaminaci prostřednictvím kontaktů se zaměřenými povrchy. Vůči tomu lze uplatňovat ochranná opatření. Příjem radionuklidů prostřednictvím potravin kontaminovaných po své bioprodukci je pro to významně ovlivnitelný jedním lidí a měl by být závažný pouze výjimečně.

O tom, jak budou potraviny kontaminovány v průběhu své bioprodukce rozhoduje do značné míry roční období, přesněji vegetační stav příslušného rostlinného druhu, v kterém byly provedeny jaderné výbuchy. Čím kratší bude období mezi vypadením radioaktivního spadu a sklizením, tím větší podíl radioaktivních částic bude ještě ulpívat na nadzemních částech rostlin. Radioaktivní částice jsou totiž odstranovány působením větru a vody (dážď, postřik, případně omývání). Každopádně požívání nadzemních částí rostlin zasažených radioaktivním spadem těsně před sklizní může vést k závažným vnitřním kontaminacím osob.

Co se týče zamoření živočišných produktů, je nejrizikovější potravinový řetězec: kontaminovaná tráva nebo jiné čerstvé kontaminované krmivo - kráva - mléko - člověk. Tímto řetězcem se přenáší především 131I. V oblastech zasažených radioaktivní stopou bude docházet k úhynu zvířat, následkem zevního ozáření. Případná požitvatelnost jejich masa bude ovlivněna tím, zda přijala kontaminovaná krmiva a vodu a o jakých aktivitách. Z modelových výpočtů vyplývá, že pouze bezprostřední požívání mléka a masa ze zvířat krmivých čerstvými kontaminovanými krmivy, by mohlo znamenat závažnější vnitřní kontaminaci osob ve srovnání s rizikem zevního ozáření.

Uvedené soudy o závažnosti jednotlivých způsobů ozáření jsou platné z hlediska časných radiálních poškození, v období řádově týdnů, maximálně měsíce po jaderných úderech. S postupem času se bude měnit relativní závažnost jednotlivých způsobů ozáření přezívatí populace. Bude to způsobeno řadou činitelů:

- a) v radioaktivních produktech se zvýší zastoupení radionuklidů s delšími poločasy a toxičtějšími z hlediska vnitřní kontaminace
- b) radioaktivní produkty budou činnosti lidí odstraněny z míst, odkud nejvíce ohrožují osoby zevním zářením a spolupůsobením přírodních činitelů budou včleněny hlouběji do půdy
- c) bude docházet k vnitřní kontaminaci rostlin prostřednictvím kořenů
- d) bude pokračovat vypadávaní jemných radioaktivních částic globálního spadu.

Ze tohoto stavu začne vzrůstat relativní význam vnitřní kontaminace vůči zevnímu ozáření zářením gama a především vůči povrchové kontaminaci. Dávkové příkony ze všech způsobů ozáření budou sice pod prahem časných a chronických poškození, budou však dále přispívat k výskytu pozdních následků. Zamoření biosféry tedy i rostlinné i živočišné produkce se stane dlouhodobým a lidskou činností těžko ovlivnitelným pozůstatkem jaderné války.

6. OO S PŘÍSPROJEM MÉRIT A OPATŘENÍ K OCHRANĚ

Opatření k ochraně rozdělujeme na taková, která jsou provedena:

- a) před výbuchem jaderných zbraní resp. vypádnutím radioaktivních částic, tj. opatření přípravná;
- b) po výbuchu jaderných zbraní resp. vypádnutí radioaktivní stopy, ale před dozimetrickým či radiometrickým měřením nebo bez jeho provedení - zřelá, bezprostřední opatření;
- c) na základě dozimetrického či radiometrického měření.

6.1 Zevní ozáření záření gama

Radiometrem DC-3E-83 ani jinými přístroji určenými k měření dávkových příkonů záření gama nelze měřit dávku z počátečního záření. Ozáření osob tímto zářením mohou zaregistrovat pouze jejich osobní dozimetry a dále některé jiné dozimetry měřící kumulovanou dávku. Ochranu vůči tomuto ozáření podobné jako vůči tepelné a tlakové vlně mohou poskytnout především opatření přípravná (přesuny z cílových oblastí, zamučení stíněných prostor a krytí) a v malé míře opatření bezprostředně po výbuchu (okamžitě ukrytí).

Vůči ozáření z radioaktivní stopy existuje řada účinných pouderových, předexpozčních ochranných opatření, neboť mezi výbuchem a vypadávacím radiací stopy existuje časový interval desítky minut až desítky hodin a ozářování má dlouhodobý charakter. lze využít a uplatnit přípravná předúderová a pouderová opatření (zaujetí pobytu v úkrytech a stíněných prostorech, zbraně proti vniknutí radioaktivních částic do chráněných prostor, zabezpečení vody a potravin vůči vypadávacím radioaktivním částicím, atd.).  
Masivní vypadávací radioaktivních částic lokálního spadu je postřehnutelné zrakem.

6.2 Povrchové kontaminace

Nejčastěji a v největším rozsahu může docházet k povrchové kontaminaci vlasů, nosní dutiny, rukou, zápěstí, chodidel, očních koutků. Částice ve zvýšené míře ulpívají v místech, kde dochází k pocení nebo kde jsou fixovány oděvem, např. okolo krku nebo okolo pasu. Vůči povrchové kontaminaci však existují efektivní preventivní ochranná opatření: používání prostředků IPCHO nebo dalších náhradních a improvizovaných prostředků, které omezují ulpívání částic na oděvu a výstroji a zabránují vniknutí radioaktivních částic na kůži.

Dojde-li ke kontaminaci je rozhodujícím činitelem pro snížení dávky na kůži včasnost očištění. Účinné jsou i jednoduše způsoby očištění: opláchnutí, oprášení, setření. Tato bezprostřední opatření se snažíme uplatňovat průběžně i v průběhu pobytu v zamořeném prostoru. Jelikož pouze radioaktivní částice stáří do několika hodin až maximálně do jednoho až dvou dnů mohou mít tak vysokou měrnou aktivitu, aby jejich přítomnost na kůži v zrakem těžko postřehnutelném množství mohla způsobit poškození kůže, lze obvykle existencí povrchové kontaminace a účinnost očištění kontrolovat zrakem.

Povrchové kontaminaci kůže a zevnímu ozářování zářením gama a beta předeházejí očištění povrchů okolního prostředí (oplačování, stírání, zemetání, atd.).

Radiometr DC-3E-83 je schopen pro střednictvím detekce záření beta měřit maximální plošnou aktivitu 30.000 Bq/cm<sup>2</sup>. Takto kontaminované rozsáhlejší plochy (desítky m<sup>2</sup>) vytváří dávkové příkony záření gama několik desetin mSv/h (setiny R/h). Kůže kontamnová o této plošné aktivitě je ozářována dávkovým příkonem záření beta 0,05 Gy/h.

Měření plošných aktivit detekcí záření beta je proto použitelné v oblastech, které nejsou zasaženy masivnějším vypadávacím radioaktivní stopy nebo v dalších časových obdobích po vypádnutí nebo v prostorech stíněných vůči záření gama z radioaktivních částic na terénu.

Povrchovou kontaminaci terénu, větších ploch různých objektů, technicky zjišťujeme prostřednictvím měření dávkových příkonů záření gama. Lze užít přístrojů DC-3A-72 a DC-3B-72. Naměřené hodnoty dávkových příkonů není nutno přepočítávat na plošnou aktivitu, neboť uvedeně zamořené plochy ohrožují osoby především zářením gama.

Z uveděného vyplývá, že měření plošných aktivit radionetrem DC-3E-83 je možné a účelné v následujících situacích:

- kontrola povrchové kontaminace osob po očištění, abychom posoudili naléhavost další cílené a pečlivé očištění
- kontrola povrchové kontaminace takových předmětů a objektů, z nichž je vysoká pravděpodobnost přenesení radioaktivních látek na povrch člověka nebo jejich vniknutí do organismu.

### 6.3 Vnitřní kontaminace

Přístrojem nelze přímo měřit koncentraci radioaktivních látek v ovzduší. Ochranná opatření vůči inhalaci radioaktivních částic (použití ochranné masky), účinné je použití navlhčené roušky před ústa a nos nebo smrkání, odkasávání, vyplachování nosu atd., musí být uplatňována na základě měření dávkových příkonů záření gama.

Je-li ukončeno vypřádávání radioaktivní stopy je v prostředí i s vysokými dávkovými příkony záření gama opodstatněné používání ochranné masky, případně roušky pouze tehdy, jedná-li se o prostředí prašné.

Hlavním těžištěm používání tohoto přístroje je měření (monitorování) měrných aktivit vody a potravin. Tím jsou získávány informace pro opatření, jejichž cílem je regulace a minimalizace příjmu radioaktivních látek v požívatinách.

V prvé řadě je nutno sledovat zamoření zdrojů pitné vody. Je nutno vyhledávat zdroje s nejnižším stupněm zamoření, vylučovat z užívání vody ze zdrojů nadměrně kontaminovaných, případně zabezpečovat její úpravu.

Dále je nutno sledovat zamoření potravin kontaminovaných po jejich bioprodukcí, u nichž došlo k poškození bariér

ochránících je před povrchovou kontaminací. Sledování musí být prováděna s cílem stanovit podklady pro rozhodnutí o provedení dekontaminačních postupů (odstranění kontaminovaných, povrchových vrstev a částí, zbavení prachu) nebo pro rozhodnutí o omezení konzumace, tj. oddálení příjmu, případně úplné vyřazení potravin. Pozornost je nutno věnovat vodě a krmivům hospodářských zvířat.

Vysoká citlivost přístroje pro měření měrných aktivit předurčuje přístroj pro dlouhodobé sledování potravin zamořených v průběhu jejich bioprodukcce s cílem zvolit optimální taktiku a strategii, jak zabezpečit výživu obyvatelstva a minimalizovat příkom radiační zář z vnitřní kontaminace.

## NORMY A MINIMALIZACE OZÁŘENÍ

Jaderný konflikt v Evropě by patrně pro ČSSR znamenal statistice až miliony mrtvých. Zprvu by působily hlavně účinky tlakové vlny, světelně-tepelného záření a vzniklých požárů, v dalších dnech a týdnech následky nemoci z ozáření počátečním zářením jaderných výbuchů. Ještě později následky ozáření v radioaktivní stopě a následky rozšíření epidemií; zde však připravenost a realizace požárových opatření má podstatně vyšší efektivnost.

V prvé řadě je třeba zabránit dalším expozicím osob, vedoucím k časným radiačním poškozením a úmrtím. Znamená to udržet osobní dávky tak nízkou, aby nedosáhly hodnoty prahových dávek časných poškození.

Druhořadá - ovšem nikdy neopominutelná - musí být vždy snaha po celkové minimalizaci ozáření, a tím i minimalizaci jeho pozdních následků. Za ideálního stavu by vždy mělo docházet k racionálnímu zvažování přínosu opatření vůči negativním důsledkům, které jejich realizace přináší.

Operativnost, jednoznačnost rozhodnutí však vyžaduje stanovit pro dozimetricky a radiometricky sledované způsoby ozářování směrná čísla - tzv. normy, které slouží jako jednoduší podklad pro rozhodování. Je nutno znát vztah příslušných hodnot těchto norem k riziku (stupni) radiačního poškození, abychom v konkrétní situaci mohli posoudit náležitost jejich striktního dodržování.

### 7.1 Normy zevního ozářování zářením gama

Normy dávek zevního ozáření zářením gama jsou:

Normy dávek zevního ozáření zářením gama jsou:			
pro <u>jednorázové ozáření</u> (do 4 dnů)	0,5Gy	(50R)	
<u>opakované</u> v průběhu 10 dnů	1 Gy	(100R)	
	3 měsíců	2 Gy	(200R)
	1 roku	3 Gy	(300R)

Tyto dávky nezpůsobí časná radiační poškození ani nesnižují pracovní výkonnost ozářených osob. Dvojnásobné překročení jednorázové dávky však může vést k lehkému stupni poškození a osminásobné znamená úmrtí s pravděpodobností příbl. 50%.

Norma pro dávkový příkon umožňující několikadenní pobyt bez rizika časných poškození činí:

$$\dot{D}_{\text{gama}} = 0,005\text{Gy/h} = 5\text{mGy/h} = (0,5\text{R/h})$$

Při této hodnotě dávkového příkonu je dávka 0,5Gy dosaženo za 4 dny; jelikož dávkový příkon od radioaktivních produktů s časem klesá (následkem jejich radioaktivního rozpadu) hodnota  $\dot{D}_{\text{gama}} = 0,005\text{Gy/h}$  naměřené hned zpočátku ozářování umožní ve většině případů trvalý pobyt v dotyčném místě.

### 7.2 Povrchové zamoření

Norma pro plošnou aktivitu kůže činí:

$$a_s = 0,01\text{MBq/cm}^2 = 10,000\text{Bq/cm}^2$$

Odpovídající dávkový příkon v kůži se rovná 0,016Gy/h. I kdyby nedocházelo k poklesu aktivity a radioaktivní zářič nebyl z kůže odstranován, je prahová dávka lehkého poškození kůže (5Gy) předána až za 13 dnů. Uplatňování této normy reguluje z hlediska časných poškození příspěvek z povrchové kontaminace k ozáření kůže.

Tuto hodnotu normy uplatňujeme též pro plošnou aktivitu předmětů, které přicházejí do těsného kontaktu s kůží (přádlo, oděv, nosítka raněných, lůžka, atd.).

Pro zamoření obalů potravin, pracovních ploch, prostředků a pomůcek v kuchyních, pekárnách, jatkách a dalších površích ze kterých bezprostředně může docházet k děnosu radioaktivních látek do střeby je norma plošného zamoření

$$a_s = 0,001\text{MBq/cm}^2 = 1,000\text{Bq/cm}^2$$

Hodnota normy je odvozena následujícími způsoby:

Předpokládáme např., že do 1 gramu potravin jsou denně přeneseny radioaktivní látky, které se nalézájí na  $1\text{cm}^2$  zamořeného prostředí a průměrná osoba přijme 2,5 kg takové střeby. Denní příjem aktivity potom činí:

$$1,000 \times 2,500 = 2,5\text{MBq}$$

Měrná aktivita střeby se rovná 1MBq/kg, což je norma pro 30-denní příjem (viz. dále).

Při uplatňování normy je nutné posoudit, zda předpoklady odvození normy jsou reálné pro dočasnou situaci (imozství zpracované potraviny, jež určuje "zřídění" přenesené aktivity radioaktivních látek; pravděpodobnost jejich přenosu; jak na povrchu ulpívají).

### 7.3 Normy denních příjmů aktivit a měrných aktivit vody a potravin

Uplatňování norem měrných aktivit vody a potravin má za-  
bepečít, aby denní příjmy aktivit byly nižší než následující-  
cí hodnoty:

	Aktivita denně přijaté stravy
pro jednorázový (denní) příjem	30 MBq
pro opakovaný příjem do 10 dnů	6 MBq
30 dnů	3 MBq
1 roku	1,5 MBq

Tyto hodnoty představují první řádek tabulky 4.2. Teprve denní příjmy zhruba 20krát vyšší odpovídají přehovným příjmům lehkého poškození a hodnoty 100krát vyšší příjmům těžkého poškození.

Normy měrné aktivity vody a potravin jsou odvozeny za před-  
pokladu, že denní příjem stravy (vody a potravin) činí  
zhruba 2,5 kg.

	Měrná aktivita (MBq/kg)			
Trvání příjmu	1den	10dnů	30dnů	1rok
potravin, voda	10	3	1	0,5
mléčné produkty	3	0,3	0,1	-

Pro děti platí normy nižší:

5krát pro vodu a potraviny

10krát pro mléčné produkty

Hodnotu aktivity deminó příjmu určíme stanovením měrných aktivit jednotlivých složek stravy s uvážením jejich za-  
stoupení v celkové denní stravě.

Vazbu hodnot na trvání příjmu nutno chápat takto:

Vede-li požívání stravy k denním příjmům např. 3 až 6MBq, je možno stravu bez dalšího sledování požívat 10dnů.

V případě poklesu aktivity radioaktivním rozpadem tak, že se denní příjmy sníží pod 3MBq, lze požívání potravin prodloužit na dalších 30 dnů. Osoby nesmí být opakovaně, např. po několika dnech vystavovány denním příjmům 6 až 30MBq.

Mléčnými produkty se rozumí takové produkty, které pochá-  
zejí z mléka kontaminovaných krav a obsahují pro to relativ-  
ně více radioaktivních radionuklidů (např. 131j).

Uplatňování těchto norem zahrnutí tomu, aby interní (vnitřní) kontaminace způsobila časná poškození, nebo vý-  
znamněji přispěla k časným poškozením navozeným zevním ozářením.

Dodržováním hodnot norem nesmí být omezeno další úsilí o minimalizaci ozáření!!!



## 8. PRINCIP ČINNOSTI PŘÍSTROJE A METOD MĚŘENÍ

### 8.1 Detektor

Detektorem přístroje je Geiger-Müllerův (GM) počítáč s tenkým okénkem o ploše 55x65mm. Ionizující záření (částice beta, záření gama) vytváří v detektoru přístroje elektrické impulzy. Tenké okénko umožňuje, aby do citlivého objemu detektoru, ze směru kam je orientováno čelo sondy, pronikly i částice beta, jejichž pronikavost je relativně malá. Okénko lze zesílit filtrační clonou; v tom případě je detekováno pouze záření gama.

Podrobnější popis přístroje je uveden v Záznamníku.

### 8.2 Měření dávkového příkonu záření gama

Ovládací prvky přístroje je možno nastavit takový režim vyhodnocování signálu detektoru, při kterém se údaj na stupnici přímo rovná dávkovému příkonu záření gama v místě, kde se nalézá detektor (při zasunutí filtrační clony).

Toto základní nastavení je provedeno výrobcem při kalibraci přístroje; při měření se tento režim činnosti nastaví použitím FUNKCE označené  $\mu\text{Gy/h}$  a  $\text{mGy/h}$ .

### 8.3 Měření aktivity

Měření plošných aktivit  $a_g$  ( $\text{Bq/cm}^2$ ) povrchů a měrných aktivit  $a_m$  ( $\text{MBq/kg}$ ) odebraných vzorků vody, potravin atd. se provádí přiložením detektoru nad sledovaný povrch resp. vzorek. Na přístroji se nastaví FUNKCE  $\text{Bq/cm}^2 \times 1$  nebo  $\text{Bq/cm}^2 \times 100$ . Při nastavení FUNKCE  $\text{Bq/cm}^2 \times 100$  se správná odečtená hodnota rovná 100násobku hodnoty, kterou s uvážením příslušného použitého rozsahu vykazuje přístroj. Například při nastavení FUNKCE  $\text{Bq/cm}^2 \times 100$  a rozsahu 300 ukazuje ručka přístroje na dílek 25. Správný odečtený údaj se rovná  $250 \times 100 = 25.000 \text{ Bq/cm}^2$ .

Musí být použito tzv. standardní měřící uspořádání, tj. standardní umístění sondy vůči vzorku nebo měřnému povrchu.

Na stupnici přístroje potom odečteme hodnotu vykazovaného údaje  $U$ , v jednotkách  $\text{Bq/cm}^2$ . Tato hodnotu  $U$  je nutno ještě vynásobit příslušným převodním faktorem  $f$ , čímž teprve obdržíme hodnotu měrné nebo plošné aktivity vzorku.

Obecně platí:

$$a = f \cdot U \quad (8.1)$$

kde  $a$  je plošná nebo měrná aktivita.

Hodnoty převodního faktoru jsou z principiálních důvodů odlišné pro měření plošné aktivity od hodnot převodního faktoru při měření měrné aktivity. Mění se však i při jiném měřícím uspořádání nebo metodě měření. Jejich velikost závisí na tom, jaká část vzorkem vysílaných částic záření je při daném uspořádání skutečně registrována detektorem jako impuls. Tento podíl skutečně detekovaných částic závisí jak na velikosti a vzdálenosti vzorku, tak na pronikavosti (energií) měřeného záření jež ovlivňuje, jaká část záření je pohlcena prostředím dříve, než vůbec dosáhne okénka detektoru.

Příslušné hodnoty převodních faktorů  $f$  byly stanoveny experimentálně (kalibrací) pro dále popsaná standardní měřící uspořádání, energie záření a druhy vzorků se záměrem, aby měřením stanovené hodnoty plošných a měrných aktivit se od skutečných hodnot odlišovaly jen s přijatelnou chybou. Příčiny možných chyb i zásady, které je pro získání správného výsledku nutno uplatňovat, jsou uvedeny v dalším textu u jednotlivých metod.

Standardní měřící uspořádání a příslušné převodní faktory jsou uvedeny v tabulce 11.1. Pro metodu nasycené vrstvy byly převodní faktory stanoveny pomocí vodných roztoků  $^{204}\text{Tl}$  (E beta max. = 0,76MeV; pro  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  jsou převodní faktory přibližně 3 až 3,5krát větší. Pro metodu gama byly korekční faktory stanoveny pomocí vodných roztoků  $^{137}\text{Cs}$  (E gamma = 0,66MeV emise 0,84 fotonu na rozpad).

#### 8.3.1 Měření plošné aktivity

Měření plošné aktivity  $a_g$  ( $\text{Bq/cm}^2$ ) povrchu se provádí s otevřenou filtrační clonou. Standardní měřící uspořádání znamená přiložení čela sondy přibližně 2 až 5cm nad měřený povrch

Vzdálenost sondy nad měřeným povrchem v rozsahu těchto hodnot málo ovlivňuje naměřenou hodnotu, pokud jsou oba rozměry plochy alespoň 3 až 4krát větší než rozměry okénka detektoru a plocha je rovnoměrně kontaminovaná. Ke správnému měření je totiž nutné, aby měřená plocha vyplnila prostorový úhel, který "vidí" okénko detektoru. Lze proto měřit povrchy menší, alespoň však 7x7 cm, ovšem s těsným přiložením povrchu sondy.

Je-li radioaktivní zářič

- uložen skutečně povrchově (ve vrstvě do cca 0,5 mm)
- rozdělen rovnoměrně po celé ploše kterou "vidí" okénko detektoru

- jeho záření je dostatečně pronikavé (tj. max. energie záření beta je větší než 0,3MeV)

potom údaj odečtený na stupnici považujeme přímo za plošnou aktivitu povrchu, tj. hodnota převodního faktoru je rovna jedné,  $f=1$ .

Pro zvýšení hodnoty maximálně měřitelné plošné aktivity je možno použít kolimační clonu, kterou je omezena velikost povrchu, ze kterého jsou částice detekovány. Okraj tubusu kolimační clony umístíme 1 cm nad měřenou plochu. Kolimační clonu používáme i tehdy, sledujeme-li zaměření přednětů (povrchů) menších než 7x7 cm, nebo chceme cíleně změřit aktivitu malých ploch při nerovnoměrném zaměření. Při nastavení FUNKCE Bq/cm<sup>2</sup>xi a při použití kolimační clony má korekční faktor hodnotu 10.

**8.3.2 Měření měrných aktivit**

K měření měrných aktivit  $a_m$  (MBq/kg) vzorků lze použít dvě metody:

- metodu nasycené vrstvy
- metodu gama

**8.3.2.1 Metoda nasycené vrstvy**

Při metodě nasycené vrstvy umístujeme sondu do stojánku nad vzorek; filtrační clona je otevřena, detekuje se především záření beta vyslané vzorkem.

Maximální doseh (dolet) částic beta v prostředí o hustotě okolo 1g/cm<sup>3</sup> je přibližně 1 cm.

Při pravíme-li vzorek ve vrstvě silné přibližně 1 cm nebo větší, dochází k nasycení počtu částic beta vyslaných z jeho povrchu (přesněji procházejících jeho povrchem 1 z hlubších vrstev). Při dalším zvyšování tloušťky vrstvy vzorku již počet částic vyslaných povrchem nevrstvá, částice z hlubších vrstev povrchem nedosáhnou. Tloušťku vrstvy vzorku pro měření proto není nutno přesně dodržovat, stačí zabezpečit dosažení nasycené vrstvy. Jednotlivá standardní měřící uspořádání se liší velikostí mísky pro vzorek - v závislosti na druhu a množství vzorku lze použít mísky o průměrech od 4 cm do 21 cm; dále vzdálenosti 3 cm nebo 15 cm mezi povrchem vzorku a povrchem sondy (povrchem umělohmotové skřínky). Měření tj. odečet údaje  $\bar{U}$  provádíme při nastavení FUNKCE Bq/cm<sup>2</sup>xi a otevřené cloně. Měrnou aktivitu  $a_m$  (MBq/kg) vypočteme vynásobením  $\bar{U}$  příslušným převodním faktorem (tab. 11.1):

$$a_m \text{ (MBq/kg)} = fU \quad (8.2)$$

Dosažení shody naměřených údajů se skutečností vyžaduje:

- 1) Dodržení standardního měřícího uspořádání;
- 2) Homogenní rozdělení radionuklidů v měřeném vzorku; tato metoda je proto vhodná pro vzorky, v nichž homogenní rozdělení existuje (např. roztoky), nebo je možno homogenizaci provést (pastovité, sypké materiály). Homogenní rozdělení radioaktivních látek v celém objemu vzorku je velice důležitá - signál detektoru a tím i údaj přístroje je dán především měrnou aktivitou povrchových vrstev (prvé milimetry), neboť jimi vyslané záření je relativně nejméně pohlcováno. Nemí-li měrná aktivita povrchových vrstev stejná jako měrná aktivita celého vzorku, dochází k chybným výsledkům;
- 3) Je třeba, aby energie záření beta měřených radionuklidů byly blízké hodnotám použitým při kalibraci (středně

energií záření beta směsí štěpných produktů  
 $E_{\beta} = 0,3-0,4 \text{ MeV}$ .

### 8.3.2.2 Metoda Gamma

Při této metodě je filtrační clona zasaunuta, tj. aktivita vzorku je měřena prostřednictvím vysílaného záření gamma. Měření opět provádíme při nastavení FUNKCE Bq/cm<sup>2</sup> x 1 nebo Bq/cm<sup>2</sup> x 100 a výpočet pomocí rovnice 8.2. Při použití FUNKCE Bq/cm<sup>2</sup> x 100 nejprve násobíme přímo vykazovaný údaj hodnotou 100 a teprve takto získaný údaj použijeme k výpočtu.

Pronikavost záření gamma je podstatně větší než záření beta. Signál detektoru proto vzrůstá, ne ovšem přímo úměrně, s objemem (hmotností) měřeného vzorku.

Náročky na homogenitu vzorku jsou podstatně menší; postačí, aby aktivita byla rozložena přibližně rovnoměrně v celém objemu vzorku. Používáme vzorky v objemech 1 litr (průměrná doba 14 až 16 cm) nebo 10 litrů (vědro). Sondy umísťujeme ve vzdálenosti 3 až 4 cm od povrchu vzorku. Metoda je vhodná pro kusové, nesnadno homogenizovatelné vzorky.

Získání správných výsledků vyžaduje:

- Dodržení měřících uspořádání;
- Aisponě hrubě rovnoměrné rozdělení radioaktivních látek v měřeném materiálu;

- Hustotu materiálu blízkou hodnotě 1kg/litr.

V případě, že hmotnost vzorku o objemu 1 litr resp. 10 l se výrazně liší od 1 kg resp. 10 kg (je menší než přibližně 0,5 kg resp. 5 kg), je nutno určit jejich skutečné hmotnosti  $m_{11}$  resp.  $m_{10l}$  vážením. Měrnou aktivitu  $a_m$  (MBq/kg) vypočteme pomocí vztahů:

$$a_m \text{ (MBq/kg)} = f \frac{U}{m_{11}} \quad (8.3)$$

resp.

$$a_m \text{ (MBq/kg)} = f \frac{10 \cdot U}{m_{10l}} \quad (8.4)$$

- Na jednu radioaktivní přeměnu ve vzorku musí být vyslán v průměru 1 foton záření gamma; touto metodou nelze měřit radionuklidy vysílající pouze záření beta.

### 8.4 Pozadí

Při měření plošných a měrných aktivit je detekováno nejen záření ze sledovaného vzorku (povrchu), ale vzhledem k jeho pronikavosti i záření gama z okolí. Údaj přístroje způsobený tímto zářením gama nazýváme pozadový signál, stručně pozadí  $U_p$ . Pozadí musí být určeno zvlášť k tomu cíleným měřením. V případě měření plošné aktivity nebo při metodě nasycené vrstvy stanovíme údaj pozadí  $U_p$  tak, že v příslušném místě, nad měřeným vzorkem (povrchem), provedeme měření nejprve se zasaunutou clonou. Dále provedeme měření s otevřenou filtrační clonou - údaj  $U_{A+P}$ . Stanovení hodnoty pozadí  $U_p$  při metodě gama provádíme tak, že odečteme údaj v příslušném místě bez vzorku (vzorek vzdálen 2 až 3 m) se zasaunutou filtrační clonou. K vlastním měřením tj. stanovení údaje  $U_{A+P}$  přisuneme vzorek do standardní polohy k detektoru. Výpočet povrchové nebo měrné aktivity provedeme podle vztahu:

$$a = f \cdot (U_{A+P} - U_p) = f \cdot U_A \quad (8.5)$$

tj. převodním faktorem, násobíme rozdíl hodnot

$$U_A = U_{A+P} - U_p$$

### 8.5 Rozsah měřitelných aktivit

Následkem kolísání ručky měřidla i poměrně malé stupnice je přesnost (opakovatelnost) odečtu údaje zatížena chybou přibližně 10%. Převyšuje-li hodnota  $U_{A+P}$  údaj pozadí  $U_p$  o méně než 10% (tj. 0,1  $U_p$ ), nelze ji spolehlivě zjistit; nelze proto ani změřit plošnou nebo měrnou aktivitu nižší než

$$a_{\min} = f \cdot 0,1 \cdot U_p \quad (8.6)$$

Hodnoty  $a_{\min}$  proto představují minimální měřitelné měrné nebo plošné aktivity; s růstem pozadí  $U_p$  roste hodnota  $a_{\min}$ .

V případě, že hodnoty pozadí  $U_p$  představují značnou část rozsahu stupnice přístroje, snižuje se hodnota maximálně měřitelných aktivit.

V krajním případě, kdy pozadí je natolik vysoké, že odpovídá údajů většímu než číselní rozsah přístroje, nelze měřit aktivity vzorků vůbec.

V zájmu přesnosti a věrohodnosti výsledků proto využíváme pro měření taková místa, kde je pozadí co možná nejnižší. V tabulce 8.1 jsou pro některá standardní měřící uspořádání uvedeny hodnoty převodních faktorů  $f$  a hodnoty minimálních a maximálně měřitelných plošných a měrných aktivit. Je uvažováno normální nezvyšené pozadí, kdy lze při nastavení FUNKCE  $Bq/cm^2 \times 1$  společlivě odečítat údaje  $U_A$  v rozsahu od 0,1  $Bq/cm^2$  do 300  $Bq/cm^2$  a při nastavení FUNKCE  $Bq/cm^2 \times 100$  v rozsahu od 10  $Bq/cm^2$  do 30.000  $Bq/cm^2$ .

Při použití metody nasycené vrstvy jsou nejvyšší měrné aktivity měřitelné užitím větších misek a vzdálenosti 3 cm. Hodnota minimálně měřitelné měrné aktivity 0,002 MBq/kg je hluboko pod nejnižšími hodnotami norem měrných aktivit vody a potravin, které mohou být poživány dlouhodobě (mimo mléčné produkty).

Nejvyšší měřitelné měrné aktivity dosáhneme při použití malých misek a vzdálenosti 15 cm. Při použití FUNKCE  $Bq/cm^2 \times 1$  lze měřit měrnou aktivitu až 360 MBq/kg, což je podstatně vyšší hodnota než číselní norma pro jednorázový příjem. V zásadě je možné ještě zvýšit maximálně měřitelné měrné aktivity použitím FUNKCE  $Bq/cm^2 \times 100$ .

Při metodě gama má minimálně měřitelná měrná aktivita při objemu 10 litrů hodnotu 0,0015 MBq/kg a je tedy ještě nižší než při metodě nasycené vrstvy. Použití FUNKCE  $Bq/cm^2 \times 100$  zvyšuje horní hranici měřitelných měrných aktivit. Praktický význam použití FUNKCE  $Bq/cm^2 \times 100$  spočívá v tom, že měření lze provádět i za vyšších úrovní pozadí  $U_p$ .

Problématika limitování příjmu radionuklidů v mírové ochraně před ionizujícím zářením uplatňuje odlišné principy. Lze však prohlásit, že minimálně měřitelné měrné aktivity jsou natolik nízké, že pro většinu radionuklidů pokrývají i rozsah "mírových norem".

Tabulka 8.1

Hodnoty převodních faktorů  $f$  a minimální a maximální měřitelné plošné a měrné aktivity pro jednotlivá standardní měřící uspořádání

Metoda měření	Převodní faktor $f$	Minimální měřitelné hodnoty	Maximální měřitelné hodnoty
<b>Měrné aktivity</b>	<b><math>\frac{MBq}{kg}</math> <math>\frac{Bq}{cm^2}</math></b>	<b>MBq/kg</b>	<b>MBq/kg</b>
<b>Nasycená vrstva, FUNKCE <math>Bq/cm^2 \times 1</math></b>			
Vzdálenost 3 cm	miska 4 cm	0,1	30
	miska 10 cm	0,03	9
	miska 15 cm	0,02	6
Vzdálenost 15 cm	miska 4 cm	1,2	360
	miska 10 cm	0,3	90
	miska 15 cm	0,15	45
<b>Metoda gama</b>			
FUNKCE $Bq/cm^2 \times 1$	objem 1 litr	0,04	12
	objem 10 litrů	0,015	4,5
FUNKCE $Bq/cm^2 \times 100$	objem 1 litr	0,04	1200
	objem 10 litrů	0,015	450
<b>Plošné aktivity</b>			
		<b><math>\frac{Bq}{cm^2}</math></b>	<b><math>\frac{Bq}{cm^2}</math></b>
FUNKCE $Bq/cm^2 \times 1$	bez kolimační clony	1	300
	s kolimační clonou	10	3000
FUNKCE $Bq/cm^2 \times 100$	bez kolimační clony	1	30000

## 9. VYUŽÍVÁNÍ PŘÍSTROJE K MĚŘENÍ AKTIVITY

### 9.1 Hlavní zásady

- a) Radiometr DC-3E-83 spolu se svým příslušenstvím je určen a má vhodné vlastnosti pro měření aktivit spíše laboratorním způsobem nežli pro přímé měření v terénu. Nelze jej používat v silně zamořených prostorách, s dávkovými příkony řádově mGy/h. Komplet přístroje proto instalujeme v úkrytech a uzavřených prostorách.
- b) Je nutno úzkostlivě dbát, aby nedošlo k zamoření přístroje, sondy a především detektoru a filtrační i kolimační clony. Zamořením sondy vzniká nepřesný (falesný) signál, který zkresluje (zvyšuje) měřené hodnoty. Proto je nutno pravidelně vizuálně kontrolovat čistotu detektoru, filtrační clony a celé sondy.

K zabraňování kontaminaci je nutno vkládat sondu do tenké polyetylenové folie (sáčku); zejména je zakázáno pokládat sondu na plochy, které mohou být zamořené.

### 9.2 Vyběr a příprava pracoviště

Měření je nutno provádět v krytých prostorách (úkrytech) a co možná nejnižším pozadím záření gama a minimálním zamořením pracovních ploch. Je nutno předem zkontrolovat zamoření pracoviště a příp. provést jeho dekontaminaci (viz kapitola 10).

Pracovní plocha pro vlastní měření musí být vzdálena od pracovní plochy pro přípravu vzorků nejméně o 3 m, nejlépe její oddělena. Odebrané materiály a již změřené vzorky nutno skladovat v jiné místnosti. Pracovní plochy volíme omývateľné; musí být k dispozici voda, prostředky k očištění a úklidu (hadry, vata, polyetylenová folie, vědra).

V místě, které zvolíme k měření nejprve stanovíme při nastavené FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> hodnotu pozadí P<sub>p</sub> a podle vztahu

8.6 vypočítáme hodnotu minimální měřitelné aktivity. Je-li tato hodnota vyšší než hodnoty norem radioaktivního zamoření je nutno provést další opatření k dosažení nižšího pozadí

(zvolit jiné pracoviště, improvizovat stínění měřícího místa atd.).

K provoznímu zabezpečení takového pracoviště jsou vhodné nejméně dvě osoby. Prvá osoba v rukavicích provádí přípravu a likvidaci vzorků i očištění pomůcek, druhá osoba provádí "čistotu činnosti", tj. vlastní měření, dokumentaci a hodnocení.

### 9.3 Odběr vody, potravin a dalších materiálů

Správný výběr vyšetřovaného materiálu a způsob odběru vzorků velmi podstatně ovlivňuje správnost a účelnost provedeného měření. Před odběrem vzorků je nutno uvážít i možný způsob zamoření, tj. zda radioaktivní látky budou uloženy pouze povrchově nebo v celém objemu vyšetřovaného materiálu, zda rozdělení aktivity bude rovnoměrné nebo bude mít lokalizovaný charakter.

Způsob odběru vzorku musí být též sklouben s tím, jakým opatřením bude informace o zamoření využito.

#### 9.3.1 Odběr pro měření měrných aktivit

Předpokládáme-li další opatření (odstraňování povrchových vrstev či jiných částí), orientujeme odběr vzorků tak, abychom získali informaci o rozložení radioaktivních látek na povrchu i v hloubce vyšetřovaného materiálu. Při odběru vzorku z povrchu odhadneme plochu, z které vzorek odeberáme i hloubku odebrané vrstvy. Je-li zamoření především povrchové, tyto údaje umožní vypočítat aktivitu na jednotkově ploše skladovaného materiálu.

Bude-li získané informace využito k rozhodnutí zda měřený materiál v celém objemu použít či nepoužít, případně k odhadu vyplývající radiální zátěže, odeberáme vzorky reprezentující střední měrnou aktivitu materiálu, to znamená odebereme a případně smícháme vzorky z více míst sledovaného materiálu. V závislosti na druhu, množství a předpokládaném zamoření provádíme odběr více vzorků z více míst a z různé hloubkových vrstev. Při odběru a transportu materiálu nutno dbát na to, aby nedošlo k jeho druhotnému zamoření.

Při výběru vzorků se soustředíme především na ty produkty, které co do konzumovaného množství představují hlavní složky potraviny.

Při odběru vzorků s vizuálně postřehnutelným znečištěním možnými radioaktivními částicemi, které je možno setřásat dbáme na to, abychom odebrali reprezentativní vzorek.

Vzorky odebíráme do lehvé nebo nádob (kapelné) a dvojených sáčků (sypké, pastovité, kusovité). K tomu, abychom zabránili setřásání radioaktivních částic v odebraných vzorcích je vhodné při transportu i zpracování provést jejich mírné zvlhčení a promíchání materiálu.

Odebrané množství volíme v závislosti na metodě měření, druhu vzorku (způsobu zpracování), jeho předpokládané aktivitě a s ohledem na použitou měrnou nádobu (mlásku). Pro metodu masycené vrstvy postačí 0,1 až 0,5 kg. Pro metodu gama 1 litr nebo 10 litrů.

### 9.3.2 Odběr pro měření povrchových aktivit

V případě podezření pouze na povrchovou kontaminaci, nebo u ploch jejichž proměření nelze provést na místě ani nemohou být dopraveny na měřicí pracoviště, provádíme otěrové testy. Záměrem otěrového testu je přenést radioaktivní látku ze známé definované plochy na jiný povrch, který lze použít k měření. Vhodné je použít lepicích pásek (leukoplast, a pod.); po sejmutí otisku kryjeme lepicí plochu tenkým papírkem nebo fólií. K otěrovému testu lze použít i navlhčený papír nebo textil, které potom vložíme do dvojitého polyetylenového sáčku. Odebraný vzorek musí mít průměr nejméně 5 cm, aby při měření mohl vykryt alespoň otvor kolimační clony.

### 9.3.3 Dokumentace. Průvodka vzorku

Důležitou a nedílnou součástí celého monitorovacího procesu (co, kdy, kde, k jakému účelu měřit, odběr, zpracování a měření vzorků, vyhodnocení výsledků) je předávání příslušných informací. Konkrétní provedení této stránky monitorovacího procesu závisí na řadě činitelů souvisejících s jeho organizací. (kdo, kde, proč a jaké

vzorky odebírá, kdo a kde měří, hodnotí výsledky a rozhoduje o opatřeních). Náčelník příslušné složky (objektu), v jejímž rámci je přístroj využíván, musí v tomto směru vydat úplné, jednoznačné a konkrétní instrukce. V této metodice uvádíme pouze obecné pokyny pro případ, kdy případ o sledování kontaminace, odběr vzorku, jeho měření a rozhodnutí o opatřeních vykonává vždy jiná osoba (insti-tuce).

a) Prvým písemným materiálem musí být příkaz k monitorování obsahující též informace o:

- druhu sledovaného materiálu
  - jeho místu
  - pokyny k odběru vzhledem k předpokládaným opatřením
  - kam předat vzorky
  - kam předat výsledky měření.
- Tento doklad může být použit jako průvodka.

b) Při odběru vzorku musí být sepsána průvodka vzorku obsahující následující údaje:

- druh materiálu
- místo (lokalita) a čas odběru vzorku
- další informace o jeho odběru (např. odběr z povrchové vrstvy, velikost odebrané plochy materiálu, průměrný vzorek, voda po sedimentaci částic, atd.)

- kdo provedl odběr a komu předat výsledky.  
Průvodka může být použita k předání výsledků měření.

c) Výsledky měření, tzn. hodnoty měrných resp. plošných aktivit, jejich základní hodnocení ve vztahu k normám, dále čas měření a metodu měření uvede obsluha:

- do zvlášť k tomu určeného sešitu Záznamu o provedených měřeních vzorků a doplní je
- na příkaz k měření, resp. na průvodku, které odešle osobě nařizující příslušné měření, případně rozhodující o příslušném opatření.

V případech, kdy obsluha přístroje zabezpečuje více článků monitorovacího procesu, vydává i příkazy k opatřením nebo je sama vykonává, lze dokumentaci redukovat na záznamy

o provedených měřeních.

#### 9.4 Příprava vzorku

K přípravě a měření lze použít pouze řádně popsané vzorky s průvodkou, aby zůstala zachována identita vzorku a příprava i hodnocení se mohly uskutečnit v souladu se záměrem odběru. Při jakékoliv manipulaci se vzorky je nutno dbát na to, aby nedocházelo k takovým kontaminacím pracovních ploch a pomůcek, které by měly za následek přenos radioaktivních látek na vzorky, a posléze i kontaminaci přístroje.

Po přinesení materiálu, resp. před úpravou dotyčného vzorku provedeme orientační posouzení jeho aktivity měřením se zavedenou clonou (metodou gama). Získané orientační výsledky využijeme ke stanovení pořadí zpracovávaných vzorků, výběru měřičho uspořádání i požadavků na bezpečnou manipulaci se vzorkem z hlediska kontaminace. Dbáme na to, aby pořadí vzorků při jejich měření odpovídalo orientačním hodnotám jejich aktivity, tj. aby neaktivnější vzorky byly měřeny nakonec. Přípravu vzorků (homogenizaci) k měření se snažíme provádět především v těch obalech, ve kterých byly vzorky dopraveny. Jinak používáme fotomisky, nebo jiné omyvatelné nádoby.

#### 9.4.1 Metoda nasycené vrstvy

Sypké a pastovité materiály homogenizujeme mícháním nebo mnutí v polyetylenovém sáčku. Drcení a krájení vzorků používáme tehdy, je-li velikost zrn (kousků materiálu) větší než 3 až 4 mm při jejich povrchové kontaminaci, nebo 1 cm při jejich vnitřní kontaminaci. Dáváme přednost větším měrným miskám, zvláště pro zrnité a ne zcela homogenní materiály. Materiál přeneseme do misky vhodné velikosti pomocí lžičky nebo stěrky. Výška vrstvy materiálu ve vzorku musí být nejméně 1 cm, lépe 1,5 cm; povrch vzorku zhruba urovňáme.

Vodu nebo jiné tekutiny opatrně odlijeme do měrné misky. Je-li podezření na vnitřní kontaminaci chleba, pečiva, masa, atd., vyřizujeme k měření metodou nasycené vrstvy

vhodný plátek tak, aby svou plochou překryl celý povrch měrné misky. Při nerovnoměrném zamoreání musí být krájením a dalším zpracováním při přepravě homogenní vzorky.

Měrné nádoby se vzorky, připravené k měření, vkládáme na fotomisku pokrytou papírem a spolu s ní vložíme pod sondu upevněnou ve stojánku. Příslušnou fotomisku používáme výhradně k tomuto účelu.

#### 9.4.2 Gama metoda

Hrubé promísení (rozkrájení) vyšetřovaných materiálů (zeleň, ovoce, kusy masa) provádíme přímo v nádobě určené k měření vzorku. Snažíme se, aby radioaktivní částice nebyly při této manipulaci ze vzorku setřeseny - např. jeho mírným zvlhčením.

Objem měrných vzorků má činit přibližně 1 litr (v nádobě o průměru 15 cm to odpovídá vrstvě přibližně 6 cm), nebo 10 litrů (vědro). Celková výška nádoby musí být taková, aby bylo možno umístit sondu do vzdálenosti 3 cm od povrchu materiálu.

V případě, že se hustota měřeného materiálu významně odlišuje od hodnoty 1kg/litr, je nutno určit hmotnost vzorku a k výpočtu měrné aktivity použít vztaž 8.3 nebo 8.4 (viz čl. 8.3.2.2). Chyby vzniklé nevhodnou přípravou vzorku posoudíme na základě rozptylu výsledků měření více vzorků, případně na základě odebraného materiálu, nebo měřením stejného vzorku při opakované homogenizaci (promíchání).

#### 9.4.3 Vzorky ořetrových testů

Vzorky ořetrových testů upravujeme tak, aby měly v tenké rovné ploše průměr alespoň 5 cm a k měření je umísťujeme na měrnou misku nebo jinou vhodnou podložku. Měření jejich plošné aktivity provádíme sondou s kolimační clonou.

#### 9.5 Měření a hodnocení

Stručné konkrétní instrukce k postupu měření jsou uvedeny v kapitole 11.

Na začátku měření je nutno se přesvědčit o správné funkci přístroje pomocí kontrolního zářiče.

Při měření neustále dbáme toho, aby nedošlo k zaměření přístroje. Kontrolujeme hodnoty pozadí 1 zda nedošlo ke kontaminaci rukou obsluhy. Dále kontrolujeme zaměření samotné podložní mísky s papírem tak, že sledujeme rozdíl mezi hodnotou měřenou s filtrační clonou a bez ní. Vede-li otevření filtrační clony k významnějším vzrůstům údaje (o více než 20%), je nutná výměna papíru a dekontaminace mísky.

Kontrolujeme rovněž eventuelní zaměření prázdných měřících misek. Jistá významná kontaminace - pokud na stěně nádoby pevně ulpívá - nemusí být na závadu, neboť měřený vzorek působí sám jako filtr, tj. pohlcuje částice beta přicházející z vnitřního povrchu měřící nádoby.

### 9.5.1 Plošná aktivita

Měření plošných aktivit provádíme ze vzdálenosti 2 až 5 cm; měření malých ploch, vzorků ořetrového testu nebo lokálních zaměření (ploch menších 8x8 cm) provádíme pomocí kolimáčů clony, ze vzdálenosti 1 až 2 cm.

### 9.5.2 Měrné aktivity

#### 9.5.2.1 Metoda nasycené vrstvy

Fotomisku se vzorkem umístíme pod sondou se stojánkem. Výšku sondy nastavíme tak, aby vzdálenost mezi čelem sondy a povrchem vzorku byla 3±0,5cm. Přesahujeme-li naměřený signál rozsah přístroje, nastavíme vzdálenost 15±1cm. Vzdálenosti se nastavují pomocí drátěných kontrolních měřek způsobem popsaným v Základní radionetru DG-3E-83, kapitola 5.3.2. Provedeme odečet hodnoty pozadí  $U_p$  se zářenou clonou a hodnoty  $U_{A+P}$  s otevřenou clonou. Pro použití průměr mísky a vzdálenost odečteme z tabulky 11.1 hodnotu převodního faktoru a měrnou aktivitu  $a_m$  vypočteme podle vztahu

$$a_m = f (U_{A+P} - U_p)$$

Příklad:

Měření měrné aktivity mouky bylo provedeno při použití mísky o průměru 15 cm ve vzdálenosti 3 cm.

výsly odečteny údaje:  $U_p = 88 \text{ Bq/cm}^2$  a  $U_{A+P} = 888 \text{ Bq/cm}^2$

tomuto měricímu uspořádání přísluší převodní faktor  $f = 0,02$  (viz. tabulka 11.1). Příslušná hodnota měrné aktivity mouky je rovna:

$$a_m = (88-8) \cdot 0,02 = 1,6 \text{ MBq/kg}$$

Závěry z tohoto měření:

a) Pokud odebrány vzorek mouky reprezentoval střední (průměrnou) aktivitu sledovaného materiálu, je podle norem - viz. tab. 11.2 F na str. 54 - naměřená aktivita větší než hodnoty pro trvání příjmu 30 dnů dospělými, a 10 dnů dětmi. U dospělých je proto přípustné trvání příjmu po dobu 10 dnů, u dětí pouze 1 den.

Při denním příjmu zhruba 0,25 kg mouky činí denně přijatá aktivita 0,25kg x 1,6MBq/kg = 0,4 MBq.

Tato hodnota (viz. normy celkových denních příjmů, tabulka 11.2 E str.54) je přípustná pro příjem po dobu 1 roku. V případě, že nevíme jaká je aktivita dalších složek stravy a nejsme schopni zaručit její měrné aktivity v rámci norem, je nutno omezit používání mouky pro děti na 1 den a pro dospělé na 10 dnů. V případě, že ostatní strava kontaminována není, lze mouku používat.

b) Je-li zaměřená mouky pouze povrchové a bylo odebráno 0,25 kg mouky z plochy přibližně  $20 \times 20 = 400 \text{ cm}^2$ , potom aktivita na  $400 \text{ cm}^2$  povrchu se rovná  $0,25 \text{ kg} \times 1,6 \text{ MBq/kg} = 0,4 \text{ MBq}$ . Malé množství odstranění povrchových vrstev či zákazu používání mouky zvláště na základě posouzení, jaký je povrch celého množství sledované mouky, její celkové hmotnosti a k jakému zředění aktivity dojde při jejím zpracování.

#### 9.5.2.2 Gamma metoda

Vzorky o objemu 1 litr umístíme ve fotomisce pod sondou přístroje upevněnou ve stojánku, nebo volnou sondou přikládáme k vzorku.

U vzorku o objemu 10l nepoužíváme stojánek, ale přikládáme sondu k vědru.



Měření provádíme ve vzdálenosti 3,5-10cm nad povrchem vzorku. Měření provádáme též na boku vědra - sonda je přibližně rovnoběžná se stěnou. Rozdíl údajů naměřených v různých místech nás informuje o nerovnoměrném rozdělení radioaktivní látky ve vzorku. Nepřesáhne-li rozdělí naměřených údajů dvojnásobek, použijeme k výpočtu průměrnou hodnotu; jinak je třeba důkladně promíchat vzorek.

#### 10. DEKONTAMINACE A ODSTRANOVÁNÍ RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK

Základní dekontaminace spočívá v odstranění radioaktivních částic ze všech ploch a povrchů. V závislosti na druhu a struktuře povrchů volíme jako první buď "mokry" nebo "suchý" způsob dekontaminace.

Suchý způsob používáme o povrchů, u nichž by požití vody vedlo ke vniknutí radioaktivních částic do struktury povrchu (tj. hrubých, poréznych, neskáklivých a pod.). Takové povrchy čistíme ometáním, setřásáním, otíráním navlhčeným hadrem, a pod. Nejvhodnější je použití vysavače. Dbáme toho, abychom co nejvíce zamezili zvířování částic; při těchto pracovních operacích se chráníme ochrannou maskou nebo rouškou přes ústa a nos.

Neprve jako další použijeme mokry způsob dekontaminace (oplachování, omývání). U hladkých povrchů jej uplatňujeme prvořadě. V konečné fázi lze k dekontaminaci použít přísilivěná speciální činidla.

Pomůcky, fotomisky, nádoby a měrné misky zberáme nečistot a zbytků vzorků ze sucha s následujícím omýtím, opláchnutím tím nekontaminovanou vodou a vysušením. Další, důkladnější dekontaminace dosáhneme tím, že ve velké fotomisce rozpuštíme přibližně 2 gramy ve 500 ml vody dekontaminační látky označené HMFN - hexametatafosforečan sodný a přidáme 3 až 5 ml tekutého saponátového prostředku. Očištěvané předměty necháme ve fotomisce 1 až 3 hodiny, po vyjmutí je opláchneme a vysušíme.

Vškerou dekontaminaci provádíme uvážlivě pomocí hadrů, vaty a oplachem v nádobách s odstupňovanou mírou běžného i radioaktivního znečištění.

Použitá čistící prostředky odkládáme do určených nádob na vymezené místo, mimo pracovní prostory.

V krajním případě znečištění detektoru odstraníme - a to velmi opatrně - pomocí tamponů, namočených v dekontaminačních roztocích (saponát + hexametatafosforečan). Tampony vyměníme, nekonec očištěné plochy omýváme tamponem namočeným v lhu a dalším suchým tamponem vysušíme.

Je nutno používat pouze nekontaminované dezaktivující prostředky a pomůcky!

Sonda radiometru očisťujeme pouze otíráním!

I po dekontaminaci mohou povrchy vykazovat určitý stupeň zamoření, např. obsahují-li pevněji vázané radioaktivní látky a tuhé částice. Přenos takto pevně vázaných částic z povrchu otěrem je již málo pravděpodobný a může být zanedbán. Vysílání částic beta z pracovních ploch významně snížíme pokrytím materiály o tloušťce několika mm až cm.

Odstřevování radioaktivních odpadů (zbytky měření vzorků, dekontaminační prostředky) v území zamořených radioaktivním spadem nevyžaduje mimořádná speciální opatření. V závěrečné fázi na stupni kontaminace okolního terénu a s uvážením aktivity odstraněných materiálů ukládáme odpady tak, aby nezpůsily riziko zevního ozáření a přenosu radionuklidů na osoby (zakopání, ev. odstranění do kanalizace).

## 11. INSTRUKCE

### 11.1 Ovládací přístroje a odečítání údaje

Popis přístroje a příslušenství, ovládací přístroje, sestavování stojánku a jeho používání při měření jsou uvedeny v Základním manuálu. Zde jsou pouze stručné shrnutí základní instrukce.

#### 1. Zapnutí přístroje a nastavení funkce

- a) Přepínačem ROZSAH nastav nejvyšší rozsah přístroje; označení příslušného rozsahu odpovídá plně výchylce ručky měřidla přístroje;
  - b) Z polohy VYP otoč přepínač do polohy BAŇ (kontrola baterie); ručka se musí vychýlit do vyznačeného červeného pole; je-li výchylka menší, je nutno vyměnit baterii přístroje;
  - c) K měření dávkového příkonu záření gama použij FUNKCE /uGy/h (pro nižší dávkové příkony) nebo mGy/h (pro vyšší dávkové příkony);
  - d) K měření aktivit použij FUNKCE Bq/cm<sup>2</sup>x1 (pro nižší aktivity) resp. Bq/cm<sup>2</sup>x100 (pro vyšší aktivity);
- #### 2. Nastavení rozsahu
- a) Přepínač POZADÍ otoč na nulu, přepínač RC dolů;
  - b) Kontroluj výchylku ručky a snižuj rozsah otáčením takto označeného přepínače; odečet měřného údaje proved na tom rozsahu, kde výchylka ručky je větší než čísel 1/3 vyznačené stupnice;
- #### 3. Odečtení údaje
- a) Přepínač RC přepni nahoru;
  - b) Vyčkej dvojnásobnou dobu časové konstanty nastaveného rozsahu (pravý sloupec);
  - c) Pozoruj po dobu časové konstanty výchylku ručky a za směrodatný údaj považuj střední hodnotu;

d) FUNKCI mGy/h přísluší rozsahy v prvním sloupci na panelu přístroje; odečtený údaj je v mGy/h;  
 FUNKCI /uGy/h přísluší rozsahy v druhém sloupci; odečtený údaj je v /uGy/h;

FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> x1 přísluší rozsahy ve třetím sloupci; v závislosti na metodě měření násobíme odečtený údaj příslušným převodním faktorem f;

FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> x100 sice přísluší rozsahy ve třetím sloupci, ale odečtený údaj musí být nejprve vynásoben hodnotou 100; teprve potom provádíme násobení příslušným faktorem f.

11.2 Kontrola správné funkce přístroje

1. Umístí kontrolní zářič nastavený v poloze Z (zakryt) pod okénko sondy; zářič do polohy Z (zakryt).
2. Nastav FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> x1 a změř údaj odpovídající pozadí U<sub>p</sub>.
3. Otoč kryt zářiče do polohy O (odkryt), přepni rozsah na 300 Bq/cm<sup>2</sup>, vytáhní filtrační clonu a změř údaj U<sub>A+P</sub>.
4. Vypočti rozdíl U<sub>A+P</sub>-U<sub>p</sub> = U<sub>A</sub> a srovnej U<sub>A</sub> s hodnotou uvedenou na etalonu.
5. V případě významné neshody a nemožnosti opravy přístroje stanov opakovaně údaj etalonového zářiče U<sub>A</sub>. Je-li tento údaj při opakovaných měřeních stejný, vypočti hodnotu korekčního faktoru k = U<sub>EM</sub>/U<sub>A</sub>; (U<sub>EM</sub> je hodnota uvedená na etalonu). Při všech dalších měřeních s přístrojem vynásob odečítané údaje hodnotou tohoto korekčního faktoru k.

11.3 Měření dávkového příkonu

1. Zasuň filtrační clonu.
2. Nastav FUNKCI /uGy/h nebo mGy/h; knoflík kompenzace pozadí na nulu.
3. Odečtený údaj představuje dávkový příkon záření gama v místě sondy.

11.4 Měření plošných aktivit

1. Zasuň filtrační clonu, umístí vzorek resp. sondu do příslušné polohy.
2. Nastav příslušnou FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> a ROZSAH a odečti údaj U<sub>p</sub>.
3. Vysuň filtrační clonu, změň případně ROZSAH a proved odečet U<sub>A+P</sub>.
4. Vypočti rozdíl U<sub>A+P</sub>-U<sub>p</sub> = U<sub>A</sub>
5. Hodnota U<sub>A</sub> odpovídá plošné aktivitě a<sub>g</sub> v Bq/cm<sup>2</sup> (bez korekční clony).
6. Při použití kolimační clony proved body 1 až 4 a hodnotu U<sub>A</sub> násob převodním faktorem f = 10 při FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> x1 a faktorem f = 8 při FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> x100.
7. Výsledek a<sub>g</sub> = f · U<sub>A</sub> odpovídá plošné aktivitě vzorku v Bq/cm<sup>2</sup>.

11.5 Měření měrné aktivity metodou nasycené vrstvy

1. Zasuň filtrační clonu, použij FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> x1
  2. Realizuj standardní měřicí uspořádání (viz. tabulka 11.1)
  3. Odečti údaj U<sub>p</sub>; Vysuň filtrační clonu, odečti U<sub>A+P</sub>, vypočti rozdíl U<sub>A+P</sub>-U<sub>p</sub> = U<sub>A</sub>; Hodnotu U<sub>A</sub> násob příslušným převodním faktorem f (viz. tabulka 11.1).
- Výsledek a<sub>m</sub> = f (U<sub>A+P</sub>-U<sub>p</sub>) odpovídá měrné aktivitě vzorku v MBq/kg.

11.6 Měření měrné aktivity gama metodou

1. Zasuň filtrační clonu; použij FUNKCI Bq/cm<sup>2</sup> x1 nebo Bq/cm<sup>2</sup> x100.
2. V místech, kde hodláš provádět měření vzorku (vzorek je zatím vzdálen alespoň 3 m) odečti hodnotu U<sub>p</sub>.
3. Přines vzorek a opět se zavřenou filtrační clonou odečti údaj U<sub>A+P</sub>; vypočti rozdíl U<sub>A</sub> a vynásob jej příslušnou hodnotou faktoru f; výsledek a<sub>m</sub> = f (U<sub>A+P</sub>-U<sub>p</sub>) odpovídá měrné aktivitě vzorku v MBq/kg.

4. Je-li hustota měřeného materiálu významně odlišná od hodnoty 1kg/litr, provede opravu podle čl. 8.3.2.2 c)

11.7 Hodnocení

1. Vyhodnoť výsledek z hlediska způsobu odběru vzorku.
2. Posuď závažnost situace srovnáním výsledku s příslušnou normou (viz. dále tabulka 11.2) nebo odhadem radiačního rizika (viz. kapitola 4). Navrhni další opatření.

Tabulka 11.1: Standardní měřicí uspořádání a hodnoty převodních faktorů f

A) MĚŘENÍ PLOŠNÝCH AKTIVIT

Uspořádání	Převodní faktor f při nastavení Bq/cm <sup>2</sup> x 1	FUNKCE Bq/cm <sup>2</sup> x 100
Bez kolimační clony	1	1
Vzdálenost povrch vzorku-čelo sondy 2-5cm, plocha vzorku větší než 10x10cm nebo větší než 7x/cm při těsném při-ložení sondy	1	1
S kolimační clonou	10	8
Vzdálenost povrch vzorku-okraj kolimátoru 1cm, plocha vzorku větší než 4x4cm		

Vypočet plošné aktivity a<sub>s</sub>:

$$a_s \text{ (Bq/cm}^2\text{)} = f (U_{A+P} - U_P) \text{ (Bq/cm}^2\text{)}$$

U<sub>A+P</sub> ..... údaj s otevřenou clonou naměřený nad povrchem

U<sub>P</sub> ..... údaj se zavřenou filtrační clonou naměřený nad povrchem

B) MĚŘENÍ MĚRNÝCH AKTIVIT

Metoda nasycené vrstvy, FUNKCE Bq/cm<sup>2</sup> x 1 (nebo Bq/cm<sup>2</sup> x 100)

Průměr měřicí misky (cm)	Převodní faktor f 3cm <sup>x</sup>	15cm <sup>x</sup>
3,5 - 4,5	0,1	1,2
4,5 - 5,5	0,07	0,8
5,5 - 7	0,05	0,55
7 - 9	0,04	0,4
9 - 11	0,03	0,27
11 - 13	0,025	0,2
13 - 17	0,02	0,15
17 - 21	0,02	0,1

x) vzdálenost povrchu vzorku - čelo sondy (její umělohmotové skřínky)

Metoda gama, FUNKCE Bq/cm<sup>2</sup> x 1 nebo Bq/cm<sup>2</sup> x 100

Uspořádání	Převodní faktor f
Objem vzorku 1 litr	0,04
průměr nádoby 14 až 16 cm	
Objem vzorku 10 litrů (vědro)	0,015

vzdálenost povrchu vzorku - čelo sondy 3 až 4 cm, při používání vědra se měří bez stojánku.

Vypočet měrné aktivity e<sub>m</sub> pro obě metody:

$$e_m \text{ (MBq/kg)} = f (U_{A+P} - U_P) \text{ (Bq/cm}^2\text{)}$$

Pro metodu nasycené vrstvy:

U<sub>A+P</sub> ..... údaj s otevřenou filtrační clonou naměřený nad vzorkem

U<sub>P</sub> ..... údaj se zavřenou filtrační clonou naměřený nad vzorkem

Pro metodu gama:

U<sub>A+P</sub> ..... údaj se zavřenou filtrační clonou naměřený nad vzorkem  
 U<sub>P</sub> ..... údaj se zavřenou filtrační clonou naměřený bez vzorku

Tabulka 11.2

HODNOTY NOREM

A) Normy dávek zevního ozáření zářením gama, které nesnižují pracovní výkonnost

Doba ozáření	Dávka
Jednorázové, do 4 dnů	0,5 Gy
Opakované, v průběhu 10 dnů	1 Gy
v průběhu 3 měsíců	2 Gy
v průběhu 1 roku	3 Gy

B) Normy pro dávkový příkon záření gama umožňující několikadenní pobyt

$$D = 0,005 \text{ Gy/h} = 5 \text{ mGy/h}$$

C) Norma pro povrchové zamoření odpovídající takovému možnému ozáření kůže, které nepůsobuje časná poškození ani významně nepřispěje k poškozením za současného zevního ozáření.  
 Kůže, povrch těla, spodní prádlo a další předměty přicházející do styku s povrchem těla (ochr.maska, nástroje)  
 10.000 Bq/cm<sup>2</sup>

D) Norma pro povrchové zamoření zabezpečující, aby přenos radioaktivních látek do potravin a vody nevedl k jejich kontaminaci nad normu měrných aktivit.  
 Ruce, povrchy obalů potravin, nádobí, kuchyňské zařízení, pracovní plochy pekáren  
 1.000 Bq/cm<sup>2</sup>

E) Normy denních příjmů aktivit, které nepůsobí časná poškození a významně nepřispějí k časným poškozením navozeným zevním ozářením.

Pro jednorázový denní příjem	Aktivita denně přijaté stravy pro dospělé		pro děti	
	10 dnů	30 dnů	10 dnů	30 dnů
Pro opakovaný denní příjem do 10 dnů	6 MBq	1,2 MBq		
Pro opakovaný denní příjem do 30 dnů	3 MBq	0,6 MBq		
Pro opakovaný denní příjem do 1 roku	1,5 MBq	0,3 MBq		

F) Normy měrných aktivit vody a potravin, jejichž denní příjem o hmotnosti 2,5 kg nepůsobí časná poškození a významně nepřispěje k časným poškozením navozeným zevním ozářením.

Doba používání	1den	10dnů	30dnů	1rok
Pro dospělé				
potraviny, voda	10	3	1	0,5
mléčné produkty	3	0,3	0,1	-
Pro děti				
potraviny, voda	2	0,6	0,2	0,1
mléčné produkty	0,3	0,03	0,01	-

