



Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.

Certifikovaná metodika

NASAZENÍ SYSTÉMU MONITOROVÁNÍ VNITŘNÍ KONTAMINACE ŠTÍTNÉ ŽLÁZY RADIOJODEM PO HAVÁRII ENERGETICKÉHO JADERNÉHO ZAŘÍZENÍ

Vypracoval Ing. Pavel Fojtík

Výsledek projektu výzkumu, vývoje a inovací MV České republiky, kód projektu VF20162016050: Testování nových systémů hromadného měření radiojodu ve štítné žláze po havárii jaderně energetického zařízení.

Rok uplatnění metodiky: 2016

Oponenti plk. Mgr. Štěpán Kavan, Ph.D., GŘ HZS Jč kraje, odd. krizového řízení
Ing. Eva Šindelková, CSc., SÚJB, RC České Budějovice

Schválil

Vedoucí odboru

RNDr. Petr Rulík

Archivní označení

30-10-00

Výtisk číslo

1

Rozdělovník

Výtisk

Převzal

Datum

Podpis

Ing. Pavel Fojtík

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika		List: 2 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení		Datum účinnosti: 1.1.2017

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.	Metodika	List: 3 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

SEZNAM REVIZÍ

Číslo revize	Důvod revize	Účinnost revize od
0	Původní dokument	1. 1. 2017

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 4 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

OBSAH

ZKRATKY, SYMBOLY A VYSVĚTLIVKY	5
1. CÍL METODIKY	6
2. POPIS METODIKY	6
3. PŘÍSTROJE, POMŮCKY, MATERIÁLOVÉ ZAJIŠTĚNÍ.....	7
4. POPIS NASAZENÍ.....	7
4.1. VŠEOBECNĚ.....	7
4.2. ORGANIZACE MONITOROVÁNÍ VELKÉHO POČTU OSOB	8
4.2.1 Výměna informací s KŠ SÚJB.....	8
4.2.2 Vlastní rozhodování měřicí skupiny	9
4.3. ROZVINUTÍ MĚŘICÍHO SYSTÉMU	10
4.3.1 Zabezpečení kvality výsledků.....	10
4.4. ZPRACOVÁNÍ A SDĚLOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ.....	10
4.4.1 Všeobecně	10
4.4.2 Komunikace s měřenými osobami.....	11
4.5. PŘENOS VÝSLEDKŮ DO SYSTÉMU MONRAS.....	11
5. UDRŽOVÁNÍ PŘIPRAVENOSTI MĚŘICÍ SKUPINY	11
NOVOST POSTUPŮ.....	12
POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	12
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	13
SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ	13
SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE.....	13
PŘÍLOHA I Údaje pro protokol o měření	14
PŘÍLOHA II Podklady pro výpočet RBE-vážené absorbované dávky ¹³¹ I ve štítné žláze.....	17

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 5 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

ZKRATKY, SYMBOLY A VYSVĚTLIVKY

EJZ	energetické jaderné zařízení (jaderný reaktor)
RMS	radiační monitorovací síť
radiojod	radioaktivní izotopy jodu, prakticky ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I
MonRaS	systém pro ukládání, zpracování a zveřejňování výsledků z monitorování radiační situace, provozovaný Státním úřadem pro jadernou bezpečnost
IZS	integrovaný záchranný systém
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
MAAE	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
EPR	<i>Emergency Preparedness and Response</i> (ediční řada MAAE)
RBE	relativní biologická účinnost (<i>Relative Biological Effectiveness</i>)

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 6 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

1. CÍL METODIKY

Cílem metodiky je popsat hlavní kroky při zabezpečení monitorování aktivity radiojodu ve štítné žláze u velkého počtu jednotlivců z obyvatelstva a zasahujících osob v rámci odezvy na havárii energetického jaderného zařízení.

2. POPIS METODIKY

Metodika popisuje postup měřících složek monitorovací sítě disponujících prostředky hromadného měření radiojodu ve štítné žláze při zabezpečování požadavků Krizového štábu SÚJB v rámci odezvy na havárii energetického jaderného zařízení (EJZ). Měřící složka monitorovací sítě poskytuje prostřednictvím Radiační monitorovací sítě (RMS) Krizovému štábu SÚJB údaje pro účely hodnocení radiační situace, pro zpracovávání prognózy jejího vývoje, pro upřesnění zasaženého území, odhad dávek osob a hodnocení účinnosti realizovaných ochranných opatření.

Metodika zobecňuje postup monitorování vypracovaný pro systém JodDet [1]. Specifikem systému je možnost nasadit k měření jednu až několik málo desítek měřících jednotek (počet je omezen pouze plynulostí komunikace jeho softwaru a hardwaru; postup byl ověřen na šesti jednotkách). Podle počtu měřených osob lze systém posílit o další měřící jednotky nebo naopak rozdělit na více menších pracovišť pro malé lokality. Při rozšíření není nutné neúnosně posilovat počet osob obsluhy. Systém JodDet má se šesti měřícími jednotkami kapacitu cca 100 proměřených osob za hodinu (v závislosti na technologických přestávkách vynucených změnami pozadí, teploty, elektrického napájení). Pro využití výsledků z jeho nasazení jsou připraveny postupy předání výsledků do systému MonRaS [2] a jejich hodnocení z hlediska rizika vzniku deterministických účinků ve štítné žláze. Tyto postupy jsou uvedeny také v této metodice.

Metodika popisuje činnosti měřící složky monitorovací sítě (dále jen měřící skupiny) při požadavku KŠ SÚJB monitorovat vnitřní kontaminaci obyvatelstva radiojodem. Zejména pak popisuje

- **výměnu informací** mezi měřící skupinou a KŠ SÚJB a specifikaci požadavků měřící skupiny směrem k ostatním složkám a orgánům systému krizového řízení (např. starostům obcí, v nichž se plánuje měření obyvatelstva) a ke složkám IZS,
- **vlastní rozhodování** měřící skupiny při výběru lokality a rozsahu monitorování, posouzení proveditelnosti, kapacity a celkové doby měření, rozsah informací požadovaných od měřených osob,
- **zásady nasazení** systému hromadného monitorování radiojodu ve štítné žláze,
- **zpracování výsledků** monitorování a jejich **posouzení** z hlediska akutních účinků ve štítné žláze,
- **přenos výsledků** do systému MonRaS,
- **způsob udržování** připravenosti měřící skupiny a měřícího zařízení.

Pozn: Metodika obsahuje formou poznámky také postupy specifické pro použití systému JodDet [1] pro měření obsahu ¹³¹I ve štítné žláze u velkého počtu osob. Neobsahuje specifické postupy při použití jiných existujících nebo připravovaných systémů.

Metodika odkazuje na obsah následujících samostatných dokumentů:

- a) Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet. Certifikovaná metodika. SÚRO 2014. [3]
- b) Metodika detekce radioaktivních látek na zasaženém území - Činnost mobilních skupin při monitorování radiační havárie. Certifikovaná metodika. SÚRO 2015. [4]
- c) Pravidla činnosti krizového štábu. Směrnice SÚJB VDS 019/1995. Rev. 5.1, 2015. [5]

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 7 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

d) vnější havarijní plány EJZ, včetně jejich traumatologické části.

3. PŘÍSTROJE, POMŮCKY, MATERIÁLOVÉ ZAJIŠTĚNÍ

Materiálové zajištění:

Kapacitní zařízení pro spektrometrické měření radiojodu ve štítné žláze.

Pozn: Například systém JodDet, výrobce NUVIA, a.s. Česká republika [1] skládající se z několika identických scintilačních měřicích jednotek a obslužného zařízení (napájecí, řídicí, komunikační a vyhodnocovací elektronika).

Fantomy štítné žlázy s referenčními zářiči ^{131}I nebo ^{133}Ba pro pravidelnou kontrolu detekční účinnosti systému.

Kontrolní radionuklidový zářič pro kontrolu funkce měřicích jednotek a jejich energetickou kalibraci (nejlépe radioizotop ^{137}Cs)¹.

Přenosný měřič dávkového příkonu a povrchové kontaminace radionuklidy emitujícími záření beta a gama [4].

Personální zajištění:

Dostatečný počet vhodně kvalifikovaných pracovníků pro registraci osob k měření, pro obsluhu měření, komunikaci s měřenými osobami, zpracování a předávání výsledků měření, přičemž může být nezbytné zabezpečit měření střídáním směn.

Pozn: Pro systém JodDet se doporučuje k činnostem následující počet pracovníků:

Registrace osob:	1 pracovník
Operátor měření:	1 až 2 pracovníci
Komunikace s měřenými osobami:	1 pracovník

Komunikační zajištění:

Kromě obvyklých technických prostředků pro komunikaci se vyžaduje zajištěný *online* nebo *offline* přenos výsledků monitorování do systému MonRaS.

4. POPIS NASAZENÍ

4.1. VŠEOBECNĚ

Nasazení je popsáno chronologicky z pohledu realizace monitorování. Jsou uvedeny jeho varianty pro různá zadání od KŠ SÚJB.

Pozn: Práce s hardwarem a softwarem je pro systém JodDet popsána jinde [6-8].

Postup monitorování:

1. Organizace monitorování velkého počtu osob
2. Rozvinutí měřicího systému
3. Zpracování a sdělování výsledků měření

¹ Například ve formě radionuklidového zářiče typu EG1 od spol. Eurostandard CZ s.r.o.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 8 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

4.2 ORGANIZACE MONITOROVÁNÍ VELKÉHO POČTU OSOB

4.2.1 Výměna informací s KŠ SÚJB

Po obdržení požadavku od KŠ SÚJB² na monitorování aktivity radiojodu ve štítné žláze **měřicí skupina**

- 1) **sdělí** KŠ SÚJB svoji kapacitu (možný počet změřených osob za jednotku času, za směnu apod.) a míru své mobility,
- 2) **vyžádá** si od KŠ SÚJB
 - a) informaci o radiační situaci v místě měření osob,
 - b) spojení na styčnou osobu v místě měření osob, a
- 3) **specifikuje** následující požadavky **a předá** je styčné osobě v místě měření:

a) požadavek na vhodné umístění měřicího zařízení:

- i. vnitřní prostor (budova, interiér) s co nejnižším příkonem fotonového dávkového ekvivalentu s nezavlečenou povrchovou kontaminací radioaktivním spadem; dostatečný prostor pro umístění měřicích sond ve vzájemné vzdálenosti 1 m; podle potřeby elektrické napájení, popř. možnost vést kabel od venku umístěné elektrocentrály, aniž dojde k zavlečení kontaminace; vhodné shromaždiště osob před místem registrace k měření podle počtu měřených osob a povětrnostních podmínek;
- ii. vnější prostor (exteriér) s výše uvedenými vlastnostmi a případnou možností postavit měřicí stan; shromaždiště osob;

Při výběru vhodného místa měření a provedení opatření proti zavlečení povrchové kontaminace poskytne měřicí skupina styčné osobě technickou a odbornou pomoc.

Je-li to proveditelné a umožňuje-li to zadání, navrhne měřicí skupina pozvat nebo dopravit osoby k měření do svého působiště (laboratoře) nebo do jiného vhodného zařízení mimo zasažené území.

b) požadavek na počet měřených osob:

Podle zadání od KŠ SÚJB a vlastní úvahy (body *i* až *v* níže) odhadne měřicí skupina celkovou dobu měření v místě, odhadne počet osob k měření a jejich přítomnost dohodne se styčnou osobou v místě měření. Zajistí posílení počtu měřicích jednotek nebo jejich rozdělení do menších skupin pro současně měření v různých lokalitách. Při specifikaci vychází z následujících scénářů:

i. Měření v místech výstupu z evakuované zóny (na dekontaminačních stanovištích):

Účelem je zejména nalezení osob, jejichž vnitřní kontaminace radiojodem vyžaduje zdravotnickou pomoc. Proměří se všechny osoby, přičemž se přihledne k tomu, zda mají o měření zájem. Nasadí se celá kapacita měřicího zařízení. Posílí se kapacita registrace s ohledem na rozsah evidovaných údajů.

² KŠ SÚJB zadává požadavek na základě svého seznamu měřicích skupin.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 9 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

ii. Měření v přijímacím nebo evakuačním středisku:

Účelem je zejména nalezení osob, jejichž vnitřní kontaminace radiojodem vyžaduje zdravotnickou pomoc. Proměří se všechny osoby, přičemž se přihlédně k tomu, zda mají o měření zájem. Nasadí se celá kapacita měřicího zařízení. Posílí se kapacita registrace s ohledem na rozsah evidovaných údajů.

iii. Systematické měření na neevakuovaném zasaženém území:

Účelem je měření individuálních hodnot retence ¹³¹I ve štítné žláze u obyvatelstva, posouzení radiační situace vzhledem k její prognóze a získání informací pro plánování případného lékařského sledování. Dobu věnovanou dané lokalitě, a tedy počet proměřených osob, naplánuje měřicí skupina podle své kapacity a počtu plánovaných zastavení v oblasti.

iv. Screeningové měření v nezasazené oblasti:

Postačuje několik desítek změřených osob v lokalitě. Měřicí skupina stanoví počet měřených osob podle časových možností.

v. Měření vnitřní kontaminace zasahujících osob:

Organizaci měření účastníků zásahů při radiační havárii dohodne měřicí skupina se zaměstnavatelem zasahujících osob.

Odchyly od těchto postupů řeší měřicí skupina *ad hoc* s ohledem na účel měření a požadavky na zabezpečení kvality měření.

Pozn: Systém JodDet má se šesti měřicími jednotkami kapacitu cca 100 proměřených osob za hodinu. K urychlení registrace lze využít předběžné registrace vymezené skupiny (např. školy) pomocí importu registračního souboru vytvořeného místní styčnou osobou.

4.2.2 Vlastní rozhodování měřicí skupiny

Na základě znalosti obecných zásad pro monitorování a informací o době příjmu radiojodu rozhodne měřicí skupina o termínu měření.

Měření se zahájí ne dříve než po 8 hodinách od příjmu radiojodu. Pokud to však okolnosti nevyžadují, zahájí se měření jeden den (24 hodin) poté, co měřená osoba opustila kontaminovaný prostor, nebo prošel mrak obsahující radionuklidy.

Monitorování smí být prováděno až poté, co budou zavedena opatření proti zavlečení povrchové kontaminace do měřicí místnosti nebo na měřicí místo.

V závislosti na závažnosti havárie měřicí skupina rozhodne o spolehlivosti měření, které provádí po více než 4 týdnech od zastavení úniku radiojodu z EJZ.

Měřicí skupina rozhodne o rozsahu údajů, které bude požadovat od měřených osob.

Při měření evakuovaných osob rozšíří dotazování o dotazy týkající se dynamiky, lokalizace místa a způsobu příjmu radiojodu. Při měření neevakuovaných osob na území po průchodu kontaminovaných vzdušných mas zařadí zejména dotazy na formu a dobu ukrytí. Uvedené dotazy jsou součástí dotazníku v Příloze I.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 10 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

Pozn: V softwaru systému *JodDet* lze využít funkce zadání společných údajů v definici „Skupiny měření“.

Před zahájením monitorování musí mít měřicí skupina připraven jednotný protokol měření, který musí být dodržen po celou dobu měření. Protokol musí obsahovat alespoň údaje povinné pro přenos výsledků do systému MonRaS. Zejména musí být stanovena a dodržena interpretace odečítané veličiny a způsob zápisu výsledku měření.

Údaje pro protokol jsou uvedeny v Příloze I.

Pozn.: Systém *JodDet* obsahuje takový protokol ve svém softwaru.

4.3. ROZVINUTÍ MĚŘICÍHO SYSTÉMU

Rozvinutí měřicího systému a samotné měření včetně všech podrobností (např. ochrany měřicích přístrojů před kontaminací) se provádí podle předem vypracované metodiky nasazení měřicího systému (např. [3]).

4.3.1 Zabezpečení kvality výsledků

Metodika pro nasazení měřicího systému popisuje kromě jiného

- 1) kontrolu funkce a parametrů měřicího systému před měřením a v jeho průběhu,
- 2) způsob průběžné kontroly aktivity ^{131}I v pozadí a jejího odečtu,
- 3) výpočet mezí detekce metody.

Registrované údaje o měřené osobě musí být správné a úplné s ohledem na jejich další použití (ověřování modelu šíření, výpočet dávky ve štítné žláze) a s ohledem na přenos výsledků do systému MonRaS.

Správnost a přesnost výsledků měření musí být ověřeny v předstihu při testování vhodnosti systému.

4.4 ZPRACOVÁNÍ A SDĚLOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ

4.4.1 Všeobecně

Jako výsledek měření eviduje měřicí skupina retenci ^{131}I ve štítné žláze v jednotce aktivity (Bq).

Pro účely zpracování výsledků měření pro jednotlivé osoby, pro účely dalšího lékařského sledování, pro osobní dozimetrii apod. eviduje měřicí skupina výsledky pomocí vlastního evidenčního systému a s úplným rozsahem údajů nezbytných pro výpočet dávky ve štítné žláze.

Hodnocení výsledku z hlediska rizika vzniku stochastických účinků

Toto hodnocení se neprovádí na místě měření. Bude součástí hodnocení radiační situace.

Hodnocení výsledku měření z hlediska vzniku vážných deterministických účinků

Měřicí skupina stanoví předběžně úroveň aktivity ^{131}I ve štítné žláze, která odpovídá úrovni

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 11 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

RBE-vážené absorbované dávky 2 Gy-Eq ve štítné žláze opodstatňující neodkladné odeslání měřené osoby k upřesňujícímu měření, které rozhodne o jejím případném odeslání do střediska specializované zdravotní péče. S touto úrovní aktivity (retence) ve štítné žláze se porovná na místě každý výsledek měření. Podklady pro výpočet aktivity pro daný věk osoby, fyzikálně-chemické vlastnosti kontaminantu, cestu příjmu a dobu od příjmu jsou uvedeny v Příloze I. Koncepte hodnocení měření z hlediska vzniku vážných deterministických účinků je uvedena v dokumentu MAAE [9] a stručně v Příloze II. O osobách s rizikem vážných stochastických účinků informuje měřicí skupina Krizový štáb SÚJB.

Výsledky určené k přenosu do systému MonRaS eviduje měřicí skupina v rozsahu uvedeném níže (podléhá aktualizaci po dohodě se správcem systému MonRaS).

4.4.2 Komunikace s měřenými osobami

Měřicí skupina sdělí výsledek měření, tj. aktivitu ^{131}I ve štítné žláze, všem měřeným osobám a v případě zasahujících osob také jejich zaměstnavateli. V předstihu připraví formu sdělení výsledků. Připraví také obsah a formu sdělení pro osoby, jímž je doporučeno podstoupit upřesňující měření popř. se svěřit do specializované zdravotní péče.

4.5 PŘENOS VÝLEDKŮ DO SYSTÉMU MONRAS

Přenos výsledků do systému MonRaS musí proběhnout v rozsahu a ve lhůtě, jež určí KŠ SÚJB.

Do systému MonRaS se přenesou následující údaje:

- ID měřicí skupiny
- Monitorovaná položka: Štítná žláza“ (ID 7300)
- Typ monitorování: Havarijní monitorování
- Jednoznačný kód osoby při registraci pro měření
- Datum měření
- Souřadnice místa měření nebo adresa
- Rok narození osoby
- Pohlaví
- Výška a váha osoby
- Aktivita ^{131}I ve štítné žláze v Bq
- Označení hodnot nižších než mez detekce metody

5. UDRŽOVÁNÍ PŘIPRAVENOSTI MĚŘICÍ SKUPINY

Měřicí skupina se účastní cvičení organizovaných SÚJB k procvičení havarijní odezvy složek RMS. Provozovatel systému hromadného monitorování štítné žlázy uspořádá kapacitní zátěžové cvičení (nebo se takového cvičení zúčastní) každé 2 až 3 roky, popřípadě dříve, dojde-li k podstatné obměně pracovníků obsluhujících systém.

Kvalita měření je dále potvrzována na základě srovnávacích měření prováděných v rámci RMS nebo národních či mezinárodních aktivit.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 12 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

NOVOST POSTUPŮ

Metodika poprvé shrnuje způsob, kterým měřicí složka monitorovací sítě disponující prostředky hromadného měření ¹³¹I ve štítné žláze zabezpečí požadavky KŠ SÚJB na měření radiojodu u obyvatelstva při odezvě na havárii jaderně-energetického zařízení. Popisuje postup rozhodování měřicí skupiny o organizaci a rozsahu měření při absenci specifických pokynů od zadavatele úkolu.

POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodiku uplatní zaškolená obsluha složek monitorovací sítě (zejména Centrální laboratoř radiační monitorovací sítě v SÚRO v.v.i.) pro havarijní připravenost na radiační havárii nebo radiační nehodu. Metodika je využitelná měřicími složkami vybavenými příslušným měřicím zařízením a přijímajícími pokyny orgánů krizového řízení.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 13 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] 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.
- [2] <https://intranet.sujb.local/aplikace/monras/login.jsp>
http://www.sujb.cz/monras/aplikace/monras_cz.html
- [3] Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet. Certifikovaná metodika. Metodika SÚRO 30-01-00, 2014.
- [4] Metodika detekce radioaktivních látek na zasaženém území - Činnost mobilních skupin při monitorování radiační havárie. Certifikovaná metodika. SÚRO 2015.
- [5] Pravidla činnosti krizového štábu. Směrnice SÚJB VDS 019/1995. Revize 5.1, 2015
- [6] Uživatelská příručka k obsluze databáze systému JodDet určená pro obsluhu softwaru určeného pro registraci měřených osob. ENVINET NUVIA Group 2014
- [7] Uživatelská příručka k obsluze systému JodDet určená pro obsluhu hardwaru a měřicího softwaru systému. ENVINET NUVIA Group 2014
- [8] Návod na rozvinutí a zapojení systému JodDet. ENVINET NUVIA Group 2014
- [9] MAAE: Generic procedures for medical response during a nuclear or radiological emergency. IAEA Emergency Preparedness and Response Series EPR-MEDICAL, Vídeň 2005
- [10] Kutkov V., Buglova E., McKenna T.: Severe deterministic effects of external exposure and intake of radioactive material: basis for emergency response criteria. J. Radiol. Prot. 31, 2011, s. 237–253
- [11] MAAE: Dangerous quantities of radioactive material (D-values). IAEA Emergency Preparedness and Response Series EPR-D-VALUE, Vídeň 2006

SEZNAM SOUVISEJÍCÍCH PUBLIKACÍ A VÝSTUPŮ

Výzkumná zpráva projektu výzkumu, vývoje a inovací MV České republiky, kód projektu VF20162016050: Testování nových systémů hromadného měření radiojodu ve štítné žláze po havárii jaderně energetického zařízení. SÚRO v.v.i. 2016. (připravuje se)

SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

- a) Metodika hromadného měření radiojodu ve štítné žláze a odhadu dávky obyvatelstva za použití monitorovacího systému JodDet. Certifikovaná metodika. Metodika SÚRO 30-01-00, 2014.
- b) Metodika detekce radioaktivních látek na zasaženém území - Činnost mobilních skupin při monitorování radiační havárie. Certifikovaná metodika. SÚRO 2015.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 14 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

PŘÍLOHA I Údaje pro protokol o měření

ÚDAJE	Registrováno v systému JodDet	Požadováno systémem MonRaS	POZNÁMKA
■ PŘÍSTROJ			
Měřicí přístroj:	✓		
Sonda:	✓		
Analyzátor:	✓		
Kolimátor:	✓		
Hloubka kolimátoru:	✓		
Distanční prvek:	✓		
- NASTAVENÍ			
Měřicí okno:	✓		
Napětí sondy:	✓		
Zesílení:	✓		
Geometrie měření:	✓		
Detekční účinnost pro ¹³¹ I:	✓		
- KONTROLA FUNKCE			
Před měřeními:	✓		
Způsob kontroly:	✓		
Při měřeních:	✓		
Po skončení měření:	✓		
Odchylka od praxe:	(poznámkou)		
- ODEČÍTANÉ POZADÍ			
Průměrné pozadí bez fantomu krku:	—		
Měřicí okno:	✓		
Použitý fantom krku:	(v metodice)		
Průměrné pozadí s fantomem <i>před</i> měřením:	✓		
Průměrné pozadí s fantomem <i>při</i> měřeních:	✓		
Průměrné pozadí s fantomem <i>po</i> měření:	✓		
■ UDÁLOST popř. MĚŘENÁ SKUPINA			
Identifikace události, označení pro měření:	✓		
Místo měření:	✓		
Obec:	✓		
GPS:	✓	✓	
Měřená skupina (společná charakteristika):	✓		

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 15 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

ÚDAJE	Registrováno v systému JodDet	Požadováno systémem MonRaS	POZNÁMKA
■ IDENTIFIKACE MĚŘENÍ			
Jednoznačný kód měření:	✓	✓	
■ OSOBA			
Jméno a příjmení:	✓		
Pohlaví:	✓	✓	
Jeden z údajů: věk, datum narození, RČ:	✓	✓	
Bydliště:	✓		
Profese: (občan nebo zasahující osoba):	✓		
Výška:	✓	✓	
Váha:	✓	✓	
Známa porucha štítné žlázy:	✓		
■ HISTORIE POBYTU			
Datum a čas opuštění zamořené oblasti:	✓		
Ukrytí Ano/Ne:	✓		
Pobyt na nechráněném prostoru:	✓		
Přesun (kudy):	(poznámkou)		
Podrobnosti k ukrytí (typ úkrytu, domu):	✓		
■ JODOVÁ PROFYLAXE			
Preparát:	✓		
Okamžik podání:	✓		
Opakované podání:	✓		
Interval mezi podáním:	✓		
■ PŘÍJEM POTRAVIN			
Vlastní produkty Ano/Ne:	✓		
Voda:	✓		
Mléko:	✓		
Ovoce, zelenina:	✓		
■ ÚDAJE KE KOJENCŮM			
Kojen Ano/Ne:	(poznámkou)		
Mléčná výživa	(poznámkou)		

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 16 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

ÚDAJE	Registrováno v systému JodDet	Požadováno systémem MonRaS	POZNÁMKA
■ MĚŘENÍ			
Měření provedl (operátor, registrátor):	✓		
Okolnosti měření (teplota):	✓		
■ VÝSLEDEK MĚŘENÍ			
Aktivita ¹³¹ I ve štítné žláze (Bq):	✓	✓	
Nejistota aktivity (Bq):	✓	✓	MonRaS vyžaduje Bq
Alternativně: nejmenší významná aktivita (Bq) v případě, že není ¹³¹ I detekován	✓	✓	

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 17 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

PŘÍLOHA II Podklady pro výpočet RBE-vážené absorbované dávky ^{131}I ve štítné žláze

Hodnocení dávky ve štítné žláze ve vztahu k vážným deterministickým účinkům se provádí po upřesňujícím měření a riziko vzniku účinků se odhaduje z výpočtu absorbované dávky ve štítné žláze vážené relativní biologickou účinností RBE pro tkáňovou reakci štítné žlázy.

Absorbovaná dávka vážená relativní biologickou účinností se vypočte podle rovnice (1):

$$AD = \sum D_R \times RBE_{R} \quad (\text{suma přes všechny druhy záření } R) \quad (1)$$

kde

D_R je střední dávka ve štítné žláze od záření R (Gy) a

$RBE_{T,R}$ je relativní biologická účinnost záření R pro vyvolání deterministického účinku ve štítné žláze.

Jednotkou je Gy. Pro odlišení je ve shodě s [9] jednotka označena jako Gy-Eq (Gy-ekvivalent). Rozměr je J/kg.

Hodnota relativní biologické účinnosti RBE pro deterministické účinky ve štítné žláze má v případě vnitřního ozáření štítné žlázy hodnotu 0,2.

Riziko vzniku vážných deterministických účinků, pokud je štítná žláza kritickým orgánem, se poté odhaduje srovnáním se směrnou hodnotou $AD_{Thyroid} = 2 \text{ Gy-Eq}$.

V případě vnitřního ozáření se riziko vzniku účinků odhaduje z úvazku RBE-vážené absorbované dávky. Integrační doba pro výpočet úvazku je z důvodu optimální funkčnosti kritérií pro reakci na možný vznik deterministických účinků navržena v délce 30 dnů [10]. Konverzní faktory pro tuto integrační dobu jsou pro jednotlivé radionuklidy publikovány v dokumentech MAAE [9, 11].

30denní úvazek RBE-vážené absorbované dávky se vypočte podle rovnice (2) resp. (3)

$$AD_{inh}(30) = I_{inh} \times Ad_{inh}(30) \quad (2)$$

$$AD_{ing}(30) = I_{ing} \times Ad_{ing}(30) \quad (3)$$

kde

$AD(30)$ je RBE-vážený 30denní úvazek absorbované dávky ve štítné žláze po příjmu inhalací (*inh*) nebo požitím (*ingescí*, *ing*) (Gy-Eq)

I je příjem radionuklidu inhalací nebo požitím (Bq)

$Ad(30)$ jsou příslušné hodnoty 30denního úvazku RBE-vážené absorbované dávky po jednotkovém příjmu ^{131}I (Gy-Eq \times Bq $^{-1}$) (konverzní faktor).

Hodnoty 30denního úvazku RBE-vážené absorbované dávky po jednotkovém příjmu ^{131}I jsou uvedeny v tabulkách 1 a 2. Hodnoty retenční funkce ^{131}I ve štítné žláze, nezbytné pro výpočet příjmu, jsou uvedeny v tabulkách 3 až 5.

Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 18 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

Tabulka 1: 30denní úvazek RBE-vážené absorbované dávky ^{131}I ve štítné žláze na jednotku příjmu po akutním příjmu vdechnutím [$\text{Gy}\cdot\text{Eq}\cdot\text{Bq}^{-1}$]

30denní úvazek RBE-vážené absorbované dávky ^{131}I ve štítné žláze na jednotku příjmu po akutním příjmu vdechnutím [$\text{Gy}\cdot\text{Eq}\cdot\text{Bq}^{-1}$]							
věk							
Absorpční typ	3 m	1 r	5 r	10 r	15 r	Dospělý	Pracovník
Elementární	6,6E-07	6,4E-07	3,6E-07	1,8E-07	1,2E-07	7,4E-08	7,4E-08
F	2,8E-07	2,8E-07	1,4E-07	7,0E-08	4,2E-08	2,8E-08	4,0E-08

Tabulka 2: 30denní úvazek RBE-vážené absorbované dávky ^{131}I ve štítné žláze na jednotku příjmu po akutním příjmu požitím [$\text{Gy}\cdot\text{Eq}\cdot\text{Bq}^{-1}$]

30denní úvazek RBE-vážené absorbované dávky ^{131}I ve štítné žláze na jednotku příjmu po akutním příjmu požitím [$\text{Gy}\cdot\text{Eq}\cdot\text{Bq}^{-1}$]							
věk							
Jakýkoli absorpční typ	3 m	1 r	5 r	10 r	15 r	Dospělý	Pracovník
	7,2E-07	7,0E-07	4,0E-07	2,0E-07	1,2E-07	8,0E-08	8,0E-08

Tabulka 3: Hodnoty retenční funkce ^{131}I ve štítné žláze po příjmu 1 Bq ^{131}I typu F inhalací

Hodnoty retenční funkce ^{131}I ve štítné žláze po inhalačním příjmu 1 Bq ^{131}I typu F							
věk							
Doba od příjmu (d)	3 m	1 r	5 r	10 r	15 r	Dospělý	Pracovník
	AMAD 1 μm						AMAD 5 μm
1	8,5E-02	9,2E-02	1,0E-01	8,7E-02	9,0E-02	8,3E-02	1,2E-01
2	8,3E-02	9,3E-02	9,3E-02	8,3E-02	8,4E-02	8,0E-02	1,2E-01
3	7,6E-02	7,7E-02	8,5E-02	7,5E-02	7,7E-02	7,3E-02	1,1E-01
4	6,9E-02	6,7E-02	7,1E-02	6,7E-02	7,1E-02	6,6E-02	9,9E-02
5	6,3E-02	5,9E-02	6,4E-02	6,0E-02	6,5E-02	6,0E-02	9,1E-02
6	5,7E-02	5,2E-02	5,7E-02	5,4E-02	6,0E-02	5,5E-02	8,3E-02
7	5,2E-02	4,5E-02	5,0E-02	4,8E-02	5,4E-02	5,0E-02	7,7E-02
8	4,8E-02	4,0E-02	4,4E-02	4,3E-02	4,9E-02	4,5E-02	7,0E-02
9	4,3E-02	3,5E-02	3,9E-02	3,9E-02	4,5E-02	4,1E-02	6,4E-02
10	3,9E-02	3,0E-02	3,5E-02	3,5E-02	4,1E-02	3,7E-02	5,5E-02
20	8,5E-02	9,2E-02	1,0E-01	8,7E-02	9,0E-02	8,3E-02	1,2E-01
30	8,3E-02	9,3E-02	9,3E-02	8,3E-02	8,4E-02	8,0E-02	1,2E-01

Státní ústav radiální ochrany, v.v.i.	Metodika	List: 19 z 19
	Nasazení systému monitorování vnitřní kontaminace štítné žlázy radiojodem po havárii energetického jaderného zařízení	Datum účinnosti: 1.1.2017

Tabulka 4: Hodnoty retenční funkce ^{131}I ve štítné žláze po příjmu 1 Bq elementárního ^{131}I inhalací

Doba od příjmu (d)	Hodnoty retenční funkce ve štítné žláze po inhalačním příjmu 1 Bq elementárního ^{131}I						
	věk						
	3 m	1 r	5 r	10 r	15 r	Dospělý	Pracovník
1	1,8E-01	1,7E-01	1,7E-01	1,7E-01	1,8E-01	1,8E-01	1,8E-01
2	1,8E-01	1,6E-01	1,7E-01	1,7E-01	1,8E-01	1,8E-01	1,8E-01
3	1,6E-01	1,4E-01	1,5E-01	1,5E-01	1,5E-01	1,5E-01	1,6E-01
4	1,4E-01	1,2E-01	1,3E-01	1,3E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01
5	1,3E-01	1,1E-01	1,1E-01	1,2E-01	1,3E-01	1,3E-01	1,3E-01
6	1,2E-01	9,5E-02	1,0E-01	1,1E-01	1,2E-01	1,2E-01	1,2E-01
7	1,1E-01	8,2E-02	8,8E-02	9,8E-02	1,1E-01	1,1E-01	1,1E-01
8	1,0E-01	7,0E-02	8,0E-02	8,5E-02	9,5E-02	1,0E-01	1,0E-01
9	9,2E-02	6,4E-02	6,9E-02	7,8E-02	8,7E-02	8,7E-02	9,2E-02
10	8,0E-02	5,5E-02	6,3E-02	7,2E-02	8,0E-02	8,0E-02	8,0E-02
20	3,2E-02	1,5E-02	1,8E-02	2,3E-02	3,0E-02	3,2E-02	3,2E-02
30	1,3E-02	4,0E-03	5,6E-03	8,3E-03	1,2E-02	1,2E-02	1,3E-02

Tabulka 5: Hodnoty retenční funkce ve štítné žláze po příjmu 1 Bq ^{131}I (jakéhokoli typu) požitím

Doba od příjmu (d)	Hodnoty retenční funkce ve štítné žláze po příjmu 1 Bq ^{131}I (jakéhokoli typu) požitím						
	věk						
	3 m	1 r	5 r	10 r	15 r	Dospělý	Pracovník
1	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01	2,5E-01
2	2,4E-01	2,3E-01	2,4E-01	2,4E-01	2,4E-01	2,4E-01	2,4E-01
3	2,2E-01	2,0E-01	2,1E-01	2,2E-01	2,2E-01	2,2E-01	2,2E-01
4	2,1E-01	1,8E-01	1,8E-01	1,9E-01	2,1E-01	2,1E-01	2,1E-01
5	1,9E-01	1,5E-01	1,6E-01	1,7E-01	1,8E-01	1,8E-01	1,9E-01
6	1,7E-01	1,3E-01	1,4E-01	1,6E-01	1,7E-01	1,7E-01	1,7E-01
7	1,5E-01	1,1E-01	1,3E-01	1,4E-01	1,5E-01	1,5E-01	1,5E-01
8	1,4E-01	1,0E-01	1,1E-01	1,2E-01	1,4E-01	1,4E-01	1,4E-01
9	1,3E-01	8,7E-02	1,0E-01	1,1E-01	1,2E-01	1,2E-01	1,3E-01
10	1,2E-01	8,0E-02	8,9E-02	9,7E-02	1,1E-01	1,1E-01	1,1E-01