



Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.
ENVINET NUVIA Group



Certifikovaná metodika

METODIKA HROMADNÉHO MĚŘENÍ RADIOJODU VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE A ODHADU DÁVKY OBYVATELSTVA za použití monitorovacího systému JodDET

Vypracoval Ing. Pavel Fojtík, Ing. Jan Surý

Výsledek projektu Bezpečnostního výzkumu České republiky BV II/2-VS,
kód projektu VG20122014093: Systém pro měření vnitřní kontaminace po havárii JEZ zaměřený
na štítné žlázy u dětí a kontaminaci transurany

Rok uplatnění metodiky: 2015

Oponenti Ing. Zuzana Pašková, MBA, Státní úřad pro jadernou bezpečnost
Ing. Daniel Sas, PhD, ÚOPZHN Vyškov, UNOB Brno

Schválil

Vedoucí odboru

RNDr. Petr Rulík

Archivní označení

30-01-00

Výtisk číslo

1

Rozdělovník

Výtisk

Převzal

Datum

Podpis

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika		List: 2 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet		Datum účinnosti: 1.1.2015

ZMĚNOVÝ LIST

Číslo změny	Vypracoval	Důvod změny		Schválil	Účinnost od
	Jméno, podpis	Nové listy:	Zrušené listy:	Jméno, podpis	
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 3 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

SEZNAM REVIZÍ

Číslo revize	Důvod revize	Účinnost revize od
0	Původní dokument	1. 1. 2015

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 4 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

OBSAH

ZKRATKY A SYMBOLY	5
1. CÍL METODIKY	6
2. PŘÍSTROJE, POMŮCKY, MATERIÁLOVÉ ZAJIŠTĚNÍ.....	6
3. POPIS METODIKY	7
4. POPIS ČINNOSTÍ	7
4.1. VŠEOBECNĚ.....	7
4.2. ORGANIZACE MONITOROVÁNÍ VELKÉHO POČTU OSOB	8
4.3. PŘÍPRAVA MĚŘICÍHO SYSTÉMU	8
4.4. REGISTRACE MĚŘENÝCH OSOB	9
4.4.1 VŠEOBECNĚ	9
4.5. MĚŘENÍ OSOB	10
4.5.1 VŠEOBECNĚ	10
4.5.2 GEOMETRIE MĚŘENÍ	10
4.5.3 MĚŘENÍ	10
4.6. VÝPOČET AKTIVITY ¹³¹ I VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE.....	11
4.7. ODHAD PŘÍJMU RADIONUKLIDU ¹³¹ I	12
4.8. ODHAD DÁVKY VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE OD ¹³¹ I	13
4.9. VYJADŘOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ AKTIVITY A ODHADU DÁVKY	14
4.10. ODHAD DÁVKY VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE OD KRÁTKODOBÉHO RADIOJODU	15
4.11. VLIV UŽITÍ JODOVÉ PROFYLAXE	15
PŘÍLOHA I: FORMULÁŘ REGISTRACE K MĚŘENÍ.....	17
PŘÍLOHA II: ODHAD NEJISTOTY STANOVENÍ AKTIVITY ¹³¹ I VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE .	19
PŘÍLOHA III: ODHAD NEJISTOTY STANOVENÍ PŘÍJMU ¹³¹ I.....	21
PŘÍLOHA IV: ODHAD MINIMÁLNÍ VÝZNAMNÉ A MINIMÁLNÍ DETEKOVATELNÉ AKTIVITY	22
PŘÍLOHA V: FANTOMY ŠTÍTNÉ ŽLÁZY POUŽITÉ KE KALIBRACI	23
NOVOST POSTUPŮ	24
POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	24
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	25
SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ	26

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 5 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

ZKRATKY A SYMBOLY

JEZ	Jaderně-energetické zařízení (jaderný reaktor)
AMAD	Aktivitní medián aerodynamického průměru aerosolu
MVA	Minimální významná aktivita
MDA	Minimální detekovatelná aktivita
PC	Osobní počítač, některý z počítačů měřicího systému
ROI	Zájmová oblast píku (<i>region of interest</i>)

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 6 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

1. CÍL METODIKY

Metodika slouží jako kompletní příručka popisující

- 1) organizaci a realizaci hromadného měření ^{131}I ve štítné žláze u obyvatelstva pomocí měřicího systému JodDet,
- 2) odhad individuální dávky z výsledků měření,
- 3) odhad účinnosti užití profylaxe

Metodika odkazuje na následující samostatné dokumenty, které jsou součástí systému JodDet:

- a) Uživatelská příručka k obsluze databáze systému JodDet určená pro obsluhu softwaru určeného pro registraci měřených osob [1]
- b) Uživatelská příručka k obsluze systému JodDet určená pro obsluhu hardwaru a měřicího softwaru systému [2]
- c) Návod na rozvinutí a zapojení systému JodDet [3]

2. PŘÍSTROJE, POMŮCKY, MATERIÁLOVÉ ZAJIŠTĚNÍ

Materiálové zajištění:

Měřicí zařízení: Systém JodDet, výrobce ENVINET NUVIA Group, Česká republika [4] skládající se z několika identických scintilačních měřicích jednotek a obslužného zařízení (řídící, komunikační a napájecí elektronika).

Fantomy štítné žlázy s referenčními zářiči ^{133}Ba pro pravidelnou kontrolu detekční účinnosti systému.

Kontrolní zářič ^{137}Cs pro kontrolu funkce měřicí jednotky a její energetickou kalibraci (např. typu EG1 od společnosti Eurostandard CZ s.r.o.)

Měřič povrchové kontaminace radionuklidy emitujícími záření beta a gama.

Stůl a židle pro šest měřicích míst a dvě místa u registrace osob.

Personální zajištění:

Registrace osob: 2 pracovníci

Operátor měření: 1 pracovník

Komunikace s měřenými osobami: 1 pracovník

Provozní prostředí:

Interiér nebo exteriér chráněný před dešťovými a sněhovými srážkami, nejlépe s funkčním rozvodem elektrického proudu umožňující odběr 2 kW. Pět elektrických zásuvek 230 V s jističem. Zálohování UPS. V opačném případě se použije k napájení systému elektrocentrála. Okolní teplota 0 až 40 °C, provozní vlhkost 20-80 % relativní vlhkosti, nekondenzující, maximální provozní nadmožská výška 2000 m n. m.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 7 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

3. POPIS METODIKY

Metodika měření obsahu ^{131}I ve štítné žláze u velkého počtu osob a následného odhadu a hodnocení dávky štítné žláze je založena na gamaspektrometrickém měření spektrometrickým systémem JodDet. Systém obsahuje v zásadě registrační počítač s databází, šest měřicích jednotek propojených s vyhodnocovacím počítačem a databázovým prostředím a rozvaděč elektrického napájení se zálohováním pomocí UPS.

Princip metodiky spočívá v měření aktivity ^{131}I ve štítné žláze měřením plochy píku úplné absorpce dominantní linie záření gama o energii 364 keV scintilační spektrometrickou jednotkou. Identifikace osob k měření je řízena pomocí registračního čipu nebo čárového kódu, který zabezpečuje přiřazování naměřených hodnot k záznamu jednotlivce v registračním PC. Z údajů zjištěných při registraci a z naměřených hodnot jsou odhadnuty individuální příjem ^{131}I a dávka štítné žláze. V metodice jsou popsány organizace měření a registrace, samotné měření a jeho řízení, výpočet retence radiojodu ve štítné žláze pro různé věkové kategorie, odhad příjmu a dávky ve štítné žláze.

Metodika nepopisuje

- 1) uživatelské prostředí databáze pro registraci osob k měření, kromě výčtu údajů zjišťovaných při registraci a nezbytných pro odhad dávky ve štítné žláze a kromě popisu výstupů z měření a informací sdělovaných měřeným osobám,
- 2) uživatelské prostředí měřicího softwaru a jeho obsluhu,
- 3) rozvinutí a zapojení systému JodDet, kromě všeobecných zásad a nezbytných periodických činností ovlivňujících kvalitu měření.

Tyto informace jsou uvedeny v samostatných příručkách, které jsou součástí dokumentace k systému JodDet [1-3].

4. POPIS ČINNOSTÍ

4.1. VŠEOBECNĚ

Činnosti jsou popsány chronologicky, z pohledu operátora jednotlivých činností. Popisy hardwaru zařízení a softwaru jsou uvedeny jinde [1-4]. V metodice jsou popsány jen v nezbytné míře.

Fáze postupu monitorování:

1. Příprava a organizace monitorování velkého počtu osob
2. Příprava měřicího systému, kontrola funkce, energetická kalibrace, měření pozadí
3. Registrace osoby, zaznamenání údajů do registračního PC
4. Předání identifikačního čipu nebo čárového kódu registrované osobě
5. Usazení registrované osoby k neobsazené měřicí jednotce do měřicí polohy
6. Registrace čipu nebo čárového kódu čtečkou v měřicí jednotce a spuštění měření
7. Ukončení měření po přednastavené době měření
8. Odevzdání čipu, komunikace výsledku měření
9. Odhad příjmu radionuklidu na základě informací z registrace
10. Výpočet ekvivalentní dávky ve štítné žláze

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 8 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

4.2 ORGANIZACE MONITOROVÁNÍ VELKÉHO POČTU OSOB

Kontrola povrchová kontaminace

Monitorování smí být prováděno až poté, co budou zavedena opatření proti zavlečení povrchové kontaminace do měřicí místnosti nebo na měřicí místo. Způsob zjišťování povrchové kontaminace osob a její odstranění nejsou předmětem této metodiky a jsou případně uvedeny jinde [5]. Pro kontrolu povrchové kontaminace slouží měřidla povrchové kontaminace s možností detekce záření beta a gama.

Časové hledisko zahájení měření

Monitorování se zahájí nejdříve jeden den (24 hodin) poté, co osoba opustila kontaminovaný prostor, nebo prošel mrak obsahující radionuklidy.

V metodice jsou připraveny hodnoty retenční funkce i pro dřívější měření. Aktivita radiojodu ve štítné žláze se však v té době rychle mění (po příjmu roste).

Podle závažnosti radiační události se monitorování provádí po dobu 2-4 týdnů.

Protokol

Před zahájením monitorování musí být připraven jednotný protokol měření, který musí být dodržen po celou dobu měření. Zařízení JodDet protokol obsahuje ve svém softwaru.

4.3 PŘÍPRAVA MĚŘICÍHO SYSTÉMU

Rozvinutí systému

Měřicí systém se rozvine v interiéru nebo exteriéru splňujícím požadavky na provozní prostředí, včetně ochrany před povrchovou kontaminací.

Součásti měřicího systému se propojí způsobem uvedeným v Uživatelské příručce [1] popř. v popisu prototypu systému [4].

Měřicí jednotky se rozmístí pokud možno v řadě vedle sebe, ve vzájemné vzdálenosti nejméně 1 metr.

Jedna měřicí jednotka se určí pouze pro sledování okolního pozadí a případného teplotního posunu energetické kalibrace a jejich kolísání.

Podle očekávaného věkového složení osob se některé měřicí jednotky osadí zúženým kolimátorem pro měření kategorie dětí do 3 let.

Řídicí PC se umístí proti jednotkám s cílem zajistit operátorovi přehled nad měřicími jednotkami od řídicího PC.

Měřicí jednotky by měly být orientovány ústím kolimátoru po směru, ze kterého nelze očekávat vyšší pozadí nebo jeho výrazné kolísání, a při měření v místnosti ve větší vzdálenosti od oken.

Operátor se přihlásí do systému způsobem uvedeným v uživatelské příručce k systému. Práva a role uživatelů systému (operátorů) jsou popsány v uživatelské příručce k systému [1-3].

Po připojení všech elektricky napájených součástí systému ke zdroji napájení se spustí registrační a ovládací PC. Ovládacím softwarem se nastaví pracovní napětí scintilačních měřicích jednotek na hodnotu uvedenou v uživatelské příručce [1-3]. Systém se nechá stabilizovat nejméně 20 minut.

Operátor nastaví

- 1) zájmové oblasti spektra (ROI) v softwaru měřicího PC (se softwarovým oknem mnohokanálového analyzátoru),
- 2) délku měření podle požadované nejmenší detekovatelné a významné aktivity (MDA, MVA).

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 9 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

Vyhláška SÚJB č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě, požaduje, aby byla MDA pro měření obsahu ^{131}I ve štítné žláze menší než 500 Bq. Této úrovni lze dosáhnout při nezvýšeném pozadí již při minutové délce měření.

Teplotní stabilizace systému

Pokud je teplota systému po rozvinutí v důsledku např. skladování nebo přepravy menší než 5 °C, vyčká se do ustálení teploty systému [3]. Přitom se sleduje posun píku 662 keV od kontrolního zářiče umístěného na čele měřicí jednotky určené k monitorování pozadí. Je-li posun vrcholu píku větší než 4 kanály (při rozsahu 512 kanálů), provede se nová energetická kalibrace měřících jednotek. U systému JodDet se nepředpokládá v rozmezí teplot 10 až 30 °C výrazný posun spektra. Jednotka je zakrytovaná a přirozeně „vyhřívána“ elektronikou analyzátoru.

Kontrola funkce, energetická kalibrace a proměření pozadí

Po stabilizaci měřících jednotek se u každé měřicí jednotky provede energetická kalibrace kontrolním zářičem ^{137}Cs umístěným v referenční poloze na čele detektoru [2] a do regulačního diagramu měřicí jednotky se zaznamená četnost impulsů a relativní rozlišení měřicí jednotky pro pík 662 keV,

Před zahájením měření a pravidelně po dobu měření se provádí měření pozadí za dobu nejméně 600 sekund, a to u všech jednotek. Stanoví se četnost impulsů v píku 364 keV (pík úplné absorpce dominantní linie záření gama ^{131}I) v pozadí a hodnota se zaznamená do protokolu databázového systému. Zářičem ^{133}Ba se ověří, zda se hranice multipletu odpovídajícího píkům o energiích 356 a 384 keV nachází v nastavené zájmové oblasti spektra (ROI).

U měřicí jednotky vyhrazené pro monitorování pozadí se provádí soustavné měření pozadí, přičemž se pro simulaci odstínění pozadí krkem použijí fantomy štítné žlázy pro jednotlivé věkové skupiny, bez vložených zářičů. Pozadí pro věkovou skupinu dětí do 3 let se změří s nasazeným kónickým nástavcem kolimátoru.

4.4 REGISTRACE MĚŘENÝCH OSOB

4.4.1 VŠEOBECNĚ

Rozsah a typ dotazů kladených měřeným osobám při registraci se může lišit podle charakteru události.

O měřené osobě se automaticky nebo po dotazu zaznamenávají následující údaje, přičemž povinné údaje jsou vyznačeny tučně:

- 1) **datum, čas a místo měření**, popř. označení události (nebo označení tzv. měřicí skupiny v souladu s uživatelskou příručkou k databázovému prostředí zařízení JodDet [1],
- 2) **identifikace osoby, věk**,
- 3) údaje nezbytné pro odhad příjmu radiojodu a dávky ve štítné žláze:
V závislosti na předpokládané cestě příjmu radiojodu jimi jsou
 - a) předpokládaná doba příjmu radiojodu
 - b) doba zdržení v kontaminované zóně, doba pobytu v budově, na volném prostranství,
 - c) užití jodové profylaxe, datum, čas, množství, druh užitého přípravku, opakované užití,

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 10 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

d) konzumace potenciálně kontaminovaných potravin.

Zařízení JodDet obsahuje protokol s uvedenými dotazy.

Za děti odpovídají na dotazy rodiče nebo doprovod.

Popis softwarového prostředí registrace je uveden v uživatelské příručce k databázovému prostředí zařízení JodDet [1]. Registraci lze urychlit, pokud je předem připraven např. soubor XLS se seznamem měřených osob, který se načte do databáze systému JodDet.

4.5 MĚŘENÍ OSOB

4.5.1 VŠEOBECNĚ

K měření přicházejí osoby po registraci, vybavené kartou s čipem nebo čárovým kódem. Pokud se měří dítě s doprovodem, změří se nejdříve doprovázející osoba a posoudí se vliv její přítomnosti na výsledek měření dítěte.

Kolimátory měřících jednotek se pokryjí např. potravinovou fólií chránící proti kontaminaci detekční části měřící jednotky, která je ve styku s krkem.

4.5.2 GEOMETRIE MĚŘENÍ

Měřená osoba se usadí k měřící jednotce. Sama nebo s operátorem upraví výšku ústí kolimátoru podle postavy a přiloží krk ke kolimátoru tak, aby dolní okraj kolimátoru spočíval na sternálním konci klíční kosti, tj. na spodní části krku.

Děti do 3 let se usazují k přístroji se zúženým nastavcem kolimátoru.

4.5.3 MĚŘENÍ

Spuštění měření

Měřená osoba se usadí k měřící jednotce, na které svítí zelená kontrolka „Připraven“. Po usazení se zaregistruje k měření přiložením karty s čipem nebo čárovým kódem ke čtečce na měřící jednotce. Rozsvítí se žlutá kontrolka stavu „Čeká“ signalizující čekání na zahájení měření. Tlačítkem START/STOP na krytu měřící jednotky nebo tlačítkem v softwaru spustí operátor měření (operátor ještě před stiskem START/STOP může softwarově změnit délku měření). Měřící jednotka (a její signalizace stavu) se přepne do stavu „Měření“ signalizovaného modrou kontrolkou.

Ukončení měření

Po uplynutí nastavené délky měření se signalizace detektoru přepne zpět do stavu „Připraven“ se současným zvukovým upozorněním. Při stisku START/STOP v průběhu měření se měření taktéž ukončí (může být signalizováno i zvukově) a přepne se do stavu „Připraven“.

Změřená osoba přejde k registračnímu místu, kde vrátí kartu s čipem.

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 11 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

4.6 VÝPOČET AKTIVITY ¹³¹I VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE

Aktivita ¹³¹I ve štítné žláze se vypočte podle vzorce 1:

$$A = \frac{P - C_B \cdot t}{t \cdot Y \cdot \eta} \quad (1)$$

kde

A je aktivita ¹³¹I ve štítné žláze v Bq,

P je plocha píku úplné absorpce 364 keV v impulsech (imp),

C_B je četnost impulsů v píku úplné absorpce 364 keV ve spektru pozadí v imp·s⁻¹,

t je doba měření v sekundách,

Y je zastoupení energetické linie záření gama 364 keV (doporučeno Y = 0,812) [6]

η je detekční účinnost měřicí jednotky pro energii 364 keV při měření dané věkové kategorie v příslušné geometrii (s přidavným kolimátorem nebo bez něho).

Výpočet plochy píku provede software měřicího PC, a to s využitím algoritmů softwaru GamWin. Od plochy píku rovněž odečte počet impulsů připadající na ¹³¹I v pozadí.

Detekční účinnost η pro danou věkovou kategorii a danou měřicí geometrii, tj. měření bez přidavného kolimátoru nebo s ním, je uvedena v Tabulce 1

Tabulka 1: Detekční účinnosti pro věkové skupiny a tloušťky překrývající tkáň krku

Věk (roky)	Hodnoty naměřené při kalibraci		Hodnoty pro použití ve výpočtech	
	Tloušťka tkáně krku ¹ (mm)	Detekční účinnost (imp·s ⁻¹ ·Bq ⁻¹)	BMI (kg/m ²)	Detekční účinnost (imp·s ⁻¹ ·Bq ⁻¹)
>17	6	0,039	<35	0,039
	15	0,027	>35	0,021
	20	0,021		
7 až 17	6	0,047	bez rozdílu	0,047
	12	0,035		
<7	6	bez přidavného kolimátoru 0,052	bez rozdílu	bez přidavného kolimátoru 0,052
		s přidavným kolimátorem 0,01		
	14	bez přidavného kolimátoru 0,036		s přidavným kolimátorem 0,01
		s přidavným kolimátorem 0,01		

Fantomy štítné žlázy použité pro experimentální stanovení účinnosti jsou uvedeny v Příloze V (konstrukční výkres k fantomu ze styrenu).

¹ Poznámka k odhadu tloušťky tkáně krku pomocí BMI je uvedena v Příloze II.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 12 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

Hodnota ukazatele BMI (*body mass index*) se vypočte jako podíl hmotnosti v kilogramech a druhé mocniny výšky v metrech, a to z údajů, které sdělí měřená osoba.

4.7 ODHAD PŘÍJMU RADIONUKLIDU ¹³¹I

Předpokládá se pouze příjem ¹³¹I inhalací aerosolu charakterizovaného hodnotou AMAD 1 μm, absorpčním typem F a frakcí přechodu z trávicího ústrojí do tělesných tekutin $f_1=1$.

Pokud by proti předpokladu pocházel veškerý ¹³¹I naměřený ve štítné žláze pouze z příjmu ingescí nebo pouze inhalací elementárního ¹³¹I, byl by tímto postupem skutečný příjem nadhodnocen dvakrát až třikrát. (Neplatí to však o dávce ve štítné žláze. Dávka bude vždy stejná).

Příjem ¹³¹I se stanoví z odhadu doby, která uplynula od předpokládané doby příjmu inhalací do doby měření, a za použití retenční křivky ¹³¹I ve štítné žláze pro věkovou kategorii přiřazenou dané osobě. V případě příjmu rozloženého do několika dní se jako doba příjmu použije střed doby příjmu.

Příjem radionuklidu ¹³¹I se vypočte z rovnice 2:

$$I = \frac{A}{m(t)} \quad (2)$$

kde

I je odhad příjmu ¹³¹I inhalací v Bq,

$m(t)$ je hodnota retenční funkce pro radionuklid ¹³¹I uvedených charakteristik ve štítné žláze v čase t (dny) od příjmu,

A je naměřená hodnota aktivity ¹³¹I ve štítné žláze v Bq.

Hodnoty retenční funkce v závislosti na době mezi příjmem a měřením jsou pro určité věkové kategorie uvedeny pro prvních 30 dnů v Tabulce 2. Byly vypočteny za použití Riggsova biokinetického modelu pro metabolismus jodu v publikaci ICRP 56 [7] a hodnot depozice aerosolů v dýchacím traktu uvedených v publikaci ICRP 71 [8]. Věkové kategorie² jsou vymezeny tak, aby odpovídaly kategoriím uvedeným v Příloze č. 3, tabulce č. 6, vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů (dále vyhláška č. 307/2002 Sb.).

Tabulka 2: Hodnoty retenční funkce $m(t)$ v závislosti na době od příjmu pro určité věkové kategorie

Doba od příjmu (dny)	Věk měřené osoby					
	<1 rok	1-2 roky	2-7 let	7-12 let	12-17 let	>17 let
0,1	$1,81 \cdot 10^{-2}$	$1,81 \cdot 10^{-2}$	$1,81 \cdot 10^{-2}$	$1,81 \cdot 10^{-2}$	$1,81 \cdot 10^{-2}$	$1,81 \cdot 10^{-2}$
0,2	$3,52 \cdot 10^{-2}$	$3,52 \cdot 10^{-2}$	$3,53 \cdot 10^{-2}$	$3,53 \cdot 10^{-2}$	$3,53 \cdot 10^{-2}$	$3,53 \cdot 10^{-2}$

² Biokinetická data pro model metabolismu jodu jsou v publikaci ICRP 56 uvedena pro věk 3 měsíce, 1 rok, 5, 10 a 15 let a pro dospělého člověka.

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 13 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

Doba od příjmu (dny)	Věk měřené osoby					
	<1 rok	1-2 roky	2-7 let	7-12 let	12-17 let	>17 let
0,5	$6,83 \cdot 10^{-2}$	$6,86 \cdot 10^{-2}$	$6,89 \cdot 10^{-2}$	$6,92 \cdot 10^{-2}$	$6,92 \cdot 10^{-2}$	$6,93 \cdot 10^{-2}$
1	$8,49 \cdot 10^{-2}$	$8,58 \cdot 10^{-2}$	$8,67 \cdot 10^{-2}$	$8,77 \cdot 10^{-2}$	$8,78 \cdot 10^{-2}$	$8,79 \cdot 10^{-2}$
2	$8,00 \cdot 10^{-2}$	$8,18 \cdot 10^{-2}$	$8,37 \cdot 10^{-2}$	$8,60 \cdot 10^{-2}$	$8,62 \cdot 10^{-2}$	$8,65 \cdot 10^{-2}$
3	$7,00 \cdot 10^{-2}$	$7,24 \cdot 10^{-2}$	$7,51 \cdot 10^{-2}$	$7,84 \cdot 10^{-2}$	$7,87 \cdot 10^{-2}$	$7,90 \cdot 10^{-2}$
4	$6,12 \cdot 10^{-2}$	$6,40 \cdot 10^{-2}$	$6,71 \cdot 10^{-2}$	$7,12 \cdot 10^{-2}$	$7,15 \cdot 10^{-2}$	$7,19 \cdot 10^{-2}$
5	$5,35 \cdot 10^{-2}$	$5,66 \cdot 10^{-2}$	$6,01 \cdot 10^{-2}$	$6,46 \cdot 10^{-2}$	$6,50 \cdot 10^{-2}$	$6,54 \cdot 10^{-2}$
6	$4,68 \cdot 10^{-2}$	$5,01 \cdot 10^{-2}$	$5,38 \cdot 10^{-2}$	$5,86 \cdot 10^{-2}$	$5,91 \cdot 10^{-2}$	$5,95 \cdot 10^{-2}$
7	$4,10 \cdot 10^{-2}$	$4,44 \cdot 10^{-2}$	$4,82 \cdot 10^{-2}$	$5,32 \cdot 10^{-2}$	$5,37 \cdot 10^{-2}$	$5,42 \cdot 10^{-2}$
8	$3,60 \cdot 10^{-2}$	$3,93 \cdot 10^{-2}$	$4,32 \cdot 10^{-2}$	$4,83 \cdot 10^{-2}$	$4,88 \cdot 10^{-2}$	$4,93 \cdot 10^{-2}$
9	$3,15 \cdot 10^{-2}$	$3,49 \cdot 10^{-2}$	$3,87 \cdot 10^{-2}$	$4,39 \cdot 10^{-2}$	$4,44 \cdot 10^{-2}$	$4,49 \cdot 10^{-2}$
10	$2,76 \cdot 10^{-2}$	$3,09 \cdot 10^{-2}$	$3,47 \cdot 10^{-2}$	$3,98 \cdot 10^{-2}$	$4,04 \cdot 10^{-2}$	$4,09 \cdot 10^{-2}$
11	$2,42 \cdot 10^{-2}$	$2,74 \cdot 10^{-2}$	$3,11 \cdot 10^{-2}$	$3,62 \cdot 10^{-2}$	$3,67 \cdot 10^{-2}$	$3,72 \cdot 10^{-2}$
12	$2,12 \cdot 10^{-2}$	$2,43 \cdot 10^{-2}$	$2,79 \cdot 10^{-2}$	$3,29 \cdot 10^{-2}$	$3,34 \cdot 10^{-2}$	$3,39 \cdot 10^{-2}$
13	$1,86 \cdot 10^{-2}$	$2,15 \cdot 10^{-2}$	$2,50 \cdot 10^{-2}$	$2,99 \cdot 10^{-2}$	$3,04 \cdot 10^{-2}$	$3,08 \cdot 10^{-2}$
14	$1,63 \cdot 10^{-2}$	$1,91 \cdot 10^{-2}$	$2,25 \cdot 10^{-2}$	$2,71 \cdot 10^{-2}$	$2,76 \cdot 10^{-2}$	$2,81 \cdot 10^{-2}$
15	$1,43 \cdot 10^{-2}$	$1,69 \cdot 10^{-2}$	$2,01 \cdot 10^{-2}$	$2,47 \cdot 10^{-2}$	$2,51 \cdot 10^{-2}$	$2,56 \cdot 10^{-2}$
16	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$1,50 \cdot 10^{-2}$	$1,81 \cdot 10^{-2}$	$2,24 \cdot 10^{-2}$	$2,29 \cdot 10^{-2}$	$2,33 \cdot 10^{-2}$
17	$1,10 \cdot 10^{-2}$	$1,33 \cdot 10^{-2}$	$1,62 \cdot 10^{-2}$	$2,04 \cdot 10^{-2}$	$2,08 \cdot 10^{-2}$	$2,12 \cdot 10^{-2}$
18	$9,62 \cdot 10^{-3}$	$1,18 \cdot 10^{-2}$	$1,45 \cdot 10^{-2}$	$1,85 \cdot 10^{-2}$	$1,89 \cdot 10^{-2}$	$1,93 \cdot 10^{-2}$
19	$8,43 \cdot 10^{-3}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$1,31 \cdot 10^{-2}$	$1,68 \cdot 10^{-2}$	$1,72 \cdot 10^{-2}$	$1,76 \cdot 10^{-2}$
20	$7,39 \cdot 10^{-3}$	$9,27 \cdot 10^{-3}$	$1,17 \cdot 10^{-2}$	$1,53 \cdot 10^{-2}$	$1,57 \cdot 10^{-2}$	$1,60 \cdot 10^{-2}$
21	$6,48 \cdot 10^{-3}$	$8,22 \cdot 10^{-3}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$1,39 \cdot 10^{-2}$	$1,43 \cdot 10^{-2}$	$1,46 \cdot 10^{-2}$
22	$5,68 \cdot 10^{-3}$	$7,29 \cdot 10^{-3}$	$9,42 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-2}$	$1,30 \cdot 10^{-2}$	$1,33 \cdot 10^{-2}$
23	$4,98 \cdot 10^{-3}$	$6,46 \cdot 10^{-3}$	$8,45 \cdot 10^{-3}$	$1,15 \cdot 10^{-2}$	$1,18 \cdot 10^{-2}$	$1,21 \cdot 10^{-2}$
24	$4,36 \cdot 10^{-3}$	$5,73 \cdot 10^{-3}$	$7,59 \cdot 10^{-3}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$1,08 \cdot 10^{-2}$	$1,10 \cdot 10^{-2}$
25	$3,82 \cdot 10^{-3}$	$5,08 \cdot 10^{-3}$	$6,81 \cdot 10^{-3}$	$9,50 \cdot 10^{-3}$	$9,79 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$
26	$3,35 \cdot 10^{-3}$	$4,51 \cdot 10^{-3}$	$6,11 \cdot 10^{-3}$	$8,64 \cdot 10^{-3}$	$8,91 \cdot 10^{-3}$	$9,15 \cdot 10^{-3}$
27	$2,94 \cdot 10^{-3}$	$3,99 \cdot 10^{-3}$	$5,48 \cdot 10^{-3}$	$7,85 \cdot 10^{-3}$	$8,11 \cdot 10^{-3}$	$8,34 \cdot 10^{-3}$
28	$2,58 \cdot 10^{-3}$	$3,54 \cdot 10^{-3}$	$4,92 \cdot 10^{-3}$	$7,14 \cdot 10^{-3}$	$7,38 \cdot 10^{-3}$	$7,60 \cdot 10^{-3}$
29	$2,26 \cdot 10^{-3}$	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$4,41 \cdot 10^{-3}$	$6,49 \cdot 10^{-3}$	$6,72 \cdot 10^{-3}$	$6,92 \cdot 10^{-3}$
30	$1,98 \cdot 10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^{-3}$	$3,96 \cdot 10^{-3}$	$5,90 \cdot 10^{-3}$	$6,12 \cdot 10^{-3}$	$6,31 \cdot 10^{-3}$

4.8 ODHAD DÁVKY VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE OD ^{131}I

Úvazek ekvivalentní dávky ve štítné žláze

Úvazek ekvivalentní dávky H_T ve štítné žláze od ^{131}I podle rovnice 3:

$$H_T = I \cdot h_{inh} \quad (3)$$

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 14 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

kde

H_T je ekvivalentní dávka ve štítné žláze v Sv,

I je příjem radionuklidu ^{131}I v Bq,

h_{inh} je úvazek ekvivalentní dávky ve štítné žláze na 1 Bq příjmu ^{131}I v Sv·Bq⁻¹ pro příjem aerosolu charakterizovaného v oddíle 4.7.

Hodnoty h_{inh} jsou uvedeny v Tabulce 3. Jsou převzaty z publikace ICRP 71 [8] a jsou přiřazeny věkovým kategoriím podle vyhlášky č. 307/2002 Sb.

Dávka od ^{131}I se ve štítné žláze prakticky zcela realizuje za dobu jednoho měsíce od příjmu.

Velikost úvazku ekvivalentní dávky v jednotce Sv je číselně rovna dávce sdělené štítné žláze v jednotce Gy.

Tabulka 3: Hodnoty úvazku ekvivalentní dávky ve štítné žláze v Sv na 1 Bq příjmu ^{131}I pro věkové kategorie.

<1 rok	1-2 roky	2-7 let	7-12 let	12-17 let	>17 let
$1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$7,3 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$	$2,2 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$

Úvazek efektivní dávky

Je-li požadován také odhad efektivní dávky E z příjmu ^{131}I , vypočte se podle rovnice 4:

$$E = I \cdot e_{inh} \quad (4)$$

kde

E je efektivní dávka v Sv,

I je příjem radionuklidu ^{131}I v Bq,

e_{inh} je (sedmdesátiletý) úvazek efektivní dávky na 1 Bq příjmu ^{131}I v Sv·Bq⁻¹ pro příjem aerosolu charakterizovaného v oddíle 4.7.

Hodnoty e_{inh} jsou uvedeny v Tabulce 4. Jsou uvedeny v publikaci ICRP 71 [8] a jsou převzaty do Přílohy č. 3, tabulky č. 6, vyhlášky č. 307/2002 Sb. U výsledku je vhodné uvést, že se jedná o odhad efektivní dávky připadající na příjem ^{131}I , aby nedošlo k záměně za celkovou efektivní dávku od všech cest ozáření.

Tabulka 4 Hodnoty úvazku efektivní dávky v Sv na 1 Bq příjmu ^{131}I pro věkové kategorie.

<1 rok	1-2 roky	2-7 let	7-12 let	12-17 let	>17 let
$7,2 \cdot 10^{-8}$	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$7,4 \cdot 10^{-9}$

4.9 VYJADŘOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ AKTIVITY A ODHADU DÁVKY

Aktivita

Aktivita ^{131}I ve štítné žláze se vyjadřuje v jednotce Bq a ve tvaru:

$A \pm u$ Bq

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 15 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

kde

u je rozšířená nejistota na úrovni 1σ vyjádřená v Bq na dvě platné číslice.

Odhad rozšířené nejistoty měření aktivity ^{131}I ve štítné žláze je uveden v Příloze II.

Není-li ^{131}I detekován, vypočte se uznávaným postupem minimální významná aktivita a výsledek se uvede ve tvaru

$A < MVA \text{ Bq}$

kde MVA je minimální významná aktivita pro ^{131}I pro dané měření.

V Příloze IV je uveden způsob výpočtu minimální významné aktivity a minimální detekovatelné aktivity podle Currieho [9].

Dávka

Odhad ekvivalentní dávky ve štítné žláze H_T , popř. efektivní dávky E se vyjádří v mSv bez údaje o nejistotě.

4.10 ODHAD DÁVKY VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE OD KRÁTKODOBÉHO RADIOJODU

Ve směsi radioizotopů jodu uvolněných při havárii JEZ je izotop ^{131}I radiologicky nejvýznamnější a jeho podíl na dávce ve štítné žláze je nejvyšší. Pro odhad úplné dávky ve štítné žláze od radiojodu je třeba odhadnout také podíl ostatních radioizotopů.

V prvních hodinách a dnech po inhalaci radiojodu mohou být ve štítné žláze přítomny radioizotopy ^{132}I ($T_{1/2}=2,3 \text{ h}$), ^{133}I ($T_{1/2}=20,8 \text{ h}$) a ^{135}I ($T_{1/2}=6,6 \text{ h}$), přičemž obsah ^{132}I ve štítné žláze je „doplňován“ rozpadem ^{132}Te ($T_{1/2}=3,2 \text{ d}$) usazeného v plicích, a „prodlužuje“ se tak efektivní poločas ^{132}I . Dávka štítné žláze od ^{132}I pocházejícího z přeměny inhalovaného ^{132}Te může dosáhnout až 20 % inhalační dávky od ^{131}I [10]. Poměr aktivit radioizotopů jodu ve štítné žláze závisí na době, která uběhne od odstavení reaktoru do okamžiku inhalace směsi radiojodu. Dojde-li k úniku radiojodu po alespoň 12 hodinách od odstavení reaktoru a nedojde k uvolnění ^{132}Te , lze dávku od krátkodobého radiojodu zanedbat [11].

Energetické linie záření gama krátkodobých radioizotopů jodu neinterferují s linií 364 keV radionuklidu ^{131}I . Jejich spektrum je však pro scintilační spektrometrii složité, píky se překrývají, rozklad spektra je složitý. Pro měření krátkodobého radiojodu u osob v časně fázi po odstavení reaktoru je třeba použít polovodičovou gamaspektrometrii.

Poznámka:

Odhad příjmu krátkodobého radiojodu ve srovnání s příjmem ^{131}I lze provést také později na základě naměřených hodnot objemové aktivity jednotlivých izotopů radiojodu v ovzduší, doby rezidence osoby v místě kontaminace a předpokládaných hodnot rychlosti inhalace po dobu různých činností osoby. Údaje o rezidenci se zjistí dotazováním při registraci k měření.

4.11 VLIV UŽITÍ JODOVÉ PROFYLAXE

Užití jodové profylaxe nemá vliv na výpočet aktivity ^{131}I ve štítné žláze.

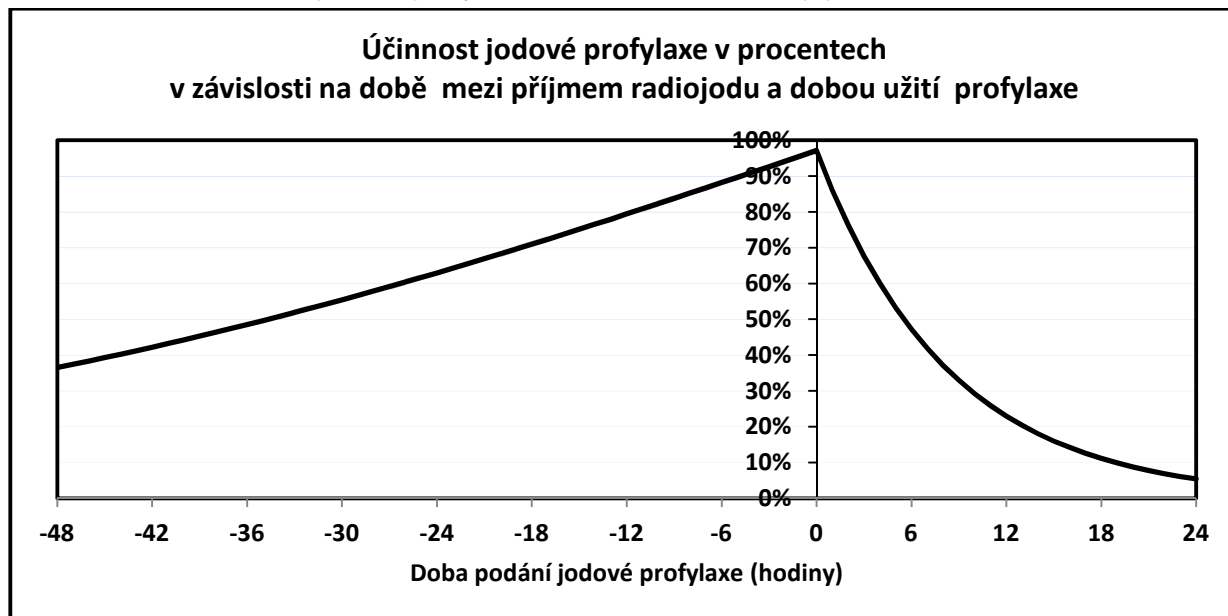
Pro posouzení efektu užití profylaxe lze naměřené aktivity ^{131}I ve štítné žláze hodnotit s využitím křivky účinnosti profylaxe v závislosti na době užití.

Na Obrázku 1 je uvedena časová závislost účinnosti profylaxe na organicky vázaný jod při

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 16 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

požití 100 mg stabilního jodu (130 mg KI) [12] získaná zpracováním dat pozorovaných u člověka a jejich modelováním. V Tabulce 5 je závislost uvedena číselně.

Obrázek 1 Účinnost jodové profylaxe v závislosti na době jejího užití



Tabulka 5: Podíl blokování radiojodu v závislosti na užití profylaxe

Doba užití před příjmem radiojodu hodiny	Podíl blokování radiojodu (%)	Doba užití po příjmu radiojodu hodiny	Podíl blokování radiojodu (%)
-24	63	0	97
-22	66	2	76
-20	68	4	60
-18	71	6	47
-16	74	8	37
-14	77	10	29
-12	79	12	23
-10	82	14	18
-8	85	16	14
-6	88	18	11
-4	91	20	9
-2	94	22	7
		24	5

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 17 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

PŘÍLOHA I: FORMULÁŘ REGISTRACE K MĚŘENÍ

Registrační formulář je součástí systému JodDet. Níže jsou uvedeny údaje, které obsahuje a které jsou nezbytné pro stanovení dávky.

Informace	Účel informace	Pozn.
Událost	Údaje o události. Vazba na účel měření. Využití dat o události k hodnocení měření.	Lze vyplnit před nebo po měření.
Skupina	Informace společné pro danou skupinu osob (školu). Například doba ukrytí, užití profylaxe.	Vyplní se <i>do</i> polí nebo z polí jednotlivých osob
Registrace	Záznam platný pro jedno měření.	
ID záznamu		Automaticky
ID čipu		Automaticky
Čárový kód		Automaticky
Datum a čas	Datum a čas přidělení kódu nebo čipu	Automaticky
Osoba	Osobní údaje měřené osoby	Tučně označené údaje jsou povinné.
Jméno		
Příjmení		
RČ		Pokud je ihned k dispozici
Datum narození		Formát určen v softwaru
Věk	Údaj bude použit pro výběr detekční účinnosti	Snazší údaj než celé datum.
Pohlaví	Nelze-li určit podle jména. Nerozhoduje o výpočtech.	
Bydliště	Není nutné vyplňovat, pokud lze dohledat později podle údajů o akci. Většina údajů bude pro registraci skryta.	
Ulice		
Číslo		
Obec		
PSČ		
Země		
Telefon		
Profese		
Občan		
Zasahující osoba		
Fyziologie		
Výška	Pro výběr detekční účinnosti u dospělých.	Lze i odhadem.
Hmotnost	Pro výběr detekční účinnosti u dospělých.	Lze i odhadem.
Porucha štítné žlázy	- není porucha (výchozí) - porucha	

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 18 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

Informace	Účel informace	Pozn.
Rezidence	Informace pro scénář příjmu	
Ukrytí	Ukrytí Ano/Ne	
Místo ukrytí	Obec	
Doba ukrytí	Datum a čas začátku a konce doby ukrytí.	
Úkryt	Typ úkrytu. Z číselníku typů domů.	
Doba pobytu na volném prostranství	Datum a čas začátku a konce doby pobytu.	
Profylaxe	Informace o užití profylaxi	Pokud dítě neví, zjistit od doprovodu.
Okamžik užití profylaxe	Datum, hodina, alespoň přibližně.	Informace se může vztahovat k celé měřené skupině. Pak se nevyplňuje.
Množství	Výběr z číselníku přípravků KI.	
Další (opakované) užití profylaxe	Datum a čas	
Vlastní spotřeba	Informace o možném příjmu ingescí. Dotaz na spotřebu potravin vlastní produkce.	
Voda		
Mléko		
Zelenina		
Ovoce		

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 19 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

PŘÍLOHA II: ODHAD NEJISTOTY STANOVENÍ AKTIVITY ¹³¹I VE ŠTÍTNÉ ŽLÁZE

Nejistota stanovení aktivity radiojodu ve štítné žláze má následující složky:

Nejistota spojená se statistickou povahou aktivity, u_A

Relativní standardní nejistota spojená se stanovením plochy píku. Vypočte se pro úroveň 1 σ ve spektrometrickém softwaru systému.

Nejistota stanovení detekční účinnosti na fantomu štítné žlázy

Detekční účinnost byla stanovena na fantomech s referenčními zdroji s náplní ¹³³Ba simulujícího radionuklid ¹³¹I v píku 364 keV. S ohledem na to se odhaduje nejistota detekční účinnosti uvedené v této metodice pro ¹³¹I ve výši **10 %** (na úrovni 1 σ).

Nejistota v důsledku odlišnosti fantomu a štítné žlázy měřené osoby

Nejistota velikosti štítné žlázy

Publikace ICRP 89 [13] uvádí jako referenční hodnotu pro hmotnost štítné žlázy u dospělého muže 20 g a u dospělé ženy 17 g s rozpětím u dospělých osob až 10 g. U dětí je pochopitelně rozpětí menší. Podle měření na fantomech štítné žlázy se v navrhované měřicí geometrii liší detekční účinnosti detekční účinnosti u takového rozpětí zhruba o **15 %**.

Nejistota vzájemné pozice detektoru a štítné žlázy

Předpokládá se, že se měřené osoby budou do měřicí geometrie usazovat samy, bez kontroly obsluhy. Ani v takovém případě se nepředpokládá nejistota výsledku měření větší než **10 %** (např. při nedodržení vzdálenosti krku od kolimátoru).

Nejistota v důsledku hloubky uložení štítné žlázy

Hloubka uložení štítné žlázy u měřené osoby nebývá známa. V publikaci ICRP 23 „Reference Man“ [14] se uvádí hloubka uložení štítné žlázy 4 až 20 mm. Se zvětšující se hloubkou uložení dochází k poklesu odezvy v důsledku změny geometrického faktoru a v důsledku zeslabení záření v tkáni. Detekční účinnosti systému popisovaného v metodice se pro krajní „tloušťky“ fantomů liší i o více než 40 %. Oba faktory jsou zahrnuty v hodnotě detekční účinnosti zjištěné pro různé tloušťky pomocí fantomů, což přispívá ke správnosti výsledku. Je však vhodné rozšířit nejistotu stanovení aktivity v důsledku tohoto faktoru. Pro měření dětí se v metodice navrhuje jedna hodnota detekční účinnosti odpovídající tloušťce tkáně 6 mm. Pro měření dospělých se navrhuje dvě detekční účinnosti v závislosti na hodnotě ukazatele BMI (*body mass index*) vypočteného z hmotnosti a výšky měřené osoby. Při absenci těchto údajů se použije pro detekční účinnost nižší z obou hodnot (konzervativní přístup k odhadu aktivity). BMI není nejspolehlivější ukazatel tloušťky tkáně mezi štítnou žlázou a detektorem, ale pro havarijní měření je nejdostupnější a přijatelný pro identifikaci osob, které mohou mít kvůli nadváze tloušťku tkáně výrazně větší, než je výchozí předpoklad [15]. Při krajním rozdílu v hloubce uložení (tloušťce tkáně) a při neprovedení korekce detekční účinnosti se liší u fantomů hodnoty účinností pro děti přibližně o **30 %**.

Odhad korekčního faktoru v případě ¹³¹I je teoreticky možný z poměru ploch píků 80 keV a 364 keV. Je však při rutinně měřených aktivitách zatížen vysokou statistickou chybou.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 20 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

Shrnutí nejistot:

Zdroj nejistoty	Relativní standardní nejistota (%)
statistický charakter aktivity (tj. plocha píku)	$u_{A,rel}$
stanovení účinnosti měření na fantomu	10
neznámá velikosti štítné žlázy	15
odlišná pozice detektoru a štítné žlázy oproti fantomu	10
hloubka uložení štítné žlázy	30
kombinovaná relativní standardní nejistota u_{rel}	$\sqrt{u_A^2 + 10^2 + 15^2 + 10^2 + 30^2}$
kombinovaná standardní nejistota u	$A \cdot u_{rel} / 100$

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 21 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

PŘÍLOHA III: ODHAD NEJISTOTY STANOVENÍ PŘÍJMU ¹³¹I

Příjem je vypočten za následujících předpokladů:

inhalace aerosolu radiojodu, AMAD 1 μ m, absorpční typ F, frakce přechodu z trávicího ústrojí do tělesných tekutin $f_1=1$, biokinetický model metabolismu jodu podle ICRP 56, model dýchacího traktu podle ICRP 66 [16], jednorázový příjem uprostřed intervalu pravděpodobného příjmu.

V první fázi hromadného měření a vyhodnocování při rozsáhlé radiační havárii se nepodnikají žádné kroky k individuálnímu zpřesnění odhadu příjmu.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 22 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

PŘÍLOHA IV: ODHAD MINIMÁLNÍ VÝZNAMNÉ A MINIMÁLNÍ DETEKOVATELNÉ AKTIVITY

Minimální významná aktivita (MVA) a minimální detekovatelná aktivita (MDA) se stanoví ze vzorce podle Currieho [9]:

$$MVA = \frac{k \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{n}{2m}\right) \cdot \frac{n}{2m} \cdot (B_1 + B_2) + \frac{t}{t_c} \cdot C + \left(\frac{t}{t_c}\right)^2 \cdot \sigma_C^2}}{\eta \cdot Y \cdot t} \quad (\text{Bq}) \quad (5)$$

$$MDA = \frac{k^2 + 2k \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{n}{2m}\right) \cdot \frac{n}{2m} \cdot (B_1 + B_2) + \frac{t}{t_c} \cdot C + \left(\frac{t}{t_c}\right)^2 \cdot \sigma_C^2}}{\eta \cdot Y \cdot t} \quad (\text{Bq}) \quad (6)$$

kde

MVA je minimální významná aktivita v Bq,

MDA je minimální detekovatelná aktivita v Bq,

k je kvantil normálního rozdělení,

n je počet kanálů pod píkem

m je počet kanálů nalevo a napravo od píku, určených pro odhad pozadí pod píkem

*B*₁ a *B*₂ jsou počty impulsů v „*m*“ kanálech nalevo a napravo od píku.

*t*_c je doba měření pozadí v sekundách,

C je čistá plocha píku ¹³¹I v pozadí za dobu měření pozadí *t*_c v impulsech,

*σ*_C je směrodatná odchylka plochy píku ¹³¹I v pozadí.

ostatní symboly mají význam uvedený výše.

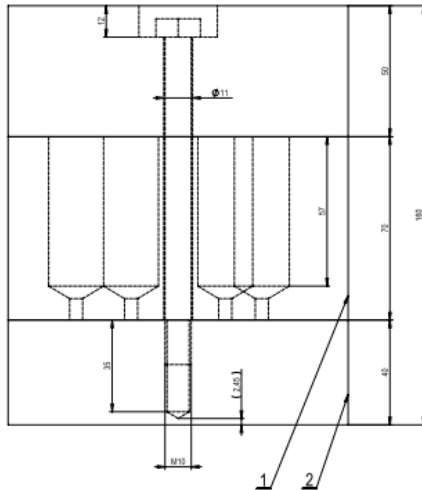
Pro hladinu spolehlivosti 95 % (*k* = 1,645) přechází rovnice 5 a 6 na tvar

$$MVA = \frac{1,645 \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{n}{2m}\right) \cdot \frac{n}{2m} \cdot (B_1 + B_2) + \frac{t}{t_c} \cdot C + \left(\frac{t}{t_c}\right)^2 \cdot \sigma_C^2}}{\eta \cdot Y \cdot t} \quad (\text{Bq}) \quad (7)$$

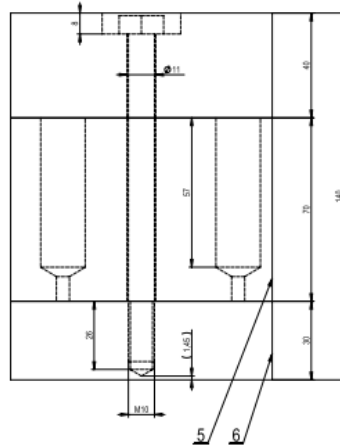
$$MDA = \frac{2,71 + 3,29 \cdot \sqrt{\left(1 + \frac{n}{2m}\right) \cdot \frac{n}{2m} \cdot (B_1 + B_2) + \frac{t}{t_c} \cdot C + \left(\frac{t}{t_c}\right)^2 \cdot \sigma_C^2}}{\eta \cdot Y \cdot t} \quad (\text{Bq}) \quad (8)$$

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 23 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

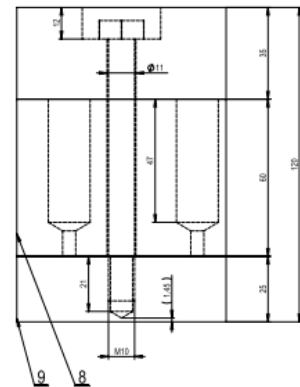
PŘÍLOHA V: FANTOMY ŠTÍTNÉ ŽLÁZY POUŽITÉ KE KALIBRACI



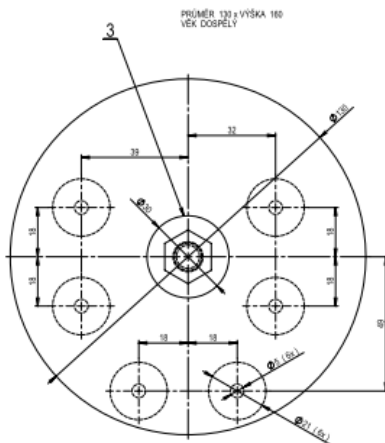
3
PRŮMĚR 130 x VÝŠKA 160
VĚK DOBŘELÝ



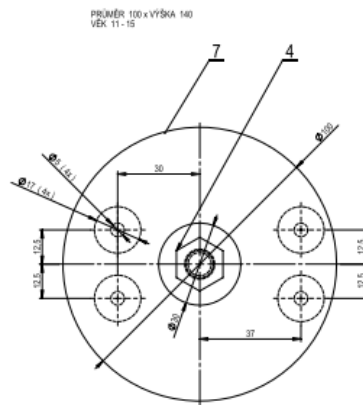
5
PRŮMĚR 100 x VÝŠKA 140
VĚK 11-15



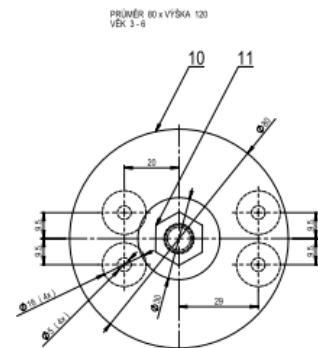
6
PRŮMĚR 80 x VÝŠKA 120
VĚK 3-8



PRŮMĚR 130 x VÝŠKA 160
VĚK DOBŘELÝ



PRŮMĚR 100 x VÝŠKA 140
VĚK 11-15



PRŮMĚR 80 x VÝŠKA 120
VĚK 3-8

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 24 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

NOVOST POSTUPŮ

Metodika popisuje proces monitorování radiojodu ve štítné žláze u velkého počtu osob po úniku radiojodu při havárii jaderně-energetického zařízení, a to od získání měřených hodnot až po vyhodnocení dávky ve štítné žláze. Změření velkého počtu osob se má dosáhnout nasazením scintilačního spektrometru, který díky konstrukci měřicí jednotky a nasazení více jednotek pro měření více osob dovoluje zvýšit počet monitorovaných osob za jednotku času, přičemž se v elektronických záznamech zachovávají veškerá data pro analýzu v pozdější době. Konstrukce měřicích jednotek, včetně kolimátoru, je optimalizována pro měření ¹³¹I ve štítné žláze. Metodika na základě rešerše literárních zdrojů a konzultací s odborníky se zkušeností z hromadného monitorování po radiační havárii JE Černobyl poskytuje také výchozí informace k odhadu dávky od jiných radioizotopů jodu uvolňujících se společně s ¹³¹I a k náhledu na profylaktickou účinnost užití stabilního jodu.

POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodiku uplatní zaškolená obsluha z řad složek radiační ochrany (zejména Centrální laboratoř radiační monitorovací sítě v SÚRO Praha) pro připravenost na rozsáhlou radiační havárii nebo radiační nehodu a při výzkumu v oblasti radiační ochrany. Metodika je využitelná v laboratořích s příslušným vybavením.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 25 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Uživatelská příručka k obsluze databáze systému JodDet určená pro obsluhu softwaru určeného pro registraci měřených osob. ENVINET NUVIA Group 2014
- [2] Uživatelská příručka k obsluze systému JodDet určená pro obsluhu hardwaru a měřicího softwaru systému. ENVINET NUVIA Group 2014
- [3] Návod na rozvinutí a zapojení systému JodDet. ENVINET NUVIA Group 2014
- [4] Prototyp systému pro měření radiojodu ve štítné žláze. Hlavní výsledek projektu Bezpečnostního výzkumu České republiky BVII/2-VS, kód projektu VG20122014093. SÚRO, v.v.i, ENVINET NUVIA Group, 2014.
- [5] Metodika detekce radioaktivních látek na zasaženém území - Činnost mobilních skupin při monitorování radiační havárie. SÚRO Praha. 2014 (připravuje se).
- [6] Doporučená data radioaktivních přeměn spravovaná a aktualizovaná laboratoří Laboratoire National Henri Becquerel na webu <http://laraweb.free.fr>
- [7] ICRP. Age - dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 1, ICRP Publication 56. Annals of the ICRP 20 (2) (1989). Pergamon Press, Oxford.
- [8] ICRP. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: Part 4. Inhalation Dose Coefficients, ICRP Publication 71. Annals of the ICRP 25 (3-4) (1995b) Elsevier Science Ltd., Oxford
- [9] Currie, L.A.: Limits for qualitative detection and quantitative determination. Application to radiochemistry. Anal. Chem., 40 (3), 1968, s. 586–593.
- [10] Monitoring radioaktivního jodu při rozsáhlé radiační havárii. Metodický pokyn 2.6.1.2396-08. Federální služba pro dozor v oblasti ochrany práv spotřebitelů a životních podmínek člověka (rusky). Moskva 2007, Ruská federace. Zvonova, I. A, osobní sdělení.
- [11] Youngman, M.J.: Practical Guidance on Thyroid Monitoring for Radioiodine Using Hand-held Instruments. HPA-CRCE-044. HPA, 2013.
- [12] Balonov, M., Kaidanovsky, G., Zvonova, I. Kovtun, A, Bouville, A., Luckyanov, N, Voilleque, P.: Contributions of Short-Lived Radioiodines to Thyroid Doses Received by Evacuees from the Chernobyl Area Estimated Using Early In Vivo Activity Measurements. Radiat. Prot. Dosim. 105(1-4), 593-599, (2010)
- [13] ICRP. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. ICRP Publication 89. Pergamon Press, Oxford, 2003.
- [14] ICRP 23 Report of the Task Group on Reference Man, Pergamon Press, 1975
- [15] Szeto, Ch., et al.: A simple method to predict pretracheal tissue thickness to prevent accidental decannulation in the obese. Otolaryngology–Head and Neck Surgery (2010) 143, 223-229.
- [16] ICRP. Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection. ICRP Publication 66. Annals of the ICRP 24 (1-3), 1994. Elsevier Science Ltd., Oxford.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. ENVINET NUVIA Group	Metodika	List: 26 z 26
	Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet	Datum účinnosti: 1.1.2015

SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ

Prototyp systému pro měření radiojodu ve štítné žláze. Hlavní výsledek projektu Bezpečnostního výzkumu České republiky BVII/2-VS, kód projektu VG20122014093. SÚRO, v.v.i, ENVINET NUVIA Group, 2014.