

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZDRAVOTNĚ SOCIÁLNÍ FAKULTA

---

**ROLE RADIAČNÍHO MONITORINGU A DOZIMETRICKÉHO  
ZABEZPEČENÍ V PRVNÍ FÁZI LOKÁLNÍ RADIAČNÍ  
MIMOŘÁDNÉ UDÁLOSTI**

diplomová práce

**doc. Dr.rer.nat. Friedo Zölzer, Ph.D.**

vedoucí práce

**Bc. Jiří Vojta**

autor práce

2011

**Vojta J.:** *The role of a radiation monitoring a dosimetric provision in the first phase of a local radiation emergency*

**Key words:** *Integrated Rescue System, Dosimetry, Radionuclide source, Source of ionizing radiation, Monitoring.*

In the last decades, the sources of ionizing radiation have been used more and in various branches of medicine, industries, agriculture and research. Like each human activity, the usage of the sources of ionizing radiation is also connected with possible occurrences of accidents and emergencies. Such events can then cause damage to a person health or the environment . The usage of sources of ionizing radiation belongs to those few human activities in the world, where a big attention is paid not only to the development of applications but also to their safety. However, despite all of it, it is not possible to eliminate the risk of accidents and emergencies. Recently, there has been some talk of possible misuses of the sources of ionizing radiation.

Such extraordinary events place high on the first response forces. One of the first response forces is Fire Rescue Service of the Czech Republic, the forces of which are located over the Czech Republic. This thesis shall provide these forces with such information that they should be able, along with the authorities responsible for the radiation protection, to evaluate the situation and minimise effects on health, lives and environment in the event of radiation extraordinary event.

The purpose of this thesis is to solve local extraordinary radiation events (such as accidents during the transport of the sources of ionizing radiation, discovery of an unknown radiator). It does not deal with nuclear emergencies and accidents of other equipment, where the scope of the event and its consequences are of nation-wide importance. The first part of the thesis includes basic terms of the ionizing radiation and radiation protection. The other part is focused on the radiation research, monitoring, response system and dosimetry devices. This part also includes materials for trainings and drills focusing on early identification of radiation hazards of an extraordinary event.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *“Role radiačního monitoringu a dozimetrické zabezpečení v první fázi lokální radiační mimořádné události“* vypracoval samostatně a použil jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Prachaticích dne 26. 07. 2011

.....

# **OBSAH**

<b>1.</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>SOUČASNÝ STAV</b>	<b>8</b>
<b>2.1</b>	<b>Všeobecné informace</b>	<b>8</b>
2.1.1	Ionizující záření	8
2.1.2	Druhy ionizujícího záření	8
2.1.3	Základní veličiny a jednotky dozimetrie ionizujícího záření	11
2.1.4	Dozimetrie ionizujícího záření	12
2.1.4.2	Dozimetrické prostředky a přístroje	13
2.1.5	Způsoby ozáření osob a metody ochrany před ozářením	14
2.1.5.1	Zevní ozáření	14
2.1.5.2	Povrchová kontaminace	15
2.1.5.3	Vnitřní kontaminace	16
2.1.6	Účinky ionizujícího záření	16
2.1.7	Radiační ochrana	19
<b>2.2</b>	<b>Radiační mimořádná událost</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Struktura radiační ochrany</b>	<b>24</b>
<b>3.</b>	<b>CÍLE PRÁCE A HYPOTÉZY</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Cíle práce</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Hypotéza</b>	<b>31</b>
<b>4.</b>	<b>METODIKA</b>	<b>32</b>
<b>5.</b>	<b>VÝSLEDKY</b>	<b>33</b>
<b>5.1</b>	<b>Předurčenost jednotek HZS ČR</b>	<b>33</b>
<b>5.2</b>	<b>Radiační monitoring při zásahu jednotek HZS při lokální radiační mimořádné události.</b>	<b>35</b>

<b>5.3</b>	<b>Analýza mezinárodních doporučení</b>	<b>43</b>
<b>5.4</b>	<b>Dozimetrické zabezpečení HZS ČR</b>	<b>47</b>
<b>5.5</b>	<b>Školení a výcvik jednotek HZS ČR</b>	<b>60</b>
5.5.1	Přeprava radioaktivních látek – obalové soubory	60
5.5.2	Označení pracovišť se zdroji ionizujícího záření	72
5.5.3	Podezření na teroristický útok	75
5.5.4	Lékařské symptomy	77
5.5.5	Výsledky radiačního průzkumu	79
<b>6.</b>	<b>DISKUZE</b>	<b>86</b>
<b>6.1</b>	<b>Aplikace systému ochranných zón v první fázi řešení mimořádné události</b>	<b>86</b>
<b>6.2</b>	<b>Zdolávání požáru s přítomností radioaktivních látek</b>	<b>90</b>
6.1.1	Provozy a místa se zdroji ionizujícího záření	91
6.1.2	Hasební látky	93
<b>7.</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>95</b>
<b>8.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>97</b>
<b>9.</b>	<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	<b>101</b>

## 1. ÚVOD

Společenské a ekonomické změny po roce 1989 otevřely v České republice nové příležitosti a přinesly výzvu pro mnohé oblasti lidské činnosti. Toto se dotklo i oboru ochrany zdraví a životního prostředí před účinky ionizujícího záření zahrnující dozimetrii. V radiační ochraně se podařilo využít v uplynulém desetiletí příznivých podmínek a projít kvalitativním vývojem.

Významnou roli přitom hrála i skutečnost, že koncem 80. let a v průběhu 90. let byla společným úsilím mezinárodních organizací – Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA), Světové zdravotnické organizace (WHO), Mezinárodního úřadu práce (ILO), Organizace pro výživu a zemědělství (FAO), Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj (OECD), Agentury pro jadernou energii (OECD/NEA) a Panamerické zdravotnické organizace (PAHO) dotvářena nová koncepce radiační ochrany, která byla vtělena do základních dokumentů, které byly vydány v řadě Safety Fundamentals „Radiation Protection and the Safety of Radiation Sources“ (IAEA Safety Series No. 120, 1996) a v řadě Safety Standards „International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources“ (IAEA Safety Series No. 115, 1996). V těchto dokumentech je vedle filosofie a principů radiační ochrany zdůrazněna i povinnost států vybudovat nezbytnou infrastrukturu pro plnění úkolů radiační ochrany a zajištění bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření. Tento systém, jehož součástí musí být nezávislý kompetentní orgán, pověřený licenční činností a dozorem nad radiační ochranou a vybavený potřebnými pravomocemi. Takový systém radiační ochrany v daném státě by měl zabezpečovat:

- ✓ kontinuitu ze soustavy odpovídajících právních norem,
- ✓ zajištění ekonomických zdrojů, prostředků a nástrojů k pokrytí všech funkcí, včetně těch, které leží mimo odpovědnost osob autorizovaných k nakládání se zdroji ionizujícího záření či činnostem vedoucím k ozáření; mezi tyto potřeby patří např. funkce státní radiační monitorovací sítě umožňující včas zjistit a

zhodnotit jakékoliv odchylky od normální radiační situace, státní politika nakládání s radioaktivními odpady, likvidace tzv. starých zátěží - koncové fáze povolených činností (např. těžby a zpracování uranových rud), a další,

- ✓ vytvoření systému vzdělávání, výchovy a výcviku kvalifikovaného personálu zajišťujícího požadované funkce systému, do kterého patří i složky IZS, kde stěžejní roli v oblasti dozimetrického zajištění zásahu převzali složky HZS.
- ✓ odpovídající vědecko-výzkumnou základnu vytvářející podmínky k zavádění moderních poznatků do praxe při nakládání se zdroji ionizujícího záření a činnostech vedoucích k ozáření.

Zákon č.18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) ukládá každému, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, povinnost dodržovat takovou úroveň radiační ochrany, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek, a omezovat ozáření fyzických osob tak, aby celkové ozáření nepřesáhlo v součtu stanovené limity ozáření. Činnostmi vedoucí k ozáření se přitom rozumí jak činnost s umělými zdroji ionizujícího záření, při níž se může zvýšit ozáření fyzických osob, kromě činnosti v případě radiační mimořádné situace, nebo činnost, při které jsou přírodní radionuklidy využívány pro své radioaktivní, štěpné nebo množivé charakteristiky, tak činnost v souvislosti s výkonem práce, která je spojena se zvýšenou přítomností přírodních radionuklidů nebo se zvýšeným vlivem kosmického záření a vede nebo by mohla vést k významnému zvýšení ozáření fyzických osob.

Zákon č. 18/1997 Sb. – Atomový zákon – a na něj navazující provádějící právní předpisy, zejména vyhláška SÚJB č. 184/1997 Sb. o zajištění požadavků na radiační ochranu, které byly přijaty v roce 1997, představují v současné době moderní právní předpisy respektující jak výše zmíněné základní dokumenty, mezinárodní doporučení ICRP č. 60 z roku 1990, tak i legislativu zemí Evropské unie (Directive No. 96/26/EURATOM).

## **2. Současný stav**

### **2.1 Všeobecné informace**

#### **2.1.1 Ionizující záření**

Ionizujícím zářením nazýváme tok hmotných částic (elektronů, protonů, neutronů) nebo fotonů elektromagnetického záření, které mají schopnost ionizovat atomy a molekuly prostředí, kterým prolétají. [10] Ionizací rozumíme vytvoření kladných nebo záporných iontů z původně elektricky neutrálních atomů.

Ionizující záření vzniká jako průvodní jev jaderných procesů atomů, jejichž jádra nejsou v čase stabilní a samovolně se mění na jádra jiná. Právě tato přeměna nestabilních jader obsahujících nadbytek energie je provázena emisí částice nebo kvanta elektromagnetického záření. Je třeba poznamenat, že z více než dvou tisíc známých nuklidů je jen 266 stabilních a ostatní, ať se nacházejí v přírodě nebo vznikají jadernými reakcemi, se více nebo méně rychle přeměňují na jiný nuklid, tj. jsou radioaktivní. [6]

Atomy, které emitují ionizující záření (tj. jsou radioaktivní) nazýváme radionuklidy. Radionuklidy rozdělujeme na přírodní a umělé. V přírodě se nacházejí tři základní rozpadové řady nazývané podle svých prvních (mateřských) prvků uranová, aktinouranová, thoriová a dále pak tzv. samostatné radioaktivní prvky (např. radioaktivní uhlík, draslík). Zdrojem umělých radionuklidů jsou jaderné reaktory a urychlovače. [10]

#### **2.1.2 Druhy ionizujícího záření**

Nestabilní jádra, která se nacházejí v přírodě, nebo jsou uměle připravená, přecházejí na stabilní uspořádání několika způsoby.



### Záření alfa [8]

Je proudem heliových jader (částic alfa), vymrštěvaných z rozpadajícího se radioaktivního jádra. Částice alfa vyletují z jader radionuklidů s velkou kinetickou (pohybovou) energií a dosahují rychlosti  $10\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . Jejich dolet je však velmi malý. V plynech je to řádově několik centimetrů, v kapalinách a pevných látkách zlomky milimetrů. Pronikavost hmotou je také malá, k jeho zadržení stačí list papíru nebo pokožka. Z hlediska účinků na živý organismus je působení zářiče alfa nejméně intenzivní, tedy, nachází-li se uvnitř těla. Záření alfa se vyskytuje u těžších a nejtěžších prvků, jako je uran a transurany.

### Záření beta [8]

Je proudem záporných elektronů z jádra o rychlosti blízké se rychlosti světla ( $300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ) při přeměně neutronu na proton, elektron a neutrimo. Záření beta proniká hmotou snadněji než záření alfa. Jeho dolet se pohybuje řádově v metrech v plynech, v kapalinách v centimetrech a v pevných látkách v milimetrech. Záření beta proniká hmotou snadněji než záření alfa, k jeho zadržení je zapotřebí několikamilimetrové hliníkové vrstvy nebo jeden až dva centimetry vody. Jeho schopnost ionizovat prostředí je nižší než u záření alfa. K nejčastějším zářičům patří stroncium, ytrium, thalium.

### Záření gama [8]

Jedná se o elektromagnetické záření tvořené fotony, které se šíří rychlostí světla. Záření gama při průchodu hmotou jen velmi slabě reaguje s přítomnými atomy, a proto se málo zeslabuje. Dolet ve vzduchu může být až několik set metrů, v pevných látkách několik centimetrů až decimetrů. Je velmi pronikavé k jeho zadržení se používá materiálů o vysoké hustotě (olověné, ocelové, betonové stínění). Záření samo neionizuje, způsobuje sekundární ionizaci v prostředí, jemuž předalo svou energii. Při adsorpci gama fotonů v látce vznikají sekundární elektrony, které vyvolávají ionizaci v nejbližším okolí. Jsou známé následující interakce: fotoefekt (adsorpce fotonu, uvolnění elektronu), Comptonův rozptyl (rozptýlený foton a uvolněný elektron), tvorba párů (pohlcení fotonu v poli jádra, vznik dvojice pozitron-elektron).

Čisté gama zářiče se vyskytují pouze u umělých radionuklidů, u přírodních radionuklidů doprovází záření gama záření alfa nebo beta.

### Rentgenové záření [8]

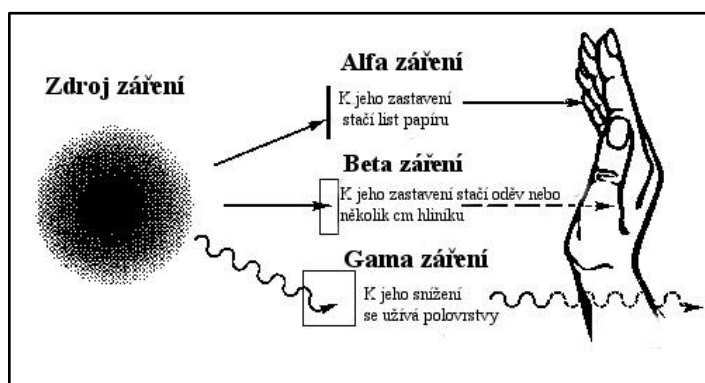
Rentgenové záření je rovněž fotonové, elektromagnetické záření. Umělým zdrojem je rentgenová trubice, kde vzniká záření při zabrzdění urychlených elektronů. Vlastnosti a interakce rentgenového záření jsou obdobné jako u gama záření.

### Neutronové záření [8]

Neutronové záření nevzniká (až na nepatrné výjimky) při radioaktivním rozpadu jader. Je produktem složitějších jaderných reakcí, například štěpení jader a je také složkou kosmického záření. Jde o proud neutronů, který je velmi pronikavý. Dá se zpomalit a odstínit pružnými srážkami s jádry lehkých prvků. Protože neutron nemá náboj, nemůže působit přímou ionizací, avšak srážkami vyvolává sekundární ionizaci. K stínění se používá vody nebo parafínu.

Podle účinků nazýváme záření alfa, beta, gama i neutronové ionizujícím zářením. Záření alfa a beta řadíme mezi přímo ionizující, gama a neutronové mezi nepřímo ionizující. U čtyř zde uvedených druhů záření má největší ionizační schopnost záření alfa, pak beta, neutrony a nakonec gama. Při každém ději, při kterém dochází k předání energie, se částice či záření o tuto energii ochudí, až nakonec dojde k jejímu zániku a pohlcení.

**Obr. č. 1 Pronikavost záření**



Zdroj: *Klinická radiobiologie*

Z hlediska ochrany před ionizujícím zářením je důležitá pronikavost (obr. č. 1) záření. Pronikavost záření alfa, beta je charakterizována doletem. Pronikavost záření gama a neutronů je vyjadřována polovrstvou (100m vzduch, 10cm tkáň, 5cm stavební látka, 2cm ocel, 1cm olovo). Jedna polovrstva zeslabí záření dvakrát a platí, že pro toto záření neexistuje žádná konečná vrstva, která by znamenala úplnou adsorpci záření. Z hlediska ochrany před zářením obecně rozděluje záření na pronikavé (gama, neutrony) a nepronikavé (alfa, beta).

### **2.1.3 Základní veličiny a jednotky dozimetrie ionizujícího záření**

#### Aktivita A [3]

Tato hlavní jednotka má zásadní význam, protože kvantitativně upřesňuje množství radioaktivity na daném místě (pracovišti, objektu). Jednotkou aktivity je 1 becquerel (Bq). Aktivitu rovnou 1 Bq má těleso z radioaktivního prvku (nuklidu), ve kterém proběhne jeden přeměnný děj za jednu sekundu. Jednotka becquerel je velmi malá, proto se v praxi používají její násobky (kBq, GBq, TBq). V praxi se aktivita vztahuje k vhodné hmotnostní, objemové, nebo plošné jednotce (např. kg, m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>) a aktivitu pak označujeme jako hmotnostní, objemovou, plošnou. Aktivita není konstantní veličina, ale veličina klesající s časem.

#### Poločas přeměny (rozpadu) T [3]

Tato veličina udává dobu, za kterou klesne počet atomů (resp. hmotnost nebo aktivita) na polovinu původní hodnoty. Jednotkou poločasu přeměny je sekunda, nebo jiná vhodná časová jednotka. Čím je poločas přeměny delší tím pomaleji se radionuklid rozpadá. Poločasy přeměny se pohybují od zlomku sekund až po tak dlouhé časy, že jsou srovnatelné s geologickými epochami zeměkoule. Např. poločas rozpadu draslíku se udává 1,25 miliardy let.

### Dávka D [3]

Tato veličina charakterizuje energii záření absorbovanou v hmotnostní jednotce ozařované látky. Jednotkou je gray Gy. Jeden gray je absorbovaná dávka jednoho joulu v jednom kilogramu látky. V praxi požární ochrany je tato veličina důležitá, protože nám umožňuje hodnotit riziko, vyplývající z ionizujícího záření při zásahu. Dále umožňuje odhadovat maximální dobu pobytu na místě zásahu.

### Dávkový příkon P [3]

Je veličina udávající změnu dávky za jednotku času. Jednotkou je  $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### Dávkový ekvivalent H [3]

Je to veličina, která se získá násobením absorbované dávky modifikujícími faktory. Tím se vyjádří rozdíl v biologické účinnosti různých druhů ionizujícího záření nebo za různých podmínek. Jednotkou je sievert Sv.

## **2.1.4 Dozimetrie ionizujícího záření**

Ionizující záření je neviditelné a není jej možné přímo vnímat lidskými smysly. Proto se ionizující záření detekuje a jeho veličiny měří v příslušných jednotkách s využitím fyzikálních vlastností záření a jeho reakcí s příslušnými látkami. Problematikou detekce a měření se zabývá obor dozimetrie ionizujícího záření. Výsledky získané měřením pomocí dozimetrických prostředků jsou základem pro hodnocení účinků ionizujícího záření na lidský organizmus.

### **2.1.4.1 Detekce ionizujícího záření**

Aby bylo možno vnímat ionizující záření lidskými smysly, využívá se pro jeho detekci známých vlastností záření a účinků na vhodné látky.

### Ionizační metoda

Je založena na principu úměrnosti velikosti ionizace a intenzitě záření. Pro měření, pomocí ionizační metody se využívá ionizačních komor, Geiger-Mullerovy trubice, porcionální počítače.

### Scintilační metoda

Scintilace je světelný záblesk, který vznikne při průchodu a adsorpci záření v látce. K detekci pomocí této metody se využívá scintilačních detektorů.

### Fotografická metoda

Nejznámější způsob, jak učinit ionizující záření viditelným, je jeho fotochemický účinek. Všechny druhy ionizujícího záření mají tu vlastnost, že jimi ozářená fotografická emulze po vyvolání zčerná. Optickým hodnocením stupně zčernání filmu lze stanovit expozici ionizujícího záření, které byl film vystaven.

### Termoluminiscenční metoda

Princip termoluminiscenční metody spočívá na látkách, které po ozáření a následném zahřátí vydávají viditelné světlo. Odezvou na ozáření je pak vhodná fotometrická veličina, většinou světelný tok.

## **2.1.4.2 Dozimetrické prostředky a přístroje**

Z hlediska způsobu dělíme dozimetrické přístroje na indikátory, dozimetry, radiometry a hlásiče radiace.

### Indikátory

Slouží ke zjištění přítomnosti radioaktivní kontaminace a k orientačnímu určení stupně kontaminace. Zjišťují záření beta i gama, které opticky a akusticky signalizují.

### Osobní dozimetry

Osobní dozimetry se využívají při stanovení dávek, dávkových ekvivalentů. Dají se rozdělit na dvě hlavní skupiny – pasivní a aktivní.

Pasivní dozimetry reagují na ionizující záření materiálovou či chemickou změnou, kterou je nutné následně vyhodnotit. Jsou to například termoluminiscenční, filmové dozimetry. Jejich hlavní nevýhodou je absence okamžité informace o obdržené dávce. Okamžitou informaci umožňují získat až aktivní elektronické dozimetry, které mohou navíc poskytovat informace o aktuálním příkonu dávkového ekvivalentu, zaznamenávat průběh ozařování a varovat uživatele při překročení přednastavených hodnot, tzv. zásahových úrovní. Získané údaje je možné odečíst s displeje, nebo přenést do počítače a dále zpracovat. Aktivním prvkem těchto přístrojů bývá Geiger-Mullerův, scintilační nebo polovodičový detektor. Největší nevýhodou těchto prostředků je potřeba napájení elektrickou energií. [20]

### Radiometry

Radiometry jsou přenosné elektronické přístroje určené pro měření dávkového příkonu, nebo plošné aktivity povrchu kontaminovaného radioaktivními látkami. Aktivním prvkem těchto přístrojů bývá zpravidla Geiger-Mullerův detektor.

### Hlásiče radiace

Jsou stacionární přístroje k měření úrovně radiace a její signalizaci i přenosu zjištěných údajů k určenému orgánu.

## **2.1.5 Způsoby ozáření osob a metody ochrany před ozářením**

### **2.1.5.1 Zevní ozáření**

Při zevním ozáření se zdroj záření nachází mimo ozařovanou osobu, na kterou dopadá pouze záření. Zevní ozáření může nastat jako celotělové nebo lokální.

K *celotělovému ozáření* dochází, když se zářič nachází v dostatečné vzdálenosti od těla, nebo když v okolí ozařované osoby se nachází rozptýlené zářiče. Jedná-li se o pronikavé záření, jsou veškeré tkáně ozařovány zhruba stejnou dávkou (tzv. rovnoměrné rozdělení dávky v organismu). Ozáření je charakteristické jednou hodnotou dávky.

*Lokální (částečné) ozáření*, nastává tehdy, když se relativně malý zářič nachází v blízkosti osoby, nebo když na osobu dopadá stíněním vycloněný úzký svazek záření, nebo je-li osoba částečně stíněna. [12]

Ochranou vůči zevnímu ozáření je stínění zářiče nebo osoby (umístování zářičů do kontejnerů, hlavic, podzemních trezorů, bazénů s vodou, zástěny, úkryty), vzdálenost (maximalizace vzdálenosti osoby od zářiče) a čas (minimalizace doby pobytu v místech s vyššími dávkovými příkony).

#### **2.1.5.2 Povrchová kontaminace**

Povrchovou kontaminací se rozumí přítomnost radionuklidů na povrchu organismu (kůže, oděv). Dochází k ní přenosem po kontaktu se zamořeným povrchem či látkou, potřísněním nebo následkem sedimentace radioaktivních aerosolů. Největší dávku, zvláště jedná-li se o radionuklid emitující záření beta, obdrží kůže.

Použitím ochranných pomůcek a ochranných oděvů částečnou adsorpcí záření beta snižuje dávkový příkon v kůži. Především však umožní ukončit expozici odložením těchto pomůcek a oděvů. Je třeba poznamenat, že adsorpce záření gama běžnými ochrannými oděvy je zanedbatelná.

Riziko závažné povrchové kontaminace představuje manipulace s otevřeným zářičem (zářič, u něhož je možný rozptyl radioaktivní látky do okolí např. kapaliny, sypké látky) reprezentující látku o vysoké aktivitě, případně sedimentace radioaktivních aerosolů. [12]

### **2.1.5.3 Vnitřní kontaminace [10]**

Vnitřní kontaminací rozumíme vniknutí radioaktivních látek do organismu. Cesty vstupu jsou ingescie, inhalace, přímý průnik neporušenou nebo porušenou pokožkou.

Chování radioaktivních látek v organismu určují jejich chemické vlastnosti. Řada látek se po požití nevstřebává a je vyloučena stolicí. Naopak mezi typicky vstřebatelnými radionuklidy jsou radiojody (ukládá se ve štítné žláze), radiocesia, radiostroncium (dlouhodobé ukládání v kostech). Po vniknutí radioaktivních látek do těla jsou ozařovány především cílové orgány (orgány obsahující radionuklid), a to až do vymizení radionuklidů fyzikálními přeměnami a biologickým vylučováním.

Ochranou vůči kontaminaci inhalací je používání ochranných masek nebo roušek. Vůči kontaminaci ingescí je to chování vylučující zavlékání radioaktivních látek do úst a v případě kontaminovaných potravin a vody jejich vyloučení z požívání.

Inhalace se stává ve srovnání se zevním ozáření závažnou tehdy, je-li vzduch kontaminován radioaktivními plyny nebo jemnými aerosoly.

Vnitřní kontaminace se může stát důležitým způsobem ozáření v případě kontaminace zemědělsky produkčních oblastí radionuklidy schopnými včleněním do potravních řetězců, případně zasažením zdrojů pitné vody.

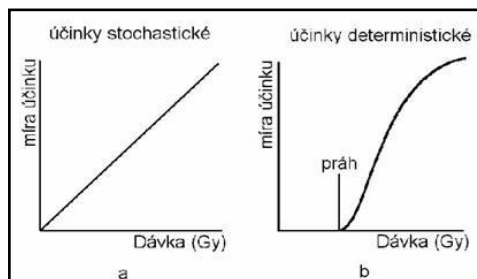
### **2.1.6 Účinky ionizujícího záření [6]**

Vzhledem k využívání ionizujícího záření v medicíně, poznatkům získaných s ozáření osob v Hirošimě a Nagasaki, osob havarijně ozářených (zejména při Černobylské havárii), studiím a laboratorním pokusům, jsou účinky ionizujícího záření na živou hmotu velmi dobře známé. I když účinky představují poměrně široké spektrum různých poruch a projevů, dělí se na dva základní druhy (obr. č. 2):



- ✓ Deterministické (vždy nastávající)
- ✓ Stochastické (náhodné)

**Obr. č. 2 účinky ionizujícího záření**



Zdroj: *Klinická radiobiologie* [10]

### Deterministické účinky

Organismus se skládá z různých orgánů (tkání) tvořených populacemi buněk plnících specifické funkce. Záření je schopno vyřadit tyto buňky z jejich funkce. Je-li takto postihnuta podstatná část buněčné populace, dochází ke ztrátě funkční schopnosti dotyčného orgánu s příslušnými projevy. Takové poškození však nastává jedině tehdy, když dávka je větší než jistá hodnota zvaná *prahová dávka*. K deterministickým účinkům se řadí:

1. *Akutní nemoc z ozáření*. Nastává pouze a zcela za výjimečných okolností, kdy dochází k jednorázovému ozáření celého těla vysokými dávkami záření. Podle závažnosti se projevuje poškozením krvetvorných orgánů, trávicího ústrojí nebo centrálního nervového systému (tab. č. 1).

Nemoc se projevuje u většiny osob po ozáření dávkou 2 Gy, prahová hodnota je kolem 0,8 Gy a závisí na individuální odolnosti. Průběh nemoci má čtyři fáze. V prvních dnech po ozáření se objevuje nevolnost, skleslost, bolesti hlavy, zvracení. Pak nastupuje období částečného ustupování příznaků (latence). Konečně se dostavuje období, kdy počáteční příznaky jsou plně rozvinuty a přistupuje padání vlasů, vnitřní krvácení a silná vnímavost vůči infekcím. Akutní nemoc

z ozáření má tři klinické formy dřevná (poškození kostní dřevě a krvetvorby), střevní (poškození střevního epitelu), neurovaskulární (poškození šedé hmoty mozkové). U lidí, kteří nemoc z ozáření přežijí, nastupuje poslední fáze rekonvalescence, kdy dochází k úplné nebo částečné úzdavě organismu.

**Tab. č. 1: Rozdělení závažnosti průběhu nemoci z ozáření.**

Stupeň závažnosti	Dávka Gy	Klinická forma	Prognóza
lehký	1-2	dřevná	zcela příznivá
střední	2-4		příznivá
těžký	4-6		poměrně příznivá
velmi těžký	6-10		poměrně nepříznivá
	10-80	střevní	zcela nepříznivá
	80	neurovaskulární	

Zdroj: *Klinická radiobiologie* [10]

2. Lokální poškození kůže označováný jako *radiační dermatitida*. Je to nejčastější typ poškození při nehodách se zdroji záření. Podle závažnosti ozáření má tři stupně s příznaky zarudnutí kůže až po hlubší poškození kožní tkáně a vznik vředů. Prahová dávka bývá kolem 3 Gy (tab. č. 2).

**Tab. č. 2: Prahové dávky radiační dermatitidy**

Radiační stupeň dermatitidy	Dávka potřebná k vyvolání daného stupně radiační dermatitidy
lehký stupeň	8-12 Gy
střední stupeň	12-20 Gy
těžký stupeň	20-25 Gy
velmi těžký stupeň	nad 25 Gy

Zdroj: *Klinická radiobiologie* [10]

3. *Poškození plodu*. Vyvíjející se lidský zárodek je vůči záření mimořádně citlivý a to zejména mezi třetím až osmým týdnem, kdy probíhá tvorba orgánů. Poškození závisí na velikosti dávky a na období kdy došlo k ozáření. Nejčastější poškozením takto ozářených dětí patří rozštěpy patra, očním defekty, mentální retardace, zakrsllost. Prahová dávka je poměrně nízká od 0,05 Gy.

4. *Poruchy plodnosti.* Nejnižší prahovou dávkou deterministických účinků je hodnota 0,15 Gy a přísluší varlatům. U nejnímavějších jedinců znamená dočasnou sterilitu se zachováním potence. Ženy jsou s tohoto hlediska méně vnímavé. Hodnoty nižší než 1,5 Gy nevyvolávají žádnou odezvu. Trvalou sterilitu u mladších žen způsobuje dávka větší než 2,5 Gy.
5. *Zákal oční čočky.* Prahová dávka je 2 Gy. Zákal se projevuje s latencí šesti měsíců až několika let po ozáření.

### Stochastické účinky

Stochastické účinky představuje rakovina a dále genetické následky, které se projevují u zárodků a potomků ozářené osoby. Tyto účinky mají jiný mechanismus vzniku. Odvíjí se od zasažení jedné buňky. Záření buňku nezabije, ale narušuje její genetickou výbavu tak, že dochází ke změnám, které po několika letech, obvykle však až po desítkách let, vyústí do rakovinového bujení. Narušení pohlavní buňky se projevuje defektními zárodky, neschopnými dokončit vývoj, případně i defektními narozenými potomky.

Problematika stochastických účinků je velice intenzívně studována nejen na laboratorních zvířatech, ale i sledováním zvýšeného výskytu rakoviny a genetických defektů u rozsáhlých souborů zvýšeně ozářených osob (Hirošima, Nagasaki, terapeutická ozáření, profesionální expozice) se závěrem, že stochastický účinek může, ale nemusí nastat po ozáření jakoukoliv dávkou, přičemž pravděpodobnost vzrůstá s hodnotou dávky (obr.č.3).

### **2.1.7 Radiační ochrana [3]**

Radiační ochranou se rozumí systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzických osob a k ochraně životního prostředí. Cílem radiační ochrany před zářeními je zabezpečit ochranu zdraví každého jednotlivce, jeho potomků a lidské populace jako celku, a to při současném využívání zdrojů záření ve prospěch člověka. Úko-

lem radiační ochrany je zabránit vzniku deterministických účinků a riziko stochastických účinků udržovat na rozumně přijatelné úrovni za uvážení sociálních a ekonomických hledisek.

K dosažení těchto cílů radiační ochrany využívá těchto základních principů:

- ✓ Zdůvodnění činností vedoucích k ozáření.
- ✓ Limitování ozáření.
- ✓ Optimalizace.
- ✓ Zajištění bezpečnosti zdrojů ionizujícího záření.

#### Zdůvodnění činností vedoucích k ozáření

Každý kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, musí dbát na to, aby toto jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout.

#### Limitování ozáření

Každý kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen omezovat ozáření tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací ozáření z činností vedoucích k ozáření nepřesáhlo stanovené limity.

Jakákoliv dávka ionizujícího záření může být spojena s určitým rizikem škodlivých účinků, takže je třeba dbát aby dávky byly co nejnižší. Pro účely hodnocení a usměrňování expozice záření byly stanoveny určité hraniční hodnoty dávek za čtvrtletí, rok a 5 let. Tyto *limity* (nejvyšší přípustné dávky) pro pracovníky se zdroji ionizujícího záření jsou stále ještě spojeny s velmi malou pravděpodobností poškození zářením. Nynější hodnota *ročního limitu* pro *pracovníky* činí **50 mSv**, *pětiletý limit* **100 mSv**. Základní limity pro *ostatní obyvatelstvo* jsou stanoveny ve výši **1 mSv/rok**.

### Optimalizace

Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo provádí zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, je povinen dodržovat takovou úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek.

### Zajištění bezpečnosti zdrojů

Bezpečnostní kultura musí usměrňovat přístupy a chování při používání zdrojů. Ochrana a bezpečnost zdrojů má být zajištěna řádným řízením, dobrou technikou, systémem zabezpečení jakosti a výcvikem a vzděláváním personálu.

## **2.2 Radiační mimořádná událost [13]**

Používání zdrojů ionizujícího záření v různých odvětvích medicíny, průmyslu, zemědělství a výzkumu v posledních desetiletích stále roste. Jako každá lidská činnost i používání zdrojů ionizujícího záření je spojeno s možností vzniku nehod a havárií. Tyto události pak mohou vést k poškození zdraví, nebo životního prostředí. Na světě je jen málo oblastí lidské činnosti, kde by se s rozvojem aplikací věnovala taková pozornost zajištění jejich bezpečnosti, jako je používání zdrojů ionizujícího záření. Přesto však nelze riziko vzniku nehod a havárií absolutně vyloučit.

*Různými mechanismy a končící velmi různorodými následky, kdy může dojít nebo dochází k nepřijatelnému uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření do životního prostředí, případně ke vzniku radiační nehody nebo radiační havárie, a tím i ke vzniku radiační mimořádné situace.*

Radiační mimořádné události lze laicky rozdělit na dvě základní skupiny. Události omezené na pracoviště (provozy) vedoucí k ohrožení či ozáření dotyčných pracovníků a na události, které mohly vést či vedly k ozáření obyvatel.

#### Události na pracovištích

Mimořádné události a především radiační nehody (*radiační nehodou rozumíme událost, která má za následek nepřipustné uvolnění radioaktivních látek nebo ionizujícího záření nebo nepřipustného ozáření osob*) vedoucí k převýšení základních limitů se na pracovištích s ionizujícím zářením nevyskytují často, ale v průběhu let se jich vyskytla řada. Z nich pouze malá část byla spojena s ozářením způsobující deterministické následky nebo dokonce smrt a z nich naprostá většina byla způsobena zevním ozářením.

Nejčtetnější skupinou jsou ozáření z uzavřených záříčů vysoce aktivních radionuklidových zdrojů, která nastala v důsledku selhání lidského faktoru a bezpečnostních opatření (ztráty záříče a nevědomý pobyt v jeho blízkosti, pobyt ve svazku při záříči v ozařovací poloze. K vysokým ozářením a úmrtím došlo v závodech na zpracování jaderného paliva, kdy z nerůznějších příčin vzniklo neočekávané nadkritické množství štěpného materiálu, řetězové reakci, intenzivní emisi neutronů a záření gama.

Méně časté jsou ozáření v důsledku rozptylu radionuklidů, způsobená vnitřní nebo povrchovou kontaminací (prasknutí ampulí, nevědomá pozření vysoce aktivní látky, atd.)

#### Události mimo pracoviště

Nejvíce mimořádných událostí mimo pracoviště se vyskytuje v souvislosti s přepravou radioaktivních látek. Nejčastější jsou při přepravě relativně málo nebezpečných záříčů přepravovaných poštou. Jedná se o vlakové a další dopravní nehody, ztráty zásilek nebo jejich obsahu, jejich poškození při přepravě a manipulacích. Tyto události vedly k podlimitním nebo nezávažným ozářením osob a k nízkým rozptylům radioaktivních látek, které nezdůvodňovaly náročnější opatření k ochraně obyvatel.

Radiační aspekty nehod dopravních prostředků přepravujících nebezpečné a vysoce nebezpečné zářiče jsou podchyceny a tlumeny přítomností informované osoby a bezprostředním posouzením možných následků a přijutím patřičných opatření. Z literatury není známa dopravní nehoda vedoucí k závažnému ozáření přepravovaných osob, osob likvidujících nehodu nebo obyvatel.

Do radiačních událostí ohrožujících obyvatele lze zařadit zaznamenané pády satelitů obsahujíc radionuklidy nebo jaderný reaktor jako zdroj energie. V minulosti docházelo také k haváriím nosičů jaderných zbraní a ne všechny byly jistě přiznány.

Zkušenosti ukazují, že k vážným ozářením dochází především tehdy, chybí-li podezření, že něco je zářičem. Příčinou je obvykle ztráta zářiče, další různá selhání a nepořádky. Typickým a tragickým případem je radiační havárie (*jako **radiační havárie** označujeme radiační nehodu, která vyžaduje opatření na ochranu obyvatelstva a životního prostředí. Důsledky radiačních havárií ovlivňují okolí pracoviště se zdroji ionizujícího záření zejména únikem radioaktivních látek do životního prostředí*) v brazilském městě Goiânia v roce 1987.

V roce 1987 došlo v Goiánii (Brazílie) k významné kontaminaci 249 lidí, 6 z těchto osob obdrželo vysoké dávky, z nichž 4 zemřeli - nálezci vyřazeného a nedbale skladovaného, terapeutického Cs-137 o aktivitě asi 51 TBq. Nálezci chtěli olověný kontejner, v němž se zdroj nacházel, prodat jako barevný kov, přitom rozebrali i zářič (šlo asi o 100g prášku sloučeniny cesia v kovovém pouzdře) a použili jej jako světélkující (zářením vyvolaná luminescence) ozdobu do vlasů. V důsledku této činnosti bylo kontaminováno území až jeden km<sup>2</sup> od místa, kde byl zářič rozebírán. Na událost se přišlo až když u osob, které rozebíraly zářič, se začaly projevovat příznaky akutní nemoci z ozáření – žaludeční a střevní potíže, krvácení, apod. Náklady na likvidaci tohoto případu - zdravotní péče o postižené, demontáž kontaminovaných domů, dekontaminace zamořeného území, likvidace kontaminovaných materiálů jako radioaktivního odpadu - představovaly miliony US dolarů.

### Klasifikace radiačních mimořádných událostí

Podle vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 318/2002 Sb. o podrobnostech k zajištění havarijní připravenosti jaderných pracovišť a pracovišť se zdroji ionizujícího záření a požadavcích na obsah vnitřního havarijního plánu a havarijního řádu existují v České republice 3 stupně radiačních událostí:

- ✓ První stupeň má lokální charakter, radiační událost je ohraničena na dané pracoviště a je řešena v rámci obsluhy nebo pracovní směny zařízení. Při vzniku tohoto druhu události nedochází k uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí.
- ✓ Druhý stupeň radiační události je definován únikem radioaktivních látek do životního prostředí bez nutnosti uplatňovat opatření pro ochranu obyvatel. Řešení události vyžaduje aktivaci zasahujících osob držitele povolení.
- ✓ Třetí stupeň radiační události vede k takovému uvolnění radioaktivních látek do životního prostředí, že je nutné uplatnit ochranná opatření pro ochranu obyvatel podle vnějšího havarijního plánu. Zasahující složky a obyvatelstvo musí být o události informováni ihned dle vnějšího havarijního plánu. Tento stupeň události je *radiační havárií*.

### Radiační mimořádná situace

Je situace, která následuje po radiační havárii nebo radiační nehodě nebo po takovém zjištění zvýšené úrovně radioaktivity nebo ozáření, které vyžadují naléhavá opatření na ochranu fyzických osob.

## **2.3 Struktura radiační ochrany**

### Instituce

*Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) [28]*

Posláním SÚJB je ochrana jednotlivce, společnosti a životního prostředí před možnými škodlivými účinky ionizujícího záření. SÚJB vykonává státní správu a dozor při využívání jaderné energie a ionizujícího záření, v oblasti radiační ochrany a v oblasti jaderné,



chemické a biologické ochrany. Jeho působnost je dána zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření.

Součástí SÚJB jsou *Regionální centra SÚJB* v Praze, Plzni, Českých Budějovicích, Ústí nad Labem, Hradci Králové, Brně a Ostravě a dvě lokální pracoviště na JE Dukovany a JE Temelín, zajišťující plnění úkolů SÚJB v přímé vazbě na regiony, v nichž se nacházejí jaderná zařízení a velmi významné zdroje ionizujícího záření. Jejich úkolem je vykonávat dozor nad radiační ochranou v regionech a koordinovat činnost sítě včasného zjištění ve svých lokalitách. Úřad řídí rozpočtovou organizaci - Státní ústav radiační ochrany (SÚRO) se sídlem v Praze a je zřizovatelem veřejné výzkumné instituce - Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i. (SÚJBCH, v.v.i.) se sídlem v Příbrami - Kamenné.

#### *Státní ústav radiační ochrany (SÚRO) [27]*

Základními funkcemi SÚRO, jsou zajištění odborné, metodické, vzdělávací, informační a výzkumné činnosti související s výkonem státní správy v ochraně před ionizujícím zářením na území České republiky. Obsah činnosti je podrobně upraven statutem z 15.11.1995, který vychází z úloh státu jako garanta přiměřené radiační ochrany. Mezi nejvýznamnější odborné činnosti ústavu patří zajištění činnosti radiační monitorovací sítě České republiky, činnost mobilní skupiny pro analýzu radiačních nehod a mimořádných událostí v terénu, systematické vyhledávání budov se zvýšenou koncentrací radonu v ČR, vedení centrálních databází pro hodnocení expozice obyvatelstva ionizujícím zářením a expertní činnost.

#### *Státní ústav jaderné biologické a chemické ochrany (SÚJBCH, v.v.i.)*

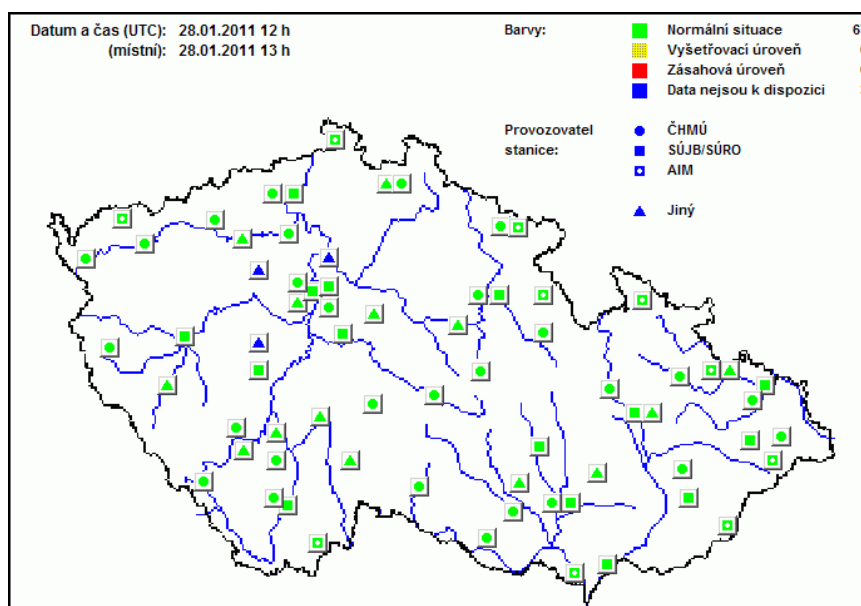
Ústav byl zřízen za účelem zajištění výzkumné a vývojové činnosti, zaměřené zejména na identifikaci a kvantifikaci radioaktivních, chemických a biologických látek, vč. hodnocení a vývoje individuálních a kolektivních prostředků ochrany člověka před těmito látkami a dekontaminaci. Jeho dalším úkolem je provádění činnosti ve veřejném zájmu, a to zejména na základě požadavků státních orgánů, organizačních složek státu a územ-

ních samosprávných celků s cílem poskytnout těmto orgánům a organizacím odborné podklady pro jejich rozhodovací činnost, pomoc při plnění jejich úkolů, včetně činnosti vzdělávací a výcvikové.

### Radiační monitorovací síť České republiky (RMS) [28]

Radiační situace na území ČR je zjišťována především pomocí Radiační monitorovací sítě (RMS) (obr. č. 3). Jejím řízením je pověřen Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Vedle něho, tj. jeho Regionálních center (RC) a Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO) a držitelů povolení k provozu jaderných zařízení, se na činnosti RMS podílejí organizace resortů Ministerstva financí (MF), Ministerstva obrany (MO), Ministerstva vnitra (MV), Ministerstva zemědělství (MZe) a Ministerstva životního prostředí (MŽP).

**Obr. č. 3. Radiační monitorovací síť České republiky**



Zdroj: Státní ústav radiační ochrany, v.v.i. [27]

Podrobnosti k funkci a organizaci RMS jsou upraveny vyhláškou 319/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 27/2007 Sb. Další požadavky na zajištění monitorování radiační situace jsou stanoveny nařízením vlády č. 11/1999 Sb. (pro zónu havarijního plánování) a

schválenými programy monitorování. Náležitosti programů monitorování, které mimo jiné stanovují rozsah monitorování okolí jaderných zařízení zajišťovaného držitelem povolení k provozu těchto zařízení, určuje vyhláška č. 307/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.

RMS pracuje ve dvou režimech, v tzv. normálním režimu, který je zaměřen na monitorování za obvyklé radiační situace, a v tzv. havarijním režimu, do něhož RMS přechází za radiační mimořádné situace. Normální režim je kontinuálně zabezpečován stálými složkami RMS, v havarijním režimu pracují rovněž pohotovostní složky. V současné době (od roku 2007) provádějí monitorování radiační situace na území ČR stále složky RMS:

- ✓ Síť včasného zjištění (SVZ), která sestává z 54 měřících bodů s automatizovaným přenosem naměřených hodnot. Jejich provoz zajišťují Regionální centra SÚJB, SÚRO, Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a Hasičský záchranný sbor (HZS) ČR; SVZ je doplněná v okolí jaderných elektráren Dukovany a Temelín teledozimetrickou sítí (TDS), kterou tvoří 24 detektorů v okolí JE Temelín a 27 detektorů u JE Dukovany.
- ✓ Teritoriální síť TLD tvořená 184 měřícími místy rozmístěnými na území ČR provozovaná SÚRO a RC SÚJB.
- ✓ Lokální síť TLD s celkem 21 měřícími místy v okolí JE Dukovany a JE Temelín provozovaná SÚRO a příslušnými RC SÚJB.
- ✓ Lokální síť TLD se 70 měřícími místy v okolí JE Dukovany a JE Temelín provozované Laboratořemi radiační kontroly okolí (LRKO) jaderných elektráren.
- ✓ Teritoriální síť 10 měřících míst kontaminace ovzduší (MMKO) provozovaných RC SÚJB, SÚRO a ČHMÚ.
- ✓ Lokální síť MMKO provozované LRKO JE Dukovany (6 stanic) a JE Temelín (7 stanic).

- ✓ Síť 12 laboratoří (laboratoře RC SÚJB, SÚRO, LRKO EDU, LRKO ETE, VÚV TGM, SVÚ), které jsou vybaveny pro kvalitativní i kvantitativní analýzy obsahu radionuklidů ve vzorcích z životního prostředí (např. v aerosolech, spadech, potravinách, pitné vodě, krmivech apod.). Jsou využívány metody spektrometrie alfa, beta, gama, další radiometrické metody a metody radiochemické analýzy (dle vybavení laboratoře).
- ✓ Významnou složkou Radiační monitorovací sítě jsou i její mobilní skupiny (SÚRO, RC SÚJB, resortů ministerstva vnitra – GŘ HZS ČR a Policie ČR a ministerstva financí – GŘ cel, ministerstva obrany, provozovatelů EDU a ETE).

### Výkonné složky

#### *Státní ústav jaderné bezpečnosti (SÚJB) [29]*

Síly a prostředky SÚJB jsou centrálně řízeny. Podpora na místě zásahu je vyžádána cestou styčného místa SÚJB a je přímo řízena Krizovým štábem SÚJB. V rámci SÚJB je zřízeno tzv. *Krizové koordinační centrum (KKC)*, které plní funkci pracoviště havarijní připravenosti a krizového řízení SÚJB a zabezpečuje nepřetržitou provozuschopnost pracoviště pro příjem informací o vzniku mimořádných událostí a jejich vyhlášení.

Mobilní síly SÚJB s příslušným vybavením jsou lokalizovány do dvou mobilních skupin v každém *regionálním centru SÚJB*. Další dvě mobilní skupiny jsou dislokovány ve *Státním ústavu radiační ochrany*.

Další síly a prostředky využitelné v případě vzniku mimořádné události jsou čtyři stacionární laboratorní skupiny.

Tyto síly a prostředky jsou schopny zajistit odbornou pomoc na místě události, poskytovat informace RMS, koordinovat monitorování radiační situace na místě zásahu, stanovit obsah radionuklidů ve složkách životního prostředí, stanovit kontaminaci osob, hodnocení ozáření osob.

### *Armáda České republiky AČR*

Disponuje monitorovací skupinou, dekontaminačními odřady, armádní radiační monitorovací sítí. Je schopna plnit pozemní a letecký průzkum, měření stupně kontaminace, provádět dekontaminaci osob, techniky a terénu, poskytovat zdravotnickou pomoc. Poskytuje plánovanou pomoc na vyžádání.

### *Policie České republiky*

Plní úkoly na místě zásahu související se zajištěním uzávěry místa zásahu a zabezpečením stanoveného pohybu osob a vozidel. Příslušníci Policie ČR nejsou obvykle vybaveni žádnými dozimetrickými prostředky ani ochrannými pomůckami využitelných při událostech spojených s radiací.

### *Zdravotnická záchranná služba*

Plní úkoly v oblasti zabezpečení neodkladné přednemocniční péče. Zdravotnická záchranná služba (dále jen ZZS) včetně letecké záchranné služby (dále jen LZS) nedisponuje stejně jako Policie ČR žádnými dozimetrickými prostředky pro indikaci a identifikaci ZIZ. Oproti Policii ČR disponuje však rouškami, které lze použít jako ochranu dýchacích cest a ochrannými rukavicemi. Stejně však jako Policie ČR musí ZZS při zjištění přítomnosti ZIZ přerušit svoji činnost a podrobit se dozimetrické kontrole a popřípadě i dekontaminaci.

### *Hasičský záchranný sbor České republiky*

Základním úkolem HZS v rámci radiační ochrany při mimořádných událostech je identifikace nebezpečí ionizujícího záření, posouzení jeho účinků, zajištění ochrany zasahujících, omezení následků při provádění záchranných prací a spolupráce při likvidaci následků události.

Dalšími úkoly jsou zajištění provedení opatření na ochranu obyvatelstva: zajištění evakuace, dekontaminace osob na místě zásahu.

HZS je odpovědný za koordinaci jednotlivých složek radiační ochrany v místě zásahu dle Zákona 239/200sb. o integrovaném záchranném systému.

### **3. CÍLE PRÁCE HYPOTÉZY**

#### **3.1 Cíle práce**

Cílem práce je:

- 1) Zhodnotit roli radiačního monitoringu při zásahu složek HZS/IZS při lokální radiační mimořádné situaci.
- 2) Porovnat nová mezinárodní doporučení s našimi platnými postupy zejména pro první fázi zásahu.
- 3) Posoudit efektivnost dozimetrického zabezpečení složek HZS/IZS.
- 4) Zpracovat podklady pro plnění školení a výcviku dozimetrických systémů

#### **3.2 Hypotéza**

Taktické postupy a dozimetrické zabezpečení HZS ČR určené pro řešení lokální radiační mimořádné události zajišťují ochranu zdraví zasahujících v souladu s mezinárodními předpisy.

#### **4. METODIKA**

Metodika práce spočívala v shromažďování informací z odborné literatury a odborné praxe. Z těchto informací byla provedena analýza platných postupů a dozimetrického zabezpečení složek HZS ČR pro zásah při lokální radiační mimořádné události a jejich porovnání s mezinárodními doporučeními. Postupy byly prakticky ověřeny v praxi při činnostech dozimetrického zabezpečení zásahové jednotky HZS Jihočeského kraje ÚO Prachatice. Ze získaných dat bylo provedeno vyhodnocení radiačního monitoringu a porovnání zjištěných skutečností s dosavadními předpisy.



## 5. VÝSLEDKY

### 5.1 Předurčenost jednotek HZS ČR [15]

Celá problematika zásahů s přítomností radioaktivních látek je u HZS ČR začleněna do oblasti zásahů s přítomností tzv. nebezpečné látky. Jednotky, které jsou vybavené, a vycvičené k řešení takovýchto mimořádných události označujeme pojmem předurčené. Předurčené jednotky se rozdělují do tří základních skupin podle jejich operační hodnoty (tab.č.3).

**Tab. č. 3: Předurčenost JPO a jejich základní činnosti pro zásah s přítomností NL**

Charakteristika	Základní jednotka	Střední jednotka	Opěrná jednotka
<b>Předpokládaná doba nasazení</b>	40 min	80 min	Nad 60 min
<b>Doba dojezdu</b>	Do 30 min	Do 40 min	Do 80 – 120 min
<b>Použití jednotky</b>	Samostatný zásah na malé havárie NL a lokální radiační události  Prvotní opatření u velkých havárií (stabilizace situace do příjezdu jednotky vyššího typu	Samostatný zásah na havárie při, kterých nepostačuje jednotka kategorie Z.  Střídání nebo jištění zasahujících hasičů.	Speciální činnosti u havárií, na které nepostačuje jednotka kategorie S, odběr vzorů zeminy, vzduchu, vody, potravin pro další analýzu.  Práce s velkými objemy NL a při rozsáhlejších radiačních událostech.  Monitorování šíření účinků události do příjezdu chemické laboratoře.
<b>Detekce</b>	Detekce výbušných koncentrací NL pomocí jednoduchých detektorů hořlavých plynů a par.  Zjišťování základních ukazatelů reakce vody a kapalin.  Rozpoznávání látek podle UN a Kemlerova kódu a dle základních označení obalů.  <i>Identifikace záření gama</i> <i>Měření dávkových příkonů.</i>  <i>Vytýčení bezpečnostní zóny pro ozáření zářením gama</i>  <i>Provedení prvotní dozimetrické kontroly u zasahujících osob.</i>	Stejně jako u jednotky základní a dále:  Detekce nebezpečných látek v územní působnosti jednotky jednoduchými detekčními prostředky: Průkazníkové trubičky s vhodným nasavačem, testovací proužky, detektory hořlavých plynů a par.  Rozpoznávání označení obalů. Základní databáze NL ve vozidle.  <i>Posouzení kontaminace radioaktivními látkami (beta zářiče).</i>  <i>Vytýčení bezpečnostní zóny kontaminace zářiči beta.</i>	Stejně jako u jednotky střední a dále:  Detekce nebezpečných látek v územní působnosti jednotky jednoduchými detekčními prostředky: Prostředky s elektrochemickými čidly.  Rozpoznávání označení obalů. Rozšířené databáze NL ve vozidle.  <i>Vytýčení nebezpečné zóny pro ozáření zářením gama.</i>  <i>Vyhledávání míst kontaminace a vytýčení nebezpečných zón kontaminace beta.</i>  <i>Odhad možnosti výskytu zdroje alfa záření, neutronového záření, nebo kontaminace radioaktivními látkami emitujícími záření alfa.</i>

Charakteristika	Základní jednotka	Střední jednotka	Opěrná jednotka
<b>Dekontaminace zasahujících hasičů a dalších složek.</b>	Dekontaminace nechráněných částí těla bezprostředně po zásahu.  Dekontaminace prostředků včetně ochranných po zásahu na místě zásahu, na základně jednotky vyššího typu	Stejně jako u jednotky základní.  Dekontaminace ochranných prostředků při výstupu z nebezpečné zóny a při střídání hasičů při zásahu.  Hrubá dekontaminace technických prostředků při střídání a po ukončení zásahových prací, pokud musí opustit nebezpečnou zónu.  <i>V případě zásahu na radioaktivní látky při výstupu z nebezpečné zóny.</i>	Stejně jako u jednotky střední.  Dekontaminační pracoviště včetně výroby teplé vody do příjezdu speciální složky Armády České republiky.
<b>Dekontaminace obyvatelstva</b>	Dekontaminace při opuštění nebo po evakuaci osob z nebezpečné zóny, pokud jednotka neprováděla zásah.  <i>Dekontaminaci osob v případě zásahu na radioaktivní látky při výstupu z bezpečnostní zóny.</i>	Stejně jako u jednotky základní.  <i>Po ukončení vlastní dekontaminace, provést dekontaminaci omezeného počtu osob, které opustily nebezpečnou zónu.</i>	Stejně jako u jednotky střední.  <i>Provést dekontaminaci osob, které opustily nebezpečnou zónu v počtu 100 osob/hod.</i>

Zdroj: *Nebezpečné látky II* [15]

V tabulce jsou popsány základní činnosti jednotek při mimořádné události s přítomností radioaktivních látek. O počtu jednotek podílejících se na provádění záchranných a likvidačních prací rozhoduje rozsah, druh a prostředí, ve kterém mimořádná událost probíhá. Úkolem jednotek na místě zásahu je provést průzkum místa události (detekce ionizujícího záření), opatření k záchraně osob a uzavření místa zásahu, přivolání pomoci, snížení bezprostředních rizik, omezení rozsahu události.

## 5.2 Radiační monitoring při zásahu jednotek HZS při lokální radiační mimořádné události.

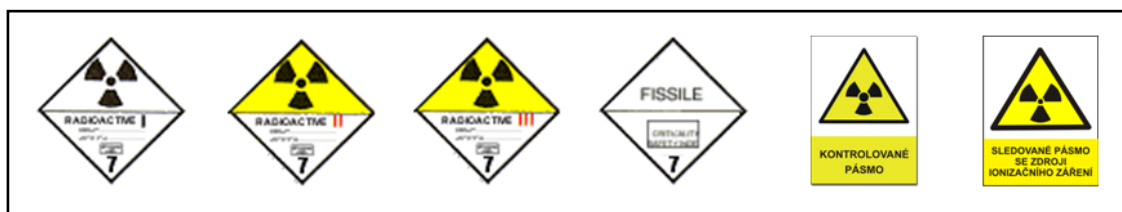
Radiační monitoring představuje systematické měření s cílem kontrolovat ozáření osob provádějících zásah a dalších osob přítomných na místě události. Je spolu s detekcí a měřením jednou ze základních činností záchranných složek na místě zásahu.

### Detekce ionizujícího záření při lokální mimořádné události

Není asi nutné zdůrazňovat, jak je při vedení zásahu důležité v místě zásahu a jeho nejbližším okolí provést prvotní průzkum. Mezi celou řadou jednotlivých dílčích činností, ze kterých se prvotní průzkum skládá, patří rovněž zjištění, zda se v místě zásahu nevykytují zdroje ionizujícího záření. Soubor úkonů vedoucí k tomuto zjištění nazýváme prvotním radiačním průzkumem.

Oproti tomu, kdy je prvotní průzkum veden již od počátku s cílem potvrdit nebo vyvrátit nahlášené podezření na výskyt radioaktivní látky, je případ, kdy není předem známo, zda se takováto látka na místě zásahu nachází podstatně složitější. Bez použití potřebné dozimetrické techniky jde většinou o neřešitelný problém. Na místě zásahu je možné zjistit určité indicie, které nám mohou poskytnout informace o přítomnosti radioaktivních látek na místě zásahu (např. znak ADR na vozidlech přepravy, nápisy „radioaktivní látka; sledované pásmo; kontrolované pásmo“ doplněné „znakem radioaktivity“, atd. (obr. č. 3).

**Obr. č. 3: Bezpečnostní a výstražné značky**



Zdroj: *Autor*

Pokud tyto informace nejsou k dispozici, je nutné se plně spolehnout na dozimetrickou techniku. Při prvotním radiačním průzkumu musí být tato technika neustále v chodu, aby mohla zasahující osoby včas varovat před zdrojem ionizujícího záření.

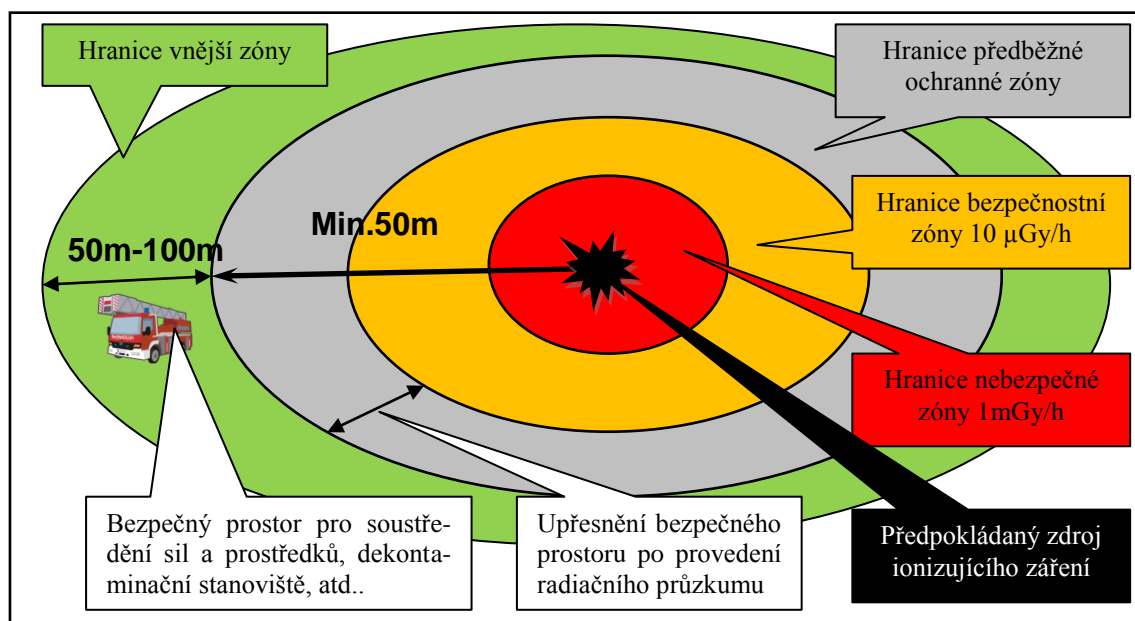
Pro prvotní radiační průzkum je nejvhodnější přístroj, který je schopen v co nejkratším čase zasahující osoby informovat o přítomnosti zdroje ionizujícího záření emitujícího záření gama (z hlediska zevního ozáření nerizikovějšího). V současné době se u HZS používají dva přístroje. Jedná se o osobní dozimetr SOR/R022 a zásahový dozimetr URAD 115.

Vlastní prvotní radiační průzkum se zahajuje tak, že se zapnutý zásahový dozimetr drží v ruce před sebou a celé místo zásahu se velmi rychle a důkladně prohlédne ze vzdálenosti, kterou viditelnost dovolí. K této vizuální části průzkumu je možné použít i dalekohled. Pokud vizuální průzkum neprokáže přítomnost indicií o přítomnosti zdrojů ionizujícího záření, je možné zahájit indikační část průzkumu. Se zapnutým zásahovým dozimetrem se místo zásahu projde ze všech stran a pokračuje se ve vizuálním průzkumu. Pokud bude zásahový dozimetr indikovat ionizující záření, nebo budou na místě zásahu nalezeny indicie přítomnosti zdrojů ionizujícího záření, je prvotní radiační průzkum ukončen a dále se postupuje dle bojového řádu jednotek PO stanovením bezpečnostní s nebezpečné zóny. Pokud není záření indikováno a na místě zásahu nejsou indicie o zdrojích ionizujícího záření, je prvotní radiační průzkum ukončen, ale zásahový dozimetr se nevypíná a zůstává v provozu po celou dobu zásahu. [17]

#### Měření ionizujícího záření při lokální radiační události

Měření se provádí zahájením měření dávkového příkonu ionizujícího záření gama po vytýčení předběžné ochranné zóny ve vzdálenosti min. 50m od předpokládaného zdroje záření. Na úrovni dávkového příkonu 10  $\mu\text{Gy/h}$  se pak stanovují hranice **bezpečnostní zóny**. Po vytýčení bezpečnostní zóny se pokračuje v měření a na úrovni dávkového příkonu 1mGy/h stanoví hranice **nebezpečné zóny**.

**Obr. č. 4: Ochranné zóny při radiační mimořádné události**



*Zdroj: Autor*

Smyslem vytýčení bezpečnostní zóny je stanovení bezpečného prostoru pro soustředění sil a prostředků záchranných složek, které se shromažďují mimo prostor bezpečnostní zóny. Bezpečný prostor pro činnost zasahujících sil (prostor vymezený pro vedení zásahu; omezuje se zde volný pohyb osob a dopravních prostředků a v tomto prostoru se prvotně provádí opatření k ochraně obyvatel např. evakuace) je ohraničen hranicí vnější zóny, jejíž poloměr je 50-100m od hranice bezpečnostní zóny. Bezpečnostní zóna je prostor, ve kterém je třeba zavést režimová opatření z hlediska radiační ochrany. Nebezpečná zóna vymezuje prostor, kde je nutné regulovat ozáření zasahujících.

Pro vytýčení bezpečnostní a nebezpečné zóny JPO užívají přednostně radiometr DC-3H-08 (obr. č. 4), případně zásahový dozimetr URAD 115. Oba typy prostředků se drží při vytyčování v ruce, přičemž je nutné důkladně proměřit dávkový příkon v celém sledovaném prostoru, tj. sledovat dávkový příkon v oblasti nohou, hlavy atd. Jako směrodatná je vždy maximální hodnota. Při vytyčování je nutné postupovat systematicky jed-

ním směrem po úrovni dávkového příkonu  $10 \mu\text{Gy/h}$ . Zóna se považuje za vytyčenou tehdy, až se vytyčující tímto postupem dostane zpět do výchozího bodu.

Vedle rizika zevního ozáření zářením gama představuje pro zasahující při zásahu spojeném s přítomností radioaktivních látek další významné nebezpečí i možnost povrchové kontaminace radionuklidy emitující záření beta. Dalším typem měření je měření radioaktivní kontaminace, tedy aktivity radionuklidů.

Měření plošné aktivity se obvykle provádí jako součást vymezení ochranných zón a během dekontaminačních prací. Pro posouzení potřeby a účinnosti dekontaminace zasahujících osob je nutné plošnou aktivitu měřit u každého zasahujícího před a po dekontaminaci. Měření musí být systematické. Osoby se považují za kontaminované, naměřili se hodnota  $3 \text{ Bq/cm}^2$  a vyšší. Aby výsledky nebyly zkreslené, musí měření probíhat v místech, kde hodnota dávkového příkonu pozadí nepřesahuje  $1 \mu\text{Gy/h}$ . Sonda přístroje musí být chráněna před kontaminací převlekem (polyetylenový sáček). Při měření je důležité mít na paměti, že je klíčové pro naměření správných hodnot správné dodržení geometrie měření tj. detekční plocha clony měřícího přístroje musí být souběžná s měřeným povrchem a vzdálenost od měřeného povrchu se musí pohybovat v rozmezí 1-3cm. Záření beta totiž patří mezi nepronikavé záření a naměřené hodnoty se vzrůstající vzdáleností detektoru od měřeného povrchu rychle klesají. [18]

K měření plošné aktivity a vytyčování ochranných zón pro záření beta se přistupuje obvykle na základě vizuálního posouzení, zda lze přítomnost kontaminantu očekávat (přítomnost aerosolů, prachů, únik kapalných nebo sypkých látek z porušených obalů), nebo na základě zjištění nadlimitních hodnot u zasahujících nebo techniky při kontrole kontaminace na dekontaminačním stanovišti. Způsob vytyčování je stejný jako u záření gama. Bezpečnostní zóna se vytyčuje na úrovni  $10 \text{ Bq/cm}^2$  a nebezpečná zóna na úrovni  $1 \text{ kBq/cm}^2$ . V případě vytyčení ochranných zón záření gama by jejich barevné označení mělo být odlišné, aby se minimalizovala možnost sekundární kontaminace.

### Monitorování při lokální mimořádné radiační události

Monitorování představuje měření s cílem kontrolovat a regulovat ozáření zasahujících a dalších osob účastnících se na události. Monitorování spočívá v proměření dávkových příkonů v místech kde je nutno provádět zásah a kde pobývaly, nebo mohou dále pobývat další osoby. O výsledcích monitorování se vede záznam včetně plánu (náčrt místa události, pozice osob při zásahu, poloha zářiče.

Po provedeném radiačním průzkumu, stanovení ochranných zón se přijmou režimová opatření související s pohybem osob na místě zásahu. Do bezpečnostní a nebezpečné zóny smí vstupovat pouze osoby provádějící zásah a osoby provádějící monitorování, přípravu a opatření k likvidaci následků události. Pohyb v zónách je omezován tak, aby nedošlo k překročení přípustných limitů (tolerovaných dávek viz tab. č. 4).

**Tabulka č. 4: Tolerované dávky ke vztahu události na místě zásahu**

<b>Regulace pobytu a pohybu osob a stanovení obdržené dávky</b>			
Rozdělení radiačních událostí z hlediska zásahu JPO			
Událost	Popis události	Tolerovatelné dávky pro zásah $D_L$	
		$\mu\text{Gy}$	mGy
I.	Událost nevede k ohrožení života, zdraví lidí a majetku např. záchyty a nálezy ZIZ.	1000	1
II.	Událost vede k ohrožení života, zdraví lidí a majetku, např. požáry a zásahy na pracovištích se ZIZ, dopravní nehody.	50 000	50
III.	Událost vede k ohrožení života většího počtu osob a vzniku rozsáhlých majetkových škod, např. radiační havárie, teroristický útok, kontaminace velkých území.	200 000	200

Zdroj: HZS ČR

#### *Postup při regulaci pohybu a pobytu*

Největším problémem je odhadnout dávky pro situace, které ještě nenastaly, tzn. odhadnout předpokládané dávky pro zasahující a na jejich základě určit předpokládanou dobu pobytu v ochranných zónách. Je třeba mít na paměti, že 100 hodin pobytu na hranici bezpečnostní zóny ( $10 \mu\text{Gy/h}$ ) může vést překročení dávky odpovídající ročnímu limitu ozáření jednotlivců obyvatelstva, tzn.  $1\text{mSv/rok}$  (viz tab.č.5).

Tabulka č. 5: Doby pobytu při zásahu pro tolerovanou dávku 1 mSv.

Doby pobytu pro zásah pro tolerovanou dávku $D_L=1$ mGy													
doba pobytu (hod)	100	50	20	10	5	3,33	2,5	2	1				
doba pobytu (min)										40	30	15	6
D-gama $\mu$ Gy/hod	10	20	50	100									
D-gama mGy/hod				0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1	1,5	2	4	10

Zdroj: HZS ČR

Pohyb na hranici nebezpečné zóny (1mGy/hod) je omezen na max. 50 hodin za rok, nebo 100 hodin za pět let. Při padesáti hodinách pobytu obdrží osoba dávku, která odpovídá maximální hodnotě limitu ozáření pro radiační pracovníky (viz tab.č.6).

Tabulka č. 6: Doby pobytu při zásahu pro tolerovanou dávku 50 mSv.

Doby pobytu pro tolerovanou dávku $D_L=50$ mGy																
doba pobytu (hod)	5000	2500	1000	500	250	100	50	25	10	5	2,5	1				
doba pobytu (min)													30	15	6	3
D-gama $\mu$ Gy/hod	10	20	50	100												
D-gama mGy/hod				0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000

Zdroj: HZS ČR

Při určování doby pobytu v nebezpečné zóně, tzn. v místech s dávkovým příkonem vyšším než 1mGy/hod. je třeba znát místo, kde bude zasahující vykonávat činnost. Na tomto místě je nutné důkladně proměřit dávkový příkon pomocí radiometru nebo zásahového dozimetru. Doba pobytu se pak vypočte jako podíl tolerované dávky (tab.č.5 a 6) pro daný typ události a maximálního dávkového příkonu v místě zásahu.

$$t = D_L / P_{\max}$$

$D_L$  je tolerovaná dávka pro zásah.

$P_{\max}$  je maximální dávkový příkon naměřený na všech místech činností.

Maximální dávkový příkon se dá odhadnout na základě poklesu záření se čtvercem vzdálenosti (tab.č.7)



**Tabulka č. 7: Odhad dávkových příkonů v různých vzdálenostech od zdroje**

<b>Přepočítání dávkových příkonů D-gama v různých vzdálenostech od zdroje na otevřeném terénu</b>																
Vzdálenost od zdroje (m)	Naměřený D-gama (μGy/hod)						Naměřený D-gama (mGy/h)									
D-gama v 1m	10	20	50	100	200	500	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
2	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500	1,25	2,5	5	12,5	25	50	125	250
5	0,4	0,8	2	4	8	20	40	80	200	400	0,8	2	4	8	20	40
10		0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1	2	5	10
20				0,25	0,5	1,25	2,5	5	12,5	25	50	125	250	500	1,25	2,5
50					0,2	0,4	0,8	2	4	8	20	40	80	200	400	
100							0,2	0,5	1	2	5	10	20	50	100	

Zdroj: HZS ČR

Stanovení obdržení dávek se provádí pomocí osobních dozimetrů (dozimetry jsou schopny při dosažení nastavené dávky zasahujícího akusticky varovat), nebo orientačně výpočtem z hodnot dávkového příkonu a skutečné doby pobytu ( $D=P \cdot t$ ; P je dávkový příkon, t je skutečná doba pobytu).

V případě radioaktivní kontaminace (za kontaminované se považují povrchy o plošné aktivitě větší než  $10 \text{ Bq/cm}^2$ ) je nutno uplatňovat přiměřená opatření vůči kontaminaci osob a kontrolovat jejich kontaminaci (tab. č. 8).

**Tabulka č. 8: Hodnocení kontaminace osoby**

Naměřená hodnota	Hodnocení kontaminace osoby	Opatření
$< 1 \text{ Bq/cm}^2$	nekontaminována	žádné
$1 - 100 \text{ Bq/cm}^2$	mírně kontaminována	očištění, převléknutí (i mimo dekontaminační místo)
$100 - 1000 \text{ Bq/cm}^2$	kontaminována	očištění, převlečení, kontrola na dekontaminačním místě
$1000 - 10\,000 \text{ Bq/cm}^2$	silně kontaminována	přednostní očištění, převlečení, kontrola na dekontaminačním místě, osobu podle možnosti izolovat
$> 10\,000 \text{ Bq/cm}^2$	velmi silně kontaminována	přednostní očištění, převlečení kontrola na dekontaminačním místě, osobu podle možnosti izolovat zajištění lékařského vyšetření

Zdroj: HZS ČR

O konzervativním vymezení hodnoty  $10 \text{ Bq/cm}^2$  z hlediska kontaminace svědčí i fakt, že teprve několikadenní existence povrchové kontaminace kůže o plošné aktivitě  $10000 \text{ Bq/cm}^2$  vedle k radiačnímu poškození kůže a deterministická poškození následkem vnitřní kontaminace nastávají až po příjmech alespoň  $10^7 \text{ Bq/cm}^2$ .

### 5.3 Analýza mezinárodních doporučení

Základním dokumentem pro řešení lokálních radiačních mimořádných událostí je manuál pro zasahující osoby prvotní reakce na radiologickou mimořádnou událost (Manual for First Responders to a Radiological Emergency). Tento manuál je zaměřen na řešení mimořádných událostí způsobené úmyslným zneužitím radioaktivních látek, či selháním lidského faktoru, které mohou nastat kdekoliv a mohou se týkat nekontrolovaných (opuštěných, ztracených, zcizených nebo nalezených) nebezpečných zdrojů ionizujícího záření, nesprávného použití nebezpečných průmyslových a lékařských zdrojů, ozáření obyvatel a jejich kontaminace neznámého původu, závažného ozáření osob, teroristického útoku a dopravní nehody.

#### Organizace místa zásahu [24]

Prvotní průzkum místa zásahu zahájit ze vzdálenosti minimálně 30 m se zaměřením na možná radiační a další rizika, ohrožené obyvatele, příznaky důležité k zajištění bezpečnosti, přítomnost výstražných značek a symbolů.

Podle manuálu se v případě zjištění indicií radiační mimořádné události na místě zásahu vymezují ochranný perimetr a bezpečnostní perimetr. Ochranný perimetr je vymezen hranicí vnitřní uzavřené zóny a bezpečnostní perimetr je stanoven hranicí vnější uzavřené zóny.

Ochranný perimetr vymezuje oblast okolo místa nálezu zdroje ionizujícího záření nebo rozptylu radioaktivní látky, kde by měla být přijata opatření k ochraně zasahujících osob a obyvatel před potenciálním vnějším ozářením a kontaminací (obdobu naší bezpečnostní a nebezpečné zóny). Určení rozměrů ochranného perimetru je zpočátku založeno na přímém pozorování důsledků mimořádné události (trosky, střeptiny a jiné příznaky vyvolané mimořádné události). Rozměr perimetru se pak může upravovat, když jsou k dispozici další informace a podrobnější výsledky radiačního monitoringu (tab.č. 9)

Další doporučení se týká vyznačení míst v ochranném perimetru, kde dávkový příkon přesahuje hodnotu 100 mSv/h. Na místech, kde je překročena tato hodnota se předpokládají pouze činnosti zasahujících osob vedoucí k záchraně života za použití všech dostupných ochranných prostředků. Doba zásahu je omezena do 30 min. Na místě zásahu, kde je překročena hodnota dávkového příkonu 1000 mSv/h jsou povoleny pouze činnosti na základě rozhodnutí experta pro radiační ochranu.

**Tab. č. 9: Rozměry ochranného perimetru**

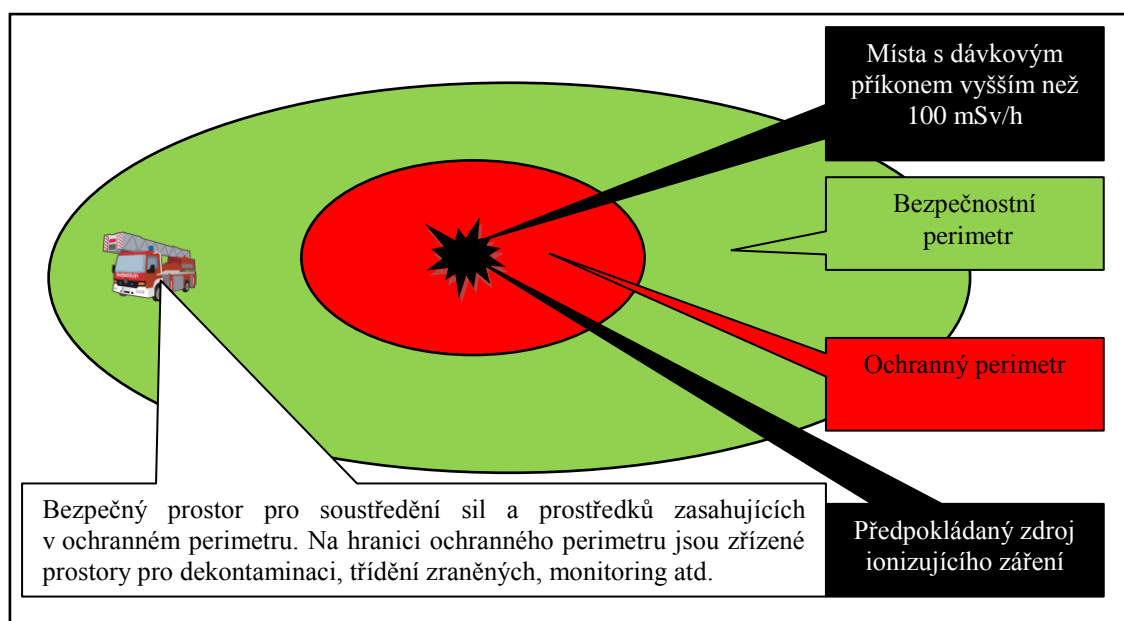
SITUACE	ROZMĚR VNITŘNÍ UZAVŘENÉ ZÓNY (OCHRANNÝ PERIMETR)
<b>UVNITŘ BUDOVY</b>	
Poškození, ztráta stínění nebo únik radionuklidů z potenciálně nebezpečného ZIZ.	Postižené a přilehlé prostory (včetně podlaží nad apod.)
Oheň nebo jiná MU zahrnující potenciálně nebezpečný ZIZ, z něhož mohou být uvolněny radionuklidy a rozptýleny po budově (např. ventilačním systémem).	Celá budova a přiměřená venkovní vzdálenost, jak je uvedeno níže.
<b>V TERÉNU</b>	
Nestíněný/neznámý, potenciálně nebezpečný uzavřený radionuklidový zdroj (poškozený – rozptyl RaL); poškozený obalový soubor třídy (označení): I-WHITE, II (III) –YELLOW [14]	Cca 30 m poloměr nebo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• dávkový příkon 100 <math>\mu</math>Sv/h (v 1m nad zemí)</li> <li>• povrchová aktivita (<math>\beta</math>, <math>\gamma</math>) 1000 Bq/cm<sup>2</sup></li> <li>• povrchová aktivita (<math>\alpha</math>) 100 Bq/cm<sup>2</sup></li> </ul>
Významný rozptyl radionuklidů z potenciálně nebezpečného ZIZ	Cca 100 m v okolí rozptylu.
Požár, exploze, vypařování RaL/ potenciálně nebezpečného ZIZ (Pu)	300 m poloměr (příp. více podle následků MU/výbuchu) nebo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• dávkový příkon 100 <math>\mu</math>Sv/h (v 1m nad zemí)</li> <li>• povrchová aktivita (<math>\beta</math>, <math>\gamma</math>) 1000 Bq/cm<sup>2</sup></li> <li>• povrchová aktivita (<math>\alpha</math>) 100 Bq/cm<sup>2</sup></li> </ul>
Podezření na bombu (potenciální RDD), potenciální/reálná exploze	> 400 m poloměr <sup>2</sup> nebo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• dávkový příkon 100 <math>\mu</math>Sv/h (v 1m nad zemí)</li> <li>• povrchová aktivita (<math>\beta</math>, <math>\gamma</math>) 1000 Bq/cm<sup>2</sup></li> <li>• povrchová aktivita (<math>\alpha</math>) 100 Bq/cm<sup>2</sup></li> </ul>

Zdroj: IAEA [24]

V tabulce uvedené a doporučené velikosti ochranného perimetru vycházejí z analýz radiačních mimořádných událostí, v nichž by mohly být použity nejvyšší aktivity zdrojů ionizujícího záření nebo radioaktivních látek, s nimiž se lze reálně sekat, a aktivity z mezinárodních doporučení pro přepravy zdrojů ionizujícího záření. Uvedené hodnoty dávkových příkonů a povrchové kontaminace vycházejí z konzervativního předpokladu, že v případě týdenního pobytu v daném prostředí osoba obdrží v důsledku vnitřního a vnějšího ozáření dávku nepřekračující hodnotu 50 mSv.

Bezpečnostní perimetr vymezuje oblast s hlídaným, zabezpečeným vstupem (obdobu naší vnější zóny). Hranice bezpečnostního perimetru by měly být vymezeny tak, aby byly snadno rozpoznatelné (manuál neudává žádné přibližné rozměry, vše je na uvážení velitele zásahu).

**Obr. č. 5: Vymezení perimetrů podle doporučení IAEA**



Zdroj: *Autor*

#### Radiační monitoring na místě události

Cílem radiačního monitoringu na místě události je zajistit, aby nedošlo k překročení stanovených dávkových limitů.

**Tab. č. 10: Doporučené nepřekročitelné dávky pro zasahující osoby dle IAEA**

Úkoly	Nepřekračovat, pokud nebude odsouhlaseno velitelem zásahu
<p><b>Život zachraňující činnosti jakými jsou:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Zásah v situacích bezprostředního ohrožení života.</li> <li>✓ Poskytování první pomoci při zraněních ohrožujících život.</li> <li>✓ Předcházení nebo zmírnění podmínek, které by mohly ohrozit život.</li> </ul>	1000 mSv
<p><b>Činnosti zaměřené na předcházení závažným zdravotním následkům:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evakuace obyvatelstva.</li> <li>✓ Monitorování životního prostředí v osídlených lokalitách za účelem identifikace míst, kde budou zdůvodněna opatření typu evakuace , ukrytí osob, zákaz distribuce potravin.</li> <li>✓ Zásah při potencionálním ohrožení s následky závažného poranění.</li> <li>✓ Neodkladné ošetření závažných zranění.</li> <li>✓ Urgentní dekontaminace osob.</li> </ul> <p><b>Činnosti zaměřené na předcházení vývoji katastrofálních podmínek jako:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Předcházení nebo hašení požáru.</li> <li>✓ Dopadení osob podezřelých z terorismu</li> </ul>	500 mSv
<p><b>Činnosti zaměřené na odvrácení významné kolektivní dávky jakými jsou:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sběr a analýza vzorků životního prostředí pro monitorování životního prostředí v osídlených lokalitách.</li> <li>✓ Lokální dekontaminace, je-li nutná pro ochranu obyvatelstva.</li> </ul>	50 mSv

Zdroj: IAEA [24]

#### *Hodnocení kontaminace osob*

Měření se provádí měřením příkonu dávky záření gama 10 cm od povrchu těla (oblečení). Je-li dávkový příkon menší než 1 $\mu$ Sv/h je osoba mírně kontaminována. Je-li dávkový příkon větší než 1 $\mu$ Sv/h je osoba kontaminována a je třeba provést její rychlou dekontaminaci. K hodnocení kontaminace zasahujících je stanovený limit dávkového příkonu 0,3  $\mu$ Sv/h. Nad tuto hodnotu je nutné provést dekontaminaci.

## 5.4 Dozimetrické zabezpečení HZS ČR [5]

Při zásahu v místech, kde se vyskytují zdroje ionizujícího záření, mohou být hasiči ozáření nebo kontaminováni. Ozáření připadá v úvahu od všech zdrojů a kontaminace u otevřených zářičů. Aby se ozáření hasičů předešlo nebo aby mohlo být optimalizováno, vybavují se jednotky vhodnými dozimetrickými prostředky. Tyto prostředky musí být schopny zjistit přítomnost záření a měřit hodnoty, jejichž znalost je potřebná pro ochranu hasičů a správnou organizaci činností v místě zásahu.

Zdroje ionizujícího záření mohou hasičům způsobit dávky především v důsledku zevního ozáření. Při zevní ozáření je nejnebezpečnější záření gama. Hasiči proto musí být vybaveni indikátory záření gama.

Při prvotním radiačním průzkumu je nutné používat prostředky, s jejichž pomocí je možné měřit intenzitu pole záření gama. Tyto prostředky nazýváme radiometry.

Při povrchové kontaminaci osob nejvyšší dávky způsobuje záření beta. Z tohoto důvodu vyplývá potřeba měřit plošnou kontaminaci zářiči emitující záření beta pomocí měřičů plošné kontaminace.

Zákon č. 18/1997 Sb. o mírovém využití jaderné energie a ionizujícího záření a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a prováděcí vyhláška č. 307/2002 Sb. o radiační ochraně ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb., ukládají ozáření zasahujících osob sledovat a regulovat. K tomuto účelu se používají přístroje nazývané dozimetry.

Z uvedených právních předpisů přímo vyplývá povinnost, aby zasahující jednotky měly při radiační zásahu k dispozici dozimetry umožňující evidenci osobních dávek jednotlivců.

Dozimetrické zabezpečení HZS ČR zajišťuje služba prozatímní osobní dozimetrie, jejímiž hlavními úkoly jsou: sledování a evidenci dávek obdržených příslušníky HZS ČR, vydávání dozimetrických měřidel, jejich kalibraci, ověřování a evidenci, školení příslušníků o rizicích ionizujícího záření a ochraně před ním a jeho evidenci.

#### Prostředky využívané prozatímní službou osobní dozimetrie

Mezi prostředky prozatímní služby osobní dozimetrie patří: Osobní dozimetr, zásahový dozimetr, zásahový radiometr, programový balík systému elektronické osobní dozimetrie, čtečka osobních dozimetrů, čtečka zásahových dozimetrů, terminál elektronické dozimetrie, obslužný software pro konfiguraci dozimetrů (program DOSSIMAS).

*Osobní dozimetr* je prostředkem příslušníků jednotek HZS krajů a záchranného útvaru a chemických laboratoří HZS ČR, popř. dalších zasahujících osob. Osobní dozimetr je určen:

- a) ke stanovení dávek zasahujících osob,
- b) ke kontrole překročení zásahových úrovní dávkového ekvivalentu.

#### **Obr. č. 6: Osobní elektronický dozimetr typu SOR/R-20**



Zdroj: HZS ČR

*Osobní elektronický dozimetr typu SOR/R-20, verze DMC* je dozimetr speciálně upravený pro potřeby HZS ČR. Detektorem záření gama je křemíková dioda. Dozimetr měří ekvivalentní dávku v rozmezí od 1  $\mu\text{Sv}$  do 10 Sv a příkon dávkového ekvivalentu v rozmezí od 10  $\mu\text{Sv/h}$  do 10 Sv/h. Má podsvícený displej a ovládá se pomocí jednoho funkčního tlačítka. Každých 10 minut je automaticky testována funkce dozimetru i na-



pájecí baterie, která zajišťuje provoz dozimetru v úrovni přirozeného pozadí po dobu až 12 měsíců. Osobní dozimetr nosí hasiči pod zásahovým oděvem na bezpečnostní tkanici vedoucí kolem krku tak, aby byl dozimetr situován na hrudi ve výšce prsou což je stanovené referenční místo u HZS ČR. Při zásahu dozimetr slouží ke stanovení obdržených dávek a pro signalizaci překročení dvou alarmových úrovní dávky (1 mSv a 50 mSv) a dvou přednastavených úrovní příkonu dávkového ekvivalentu (20 mSv/h a 200 mSv/h). Změřenou hodnotu příkonu dávkového ekvivalentu je možné odečíst z displeje dozimetru po skončení zásahu.

*Zásahový dozimetr* je prostředkem JPO-Z, prvního a popř. dalších organizovaných výjezdů (družstev) JPO-S a JPO-O, výjezdové skupiny CHL a MV-GŘ HZS ČR k zabezpečení ochrany zasahujících osob. Zásahový dozimetr se při zásahu využívá jako:

- a) indikátor přítomnosti zdrojů záření gama,
- b) měřič příkonu dávkového ekvivalentu pro účely stanovení doby pobytu zasahujících,
- c) přístroj k vytyčování bezpečnostní zóny pro ozáření zářením gama,
- d) operativní dozimetr s možností přímého odečtu dávkového ekvivalentu k orientačnímu posouzení překročení zásahových úrovní.

**Obr. č. 7: Zásahový dozimetr Ultra-Radiac URAD 115**



Zdroj: HZS ČR

*Ultra-Radiac URAD 115* umožňuje měřit PDE od 0.1  $\mu\text{Sv/h}$  do 5 Sv/h a ekvivalentní dávku od 0.01  $\mu\text{Sv}$  do 10 Sv. Oproti obdobným přístrojům má výrazně rychlejší odezvu; interval aktualizace hodnot je po jedné sekundě. Je lehce ovladatelný pomocí šesti funkčních tlačítek a má automatické přepínání rozsahů. Pro komunikaci se čtečkou a dalšími doplňky je vybaven infračerveným portem. Hodnoty se zobrazují na přehledném displeji, který je možno přisvítit. Na dozimetru lze nastavit dvě úrovně signalizace („dolní“ a „horní“), a to jak pro ekvivalentní dávku, tak pro PDE. V podmínkách HZS ČR plní dolní úroveň signalizace PDE funkci indikace přítomnosti zdroje záření gama, horní úroveň indikuje nebezpečí „značného ozáření“. Dolní úroveň signalizace ekvivalentní dávky se nastavuje jako úroveň výstražná, horní úroveň jako limitní. Pro optickou signalizaci alarmu slouží dvoubarevné LED umístěné pod displejem (levá pro signalizaci alarmu dávkového příkonu, pravá pro signalizaci kumulované dávky). Přístroj umožňuje též signalizaci akustickou a vibrační. Pro účely dohledávání zdroje ionizujícího záření je vybaven možností akustického sledování četnosti impulzů. Napájení zajišťují čtyři kusy AAA alkalických nebo dobíjecích NiMH baterií. Životnost baterií činí v úsporném režimu až 150 hodin, při plné zátěži asi 10 hodin. Přístroj splňuje požadavky normy MIL-STD 810 pro použití v podmínkách jaderného konfliktu, je vodotěsný do hloubky jednoho metru, odolný proti nárazu, vibracím, záření a je bezpečný ve výbušném prostředí.

*Zásahový radiometr* je prostředkem JPO-S, JPO-O, výjezdových skupin CHL a záchranného útvaru. Zásahový radiometr je při zásahu využíván pro:

- a) vyhledávání zdrojů záření gama,
- b) vyhledávání míst kontaminace,
- c) kontrolu kontaminace osob, techniky a věcných prostředků,
- d) vytyčování bezpečnostní a nebezpečné zóny pro ozáření zářením gama,
- e) vytyčování bezpečnostní a nebezpečné zóny pro kontaminaci,
- f) stanovení doby pobytu zasahujících osob,
- g) dálkové monitorování radiační situace v místě zásahu,
- h) stanovení hodnot příkonu dávkového ekvivalentu,

- i) stanovení hodnot plošné aktivity,
- j) stanovení orientační hodnoty dávkového ekvivalentu,
- k) indikaci překročení zásahových úrovní.

**Obr. č. 8: Zásahový radiometr DC-3H-08**



Zdroj: HZS ČR

*Zásahový radiometr DC-3H-08* je určen pro operné a střední jednotky HZS včetně chemických laboratoří HZS ČR. Je určen pro radiační průzkum a kontrolu kontaminace a rozšiřuje vlastnosti dnes již zastaralého radiometru DC-3E-83. Přístroj má robustní konstrukci a je určen pro měření v terénu. Měří příkon kermy ve vzduchu (0.1  $\mu\text{Gy/h}$  až 10 mGy/h), příkon prostorového dávkového ekvivalentu (100  $\mu\text{Sv/h}$  až 1Sv/h) a plošnou aktivitu (0.3 Bq/cm<sup>2</sup> až 30 kBq/cm<sup>2</sup>). Umožňuje provádět radiační průzkum, kontrolu kontaminace osob a předmětů, zjišťovat dávku a přípustné doby pobytu pro zadané hodnoty tolerovatelné dávky. Slouží i jako indikátor přítomnosti ionizujícího záření gama. Radiometr je složen ze dvou samostatných dílů (detekční a vyhodnocovací jednotky), které spolu mohou komunikovat pomocí Bluetooth. Detektor SBT-10 je uložen na spodní straně jednotky a umožňuje měření příkonu kermy ionizujícího záření gama ve vzduchu a plošné aktivity. Okno detektoru je kryto ochrannou mřížkou; vně mřížky je umístěna výsuvná kompenzační clona ve vodících lištách, upravující průběh energetické závislosti. Při vysunutí clony se měří záření beta a gama, se zasunutou clonou pouze záření gama. Napájení zajišťují čtyři kusy akumulátorů NiMH typu R14. Přístroj je vybaven přehledným displejem nad kterým je umístěn barograf který barevně indi-

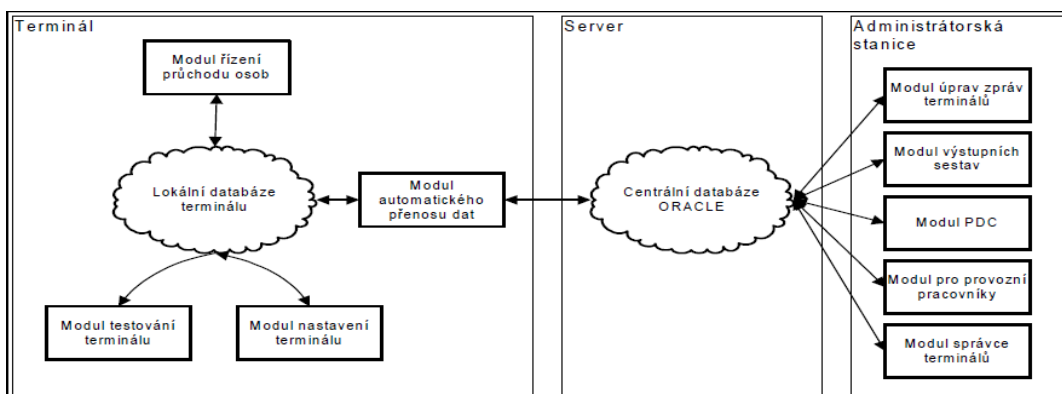
kuje velikost naměřené hodnoty. Pomocí konektoru USB je možno naměřená data uložena v paměti přenést do počítače k následnému zpracování.

*Programový balík systému elektronické osobní dozimetrie SEOD HZS je prostředkem chemické služby k vyhodnocování osobních dozimetrů a ke správě databáze uložené na serveru HZS kraje. Programový balík SEOD HZS se využívá zejména pro:*

- a) práci se čtečkou osobních dozimetrů,
- b) zařazení a správu dozimetrů, osob a středisek do Databáze,
- c) evidenci a sledování termínů školení příslušníků o rizicích spojených s ionizujícím zářením a způsoby ochrany před ním,
- d) sledování platnosti kalibrací a ověření dozimetrů a platnosti dozimetrů,
- e) nastavení provozního režimu dozimetru na skupinový nebo osobní s aktivací pohotovostního režimu,
- f) načítání záznamů o vývoji dávky z elektronické paměti (historie) dozimetru,
- g) vyhodnocení záznamů historie, přiřazení dávek osobám a jejich opravy,
- h) vytváření sestav prostředků a osob zařazených v Databázi podle zvolených kritérií (např. s ohledem na obdržené dávky, použité dozimetry, platnost kalibrace a ověření dozimetrů, proškolení osob apod.).

Systém SEOD se skládá ze tří základních částí: elektronických osobních dozimetrů, fyzické vrstvy (hardwarové) a logické vrstvy (softwarové). Systém je navržen jako univerzální tak, aby mohl komunikovat s jakýmkoliv typem elektronického osobního dozimetru libovolného výrobce. Fyzická vrstva systému je vytvořena z terminálů, administrátorských stanic a serveru systému propojených lokální počítačovou sítí. Logická vrstva systému je tvořena serverem, kde je nainstalována databáze typu ORACLE, ve které jsou archivována veškerá data systému.

**Obr. č. 9: Schéma logické vrstvy systému SEOD**



Zdroj: HZS ČR

Na administrátorských stanicích jsou instalovány moduly aplikačního softwaru pro správu systému. Na terminálech jsou instalovány softwarové moduly pro řízení procesu vstupu/výstupu osob.

Čtečka osobních dozimetrů je prostředkem JPO-S a výjezdové skupiny CHL, který se využívá pro komunikaci s osobními dozimetry rádiovou cestou. Čtečka osobních dozimetrů se využívá zejména pro:

- vyhodnocování a nulování skupinových dozimetrů, které se provádí přímo na stanicích, kde je JPO-Z a JPO-S dislokována,
- nastavování osobních dozimetrů JPO-S do pohotovostního režimu,
- načítání historie z paměti osobního dozimetru,
- obnovení stavu dozimetru po výměně zdroje napájení.

**Obr. č. 10: Čtečka osobních dozimetrů**



Zdroj: HZS ČR

*Čtečka zásahových dozimetrů* je prostředkem JPO-O, Opravárenského závodu Olomouc a výjezdové skupiny CHL, který se využívá pro komunikaci se zásahovými dozimetry metodou infračerveného přenosu a pro servisní účely. Čtečka zásahových dozimetrů s programem uRAD se využívá zejména pro:

- a) kontrolu nastavení alarmových úrovní dávky a dávkového příkonu zásahového dozimetru a jejich změnu,
- b) synchronizaci času a data v zásahovém dozimetru,
- c) načítání historie z paměti zásahového dozimetru,
- d) kontrolu nebo změnu parametrů souvisejících se záznamem do historie zásahového dozimetru (prahové úrovně dávkového příkonu a časové periody záznamu).

*Terminál elektronické dozimetrie* je prostředkem JPO-O. Je speciální zařízení na bázi přenosného počítače určené pro práci s osobními a zásahovými dozimetry. Po zapnutí spouští automaticky vlastní aplikaci, která je určena pro práci s dozimetry, zejména pro:

- a) operativní vydávání dozimetrů osobám a skupinám,
- b) zadávání údajů o osobách a dozimetrech nezařazených do Databáze do lokální databáze v místě zásahu,
- c) vyhodnocování dozimetrů v místě zásahu,
- d) uchovávání údajů zaznamenaných dozimetry v průběhu zásahu do doby propojení s Databází,
- e) nastavování a nulování zásahových dozimetrů a načítání údajů z historie.

Uchovává zaznamenané údaje ve své lokální databázi. Při spojení s Databází provádí automatickou obousměrnou synchronizaci všech údajů.

Dozimetry samy o sobě by byly jen neúplným řešením, proto byl pro každý HZS kraje za účelem sběru a evidence dávek pořízen terminál elektronických dozimetrů a čtečka zásahových dozimetrů a pro střední a opěrné jednotky čtečka osobních dozimetrů, včetně příslušného software. Jejich propojením bude možné vytvořit na národní úrovni systém sledování obdržených dávek příslušníků HZS ČR.

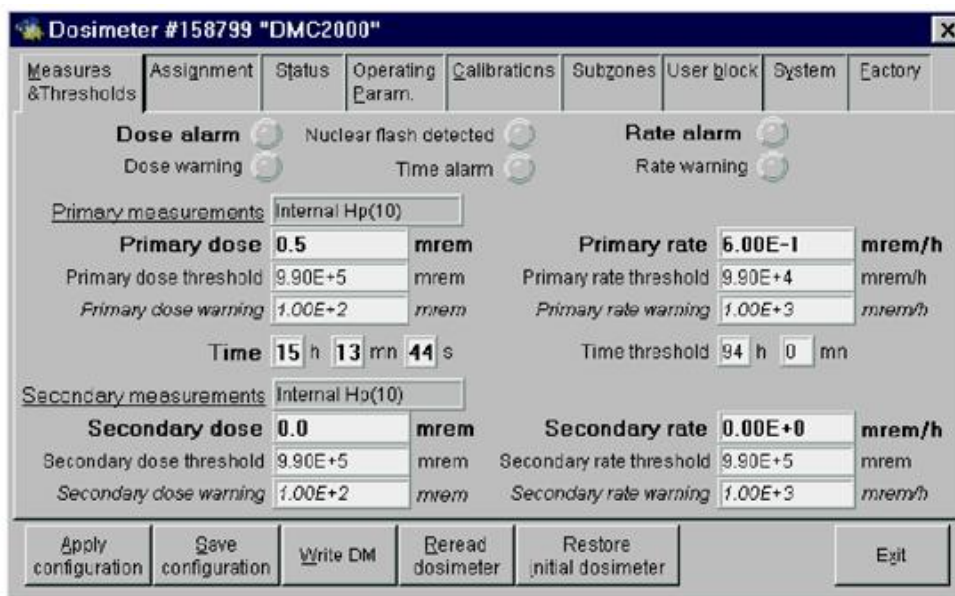
Obr. č. 11: Terminál elektronických dozimetrů s osobními dozimetry SOR/R



Zdroj: HZS ČR

Program DOSIMASS je prostředkem využívaným proškolenými osobami ve spojení se čtečkou osobních dozimetrů k práci s osobními dozimetry a pro servisní účely, zejména na pracovišti ionizujícího záření autorizovaného metrologického střediska Opravárenského závodu Olomouc.

Obr. č. 12: Uživatelské prostředí programu DOSIMASS



Zdroj: HZS ČR

Všechny osobní dozimetry zasílané na opravy, ověření a kalibrace jsou před návratem k jednotkám nastaveny programem DOSIMASS do satelitního režimu ve stavu PAUSE (tzn. změna parametrů dozimetru je možná pouze pomocí software, nikoliv pomocí tlačítka na dozimetru). Program DOSIMASS se používá zejména pro:

- a) nastavení a změny datumových a identifikačních údajů dozimetrů,
- b) změny provozního režimu dozimetrů pro účely kalibrace a ověřování,
- c) změny hodnot limitů alarmových úrovní dozimetru při kalibraci a ověřování,
- d) změny kalibračních koeficientů podle výsledků kalibrace,
- e) obnovení standardního nastavení dozimetru.

#### Osoby zabezpečující činnost prozatímní služby osobní dozimetrie

*Nositel osobního dozimetru* je osoba určená pro nošení osobního dozimetru za těchto podmínek:

- a) osobní dozimetr se nosí na krku, zavěšený na tkanici s bezpečnostní sponou; délka tkanice se upraví tak, aby osobní dozimetr byl ve středu hrudníku mezi prsy (referenční místo),
- b) osobní dozimetr se nosí pod ochranným oděvem,
- c) doba nošení dozimetru je předem stanovena; dobu nošení osobního dozimetru stanoví velitel zásahu nebo osoba jím k tomu určená.

*Nositel skupinového dozimetru* je osoba z JPO-Z nebo z prvního organizovaného výjezdu (družstva) u JPO-S nebo JPO-O, která se vyčleňuje z každé směny na celou dobu směny jako nositel skupinového dozimetru. Nositel skupinového dozimetru nemusí skupinový dozimetr nosit, je-li zaručeno, že zasahující jednotka nebude vystavena zdrojům ionizujícího záření (tj. v místech, kde byl již proveden radiační průzkum). Přitom musí být dodrženy tyto zásady:



- a) vyčlenit je třeba osobu, která se bude přímo podílet na průzkumu a likvidaci události tak, aby bylo zajištěno, že dávka této osoby bude reprezentovat dávku ostatních zasahujících osob,
- b) nositel skupinového dozimetru po skončení směny předá skupinový dozimetr určenému nositeli skupinového dozimetru následující směny,
- c) v případě neúčasti na výjezdu své směny nositel skupinového dozimetru předá skupinový dozimetr náhradnímu nositeli skupinového dozimetru a zajistí tak, aby jednotka nevyjela bez skupinového dozimetru.

#### *Správce Databáze*

- a) Je zpravidla pracovník odboru komunikačních a informačních systémů HZS kraje.
- b) Zodpovídá za instalaci serverové databázové části SEOD HZS na server HZS kraje.
- c) Přípravuje a udržuje krajskému dozimetristovi a územním dozimetristům přístup k Databázi pomocí klientské části SEOD HZS Administrátor ze všech stanic HZS kraje přes dohodnutá místa vstupu k Databázi.
- d) Zodpovídá za vyčlenění dostatečné provozní kapacity na serveru HZS kraje a pravidelně provádí zálohy Databáze.
- e) Po dohodě s krajským dozimetristou zabezpečuje vstup do Databáze pomocí nastavení bezpečnostních prvků.
- f) Podává návrhy na doplnění prvků sítě HZS kraje tak, aby bylo možno zprovoznit místa vstupu k Databázi a provádět zálohování Databáze.
- g) Ve spolupráci s krajským dozimetristou zabezpečuje, aby Databáze byla při instalaci doplněna o aktuální databázi osob (jméno, příjmení a osobní evidenční číslo, popř. další informace) a evidenční čísla středisek a zabezpečuje aktuálnost údajů v databázi.

#### *Krajský dozimetrista*

- a) Je zpravidla pracovník CHS HZS kraje.
- b) Metodicky řídí a kontroluje činnost územních dozimetristů.

- c) Řeší se správcem Databáze a územními dozimetristy zajištění dat o osobách a dozimetrech pro Databázi a o zřízení míst vstupů k Databázi.
- d) Zabezpečuje zařazení dozimetrických prostředků do Databáze.
- e) Provádí vyhodnocování osobních a zásahových dozimetrů pomocí TED a čtečky zásahových dozimetrů, včetně měsíčního vyhodnocení osobních dozimetrů výjezdové skupiny CHL a MV-GŘ HZS ČR; krajský dozimetrista HZS hl. m. Prahy spravuje dozimetry MV-GŘ HZS ČR umístěné v Praze; krajský dozimetrista HZS Moravskoslezského kraje spravuje dozimetry záchranného útvaru.
- f) Zodpovídá za používání dozimetrických prostředků v kraji a zabezpečuje, aby tyto prostředky byly ve standardním nastavení a měly platnou kalibraci a ověřovací listy; v případě závad zabezpečuje opravu dozimetrických prostředků a následnou kalibraci a ověření a vede o tom v databázi příslušné záznamy.
- g) Navrhuje optimální počty dozimetrických prostředků a další techniky tak, aby HZS kraje byl z hlediska radiační ochrany pokryt v dostatečném počtu; k tomu podává návrhy na čerpání finančních prostředků; nově získané dozimetrické prostředky začleňuje do Databáze.
- h) Zajišťuje školení územních dozimetristů k provádění činností spojených s osobními dozimetry a čtečkami ve spojení s přenosným osobním počítačem a podílí se na něm.
- i) Zajišťuje školení nositelů osobních dozimetrů, případně i uživatelů jiných dozimetrických prostředků a podílí se na něm.
- j) Zodpovídá za proškolení všech osob u HZS kraje, které se mohou v rámci zásahu dostat do styku s ionizujícím zářením a podílí se na něm; zabezpečuje, aby tyto osoby byly o rizicích spojených s ionizujícím zářením a způsoby ochrany před ním alespoň jednou ročně prokazatelně poučeni.
- k) Jednou měsíčně, vždy k 10. dni následujícího měsíce, zasílá inspektorovi PSOD soubor s vyhodnocením osobních dozimetrů (včetně skupinových) za předcházející měsíc.

- l) Jednou ročně, vždy k 10. říjnu, zasílá inspektorovi PSOD údaje zjištěné pomocí zásahových dozimetrů; inspektor PSOD může v případech hodných zvláštního zřetele vyžadovat zaslání těchto údajů i mimo uvedený termín.
- m) Podává inspektorovi PSOD návrhy na řešení případných problémů a na došetření dávek osob, které překročily vyšetřovací úroveň.

#### *Územní dozimetrista*

- a) Je zpravidla pracovník CHS územního odboru HZS kraje.
- b) Provádí vyhodnocování skupinových dozimetrů u JPO-Z a prvního organizovaného výjezdu (družstva) u JPO-S nebo JPO-O ve své působnosti s frekvencí jedenkrát měsíčně; vyhodnocování provádí čtečkou osobních dozimetrů ve spojení s přenosným osobním počítačem.
- c) podílí se na školeních nositelů dozimetrů.

#### *Inspektor PSOD*

- a) Je zpravidla pracovník Institutu ochrany obyvatelstva Lázně Bohdaneč.
- b) Navrhuje opatření pro zajištění radiační ochrany u HZS ČR.
- c) Metodicky usměrňuje činnost PSOD.
- d) Metodicky řídí krajské dozimetristy a pracovníka určeného ředitelem Opravárenského závodu Olomouc (dále jen „pracovník určený OZ“).
- e) Zajišťuje přípravu a vedení dokumentace nezbytné pro provoz PSOD.
- f) Každý měsíc přebírá od krajských dozimetristů soubory s vyhodnocením osobních dozimetrů a tyto posuzuje; ve sporných případech či případech hodných zvláštního zřetele provádí potvrzování obdržených dávek.
- g) Podle potřeby vyžaduje od krajských dozimetristů údaje odečtené ze zásahových dozimetrů a jiné údaje nezbytné k posuzování úrovně radiační ochrany osob podílejících se na zásazích,
- h) Při zjištění, že byla překročena vyšetřovací úroveň <sup>8</sup> a v jiných případech hodných zvláštního zřetele je oprávněn provádět šetření přímo u jednotky nebo CHL, kde je osoba, která dávku obdržela, zařazena; podle charakteru události přitom spolu-

pracuje se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost, popř. odbornými radiačními pracovníky jiných resortů.

#### *Pracovník určený OZ*

- a) Provádí záznamy o provedených opravách, kalibracích a ověřování dozimetrických prostředků.
- b) Zabezpečuje nastavování základních parametrů dozimetrických prostředků a standardního nastavení dozimetrů pomocí obslužných (servisních) programů.

### **5.5 Školení a výcvik jednotek HZS ČR**

Včasné rozpoznání radiačního rizika na místě události je základním předpokladem k úspěšnému provedení zásahu a minimalizaci dopadů na zdraví záchranářů i dalších účastníků mimořádné situace a životní prostředí.

K správnému a rychlému rozpoznání radiačního rizika na místě události jsou velmi důležité znalosti v oblasti:

- ✓ Přepravy radioaktivních materiálů (balení, označování)
- ✓ Využívání zdrojů ionizujícího záření (označování pracovišť)
- ✓ Zneužití zdrojů záření
- ✓ Účinků ionizujícího záření na člověka (symptomy radiačního poškození)
- ✓ Detekce ionizujícího záření (radiačního průzkumu)

#### **5.5.1 Přeprava radioaktivních látek – obalové soubory**

Radioaktivní materiály mají důležitou roli v našich životech. Jsou využívány v oblasti zdravotnictví, průmyslu, výzkumu, obrany, a výroby elektrické energie. Aby se mohly radioaktivní materiály využít, musí být jejich většina transportována z místa původu do místa zpracování, k výrobním zařízením, k uživatelům a nakonec do skladů a koneč-

ných úložišť. Ročně se tak ve světě přepraví asi dvacet milionů zásilek s radioaktivním obsahem. Jejich transport probíhá pomocí všech druhů dopravy (silniční, vlakové, letecké, lodní).

Bezpečnost přepravy radioaktivních materiálů je v České republice zajištěna celou řadou legislativních norem. Jedná se o mezinárodní dohody a úmluvy z oblasti přepravy nebezpečných věcí, mezinárodní doporučení a úmluvy z oblasti mírového využívání jaderné energie a ionizujícího záření, které jsou implementované legislativou České republiky.

Národní a mezinárodní předpisy vycházejí z doporučení Mezinárodní agentury pro atomovou energii ve Vídni (MAAE) a Mezinárodní komise pro radiační ochranu (ICRP). První vydání těchto doporučení je z roku 1961, poslední rozsáhlejší aktualizace byla provedena v roce 1990. Doporučení MAAE se týkají zejména způsobu, jakým musí být jednotlivé radioaktivní látky pro bezpečnou přepravu zabaleny a také dopravních cest železniční, silniční, vodní a letecké dopravy.

Přeprava radioaktivních látek v České republice se řídí zejména mezinárodní dohodou o přepravě nebezpečných věcí po pozemních komunikacích ADR, pravidly mezinárodní železniční přepravy nebezpečného zboží RID a vyhláškou SÚJB č. 317/2002 Sb., o typovém schvalování obalových souborů pro přepravu, skladování a ukládání jaderných materiálů a radioaktivních látek, o typovém schvalování zdrojů ionizujícího záření a o přepravě jaderných materiálů a určených radioaktivních látek (o typovém schvalování a přepravě).

Základním kamenem každé bezpečné přepravy radioaktivního materiálu představuje obalový soubor. Obalovým souborem je soubor obalů nezbytných k úplnému uzavření radioaktivního obsahu. Přitom radioaktivním obsahem je štěpný materiál nebo radioaktivní látka se všemi kontaminovanými nebo aktivovanými pevnými látkami, kapalnými látkami a plyny uvnitř obalového souboru. Obalový soubor může sestávat z jednoho

nebo více obalů, absorpčních materiálů, distančních konstrukcí, stínících prvků, pomocných zařízení pro plnění a vyprazdňování, větrání a snižování tlaku, zařízení pro chlazení, tlumičů nárazu, zařízení pro manipulaci a upevnění, tepelně izolačních prvků a rovněž ze zařízení k údržbě a opravám celého obalového souboru. Obalovým souborem může být bedna, sud nebo podobná nádoba, nebo přepravní kontejner, cisterna nebo střední kontejner na volně ložený náklad. Různé druhy sudů, obalů a kontejnerů mají především funkci izolační, musí bránit úniku radioaktivních látek do životního prostředí a naopak chránit obsah před destruktivními zásahy zvenčí. Kromě toho pak musí umožňovat snadnou manipulaci. Typ obalového souboru je volen podle charakteru (aktivity a fyzikální či chemické formy) přepravovaného radioaktivního materiálu a také podle toho, jakým dopravním prostředkem bude transport probíhat (auto, vlak, letadlo, loď). Transportní obalové soubory se dělí podle konstrukce na typy IP 1, IP 2, IP 3, A, B (M), B (U), C a obalové soubory pro tzv. vyjmuté zásilky.

**Tab. č. 11: Určení typu obalového souboru podle radioaktivního obsahu**

Radioaktivní obsah	Typ
LSA I (pevný)	Typ IP-1
LSA I (kapalný)	Typ IP-2
LSA II (pevný)	Typ IP-2
LSA II (kapalný)	Typ IP-3
LSA III	Typ IP-3
SCO I	Typ IP-1
SCO II	Typ IP-2
radioaktivní materiály do aktivity $A_1$ pro radioaktivní látky zvláštní formy	obalové soubory typu A
radioaktivní materiály do aktivity $A_2$ pro jiné než radioaktivní látky zvláštní formy	
radioaktivní materiály do aktivity stanovené v rozhodnutí o typovém schválení	obalové soubory typu B (U), B (M)
radioaktivní materiály do aktivity stanovené v rozhodnutí o typovém schválení pro leteckou přepravu štěpných materiálů	Obalové soubory typu C

Zdroj: SÚJB

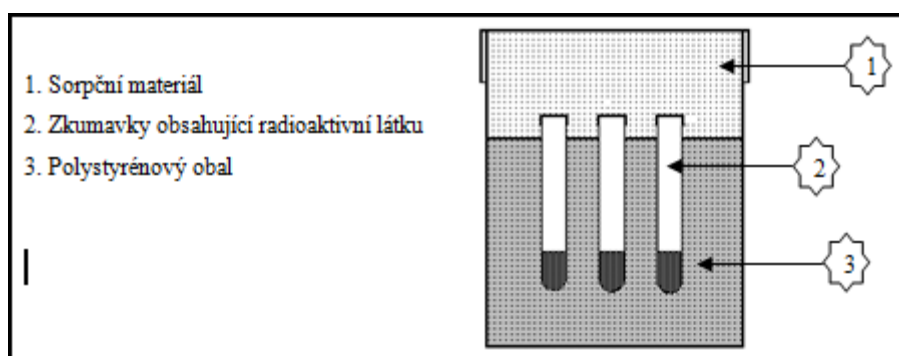
Obalovému souboru naplněnému radioaktivní látkou se říká radioaktivní zásilka. Jednotlivé typy radioaktivních zásilek musí splňovat limity aktivit a materiálová omezení. Mnohdy se však některé radioaktivní látky mohou přepravovat nebalené nebo jsou vzhledem k omezenému nebezpečí zařazeny do skupiny tzv. vyjmutých zásilek. Přepravované radioaktivní zásilky mohou být podle hmotnosti od nejmenších (řádově v dekagramech) až po největší, s hmotností přesahující 100 tun (obvykle pro vyhořelé jaderné palivo z jaderných elektráren).

### Vyjmuté zásilky

Mezi vyjmuté zásilky se řadí zásilky s omezeným množstvím radioaktivních látek, radioaktivních látek jako součástí přístrojů a výrobků, nebo prázdných obalů od radioaktivních látek.

Radioaktivní obsah je omezen na tak nízkou úroveň, že potenciální rizika jsou nevýznamná, a není nutné žádných omezení nebo stínění. Obyčejný příklad s vyjmuté zásilkou je poštovní balík používaný k přepravě radiofarmaka pro lékařské účely (obr. č. 13).

**Obr. č. 13: Příklad vyjmutých zásilek radiofarmak**



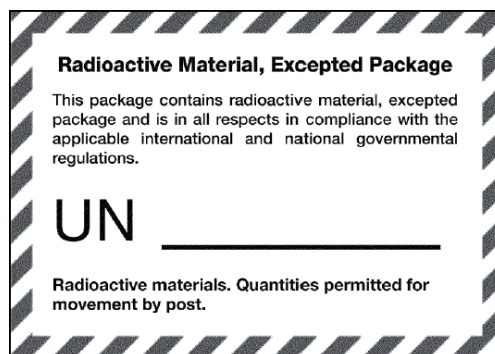
Zdroj: U. S. Department of Energy National Transportation Program

### *Označování vyjmutých zásilek*

Vyjmuté zásilky, pokud nebyly přijaty k mezinárodní poštovní přepravě, musí být označeny pouze číslem OSN, před které se předsadí písmena "UN" (obr. č. 14). Pro radioaktivní zásilky přijaté k mezinárodní poštovní přepravě platí, že povrch zásilky (vnější povrch obalového souboru) je jasně a trvanlivě označen slovy "RADIOAKTIVNÍ

LÁTKA - MNOŽSTVÍ POVOLENÁ PRO PŘEPRAVU POŠTOU, tato slova musí být přeškrtnuta křížem, jestliže se vrací prázdný obalový soubor.

**Obr. č. 14: Nálepka pro přepravu vyjmutých zásilek**



Zdroj: U. S. Department of Energy National Transportation Program

*Překlad textu na nálepce: Radioaktivní materiál, zásilka s výjimkou Tato zásilka obsahuje radioaktivní materiál, jde o zásilku s výjimkou a je ve všech ohledech v souladu s platnými mezinárodními a vnitrostátními předpisy. Radioaktivní materiály. Množství povolená pro přepravu poštou.*

#### Průmyslové zásilky Typ IP-1, IP-2, IP-3

Průmyslové zásilky (IP) se používají pro dopravu materiálů, které představují omezené nebezpečí pro veřejnost a životní prostředí. V zásadě se jedná o dva typy radioaktivního materiálu:

- ✓ materiál s nízkou aktivitou na jednotku hmotnosti (známý jako LSA- Low Specific Activity materiál). Příkladem LSA materiálu může být například nemocniční odpad.
- ✓ neradioaktivní předměty s nízkou úrovní povrchové kontaminace (známý jako SCO Surface Contaminated Objects - materiál ). Příkladem může být strojní zařízení z jaderného palivového cyklu nebo části jaderných reaktorů, jejichž povrchy byly kontaminovány.

Oba typy materiálu jsou ze své podstaty bezpečné, buď proto, že obsažená aktivita je velmi nízká, nebo proto, že materiál není snadno rozpustný. Průmyslové obaly (IP) jsou



rozděleny do tří kategorií označené jako IP-1, IP-2 a IP-3, které se liší požadavky na odolnost za běžných podmínek přepravy (tab.č.12). Požadované testy simulují normální přepravní podmínky, jako je pád z vozidla, vystavení dešti, zasažení ostrým předmětem, nebo nosnost obalu. Mezi nejčastější průmyslové obalové soubory patří ocelové sudy, střední kontejnery, cisterny (obr.č.15).

**Tab. č. 12: Požadavky na průmyslové obalové soubory**

Kritéria	IP-1	IP-2	IP-3
<b>Konstrukční kritéria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obecné požadavky pro všechny balíčky</li> <li>▪ Další požadavky odolnost vůči tlaku a teplotě pokud se jedná o leteckou přepravu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obecné požadavky pro všechny balíčky</li> <li>▪ Další požadavky odolnost vůči tlaku a teplotě pokud se jedná o leteckou přepravu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obecné požadavky pro všechny balíčky</li> <li>▪ Další požadavky odolnost vůči tlaku a teplotě pokud se jedná o leteckou přepravu</li> </ul>
<b>Požadavky pro běžný provoz</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Test volným pádem (od 0,3 do 1,2 m, v závislosti na hmotnosti zásilky)</li> <li>✓ Test stohování nebo komprese</li> </ul>	<p>Každému z těchto testů musí předcházet test odolnosti proti dešti (water spray test):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Test volným pádem (od 0,3 do 1,2 m, v závislosti o hmotnosti zásilky)</li> <li>✓ Test stohování nebo komprese</li> <li>✓ Test průraz (6 kg z výšky 1 metru)</li> </ul>

Zdroj: *World Nuclear Transport Institute*

**Obr. č. 15: Příklad průmyslového obalového souboru: Ocelový kontejner, sud**



Zdroj: *World Nuclear Transport Institute*

### Zásilky typu A

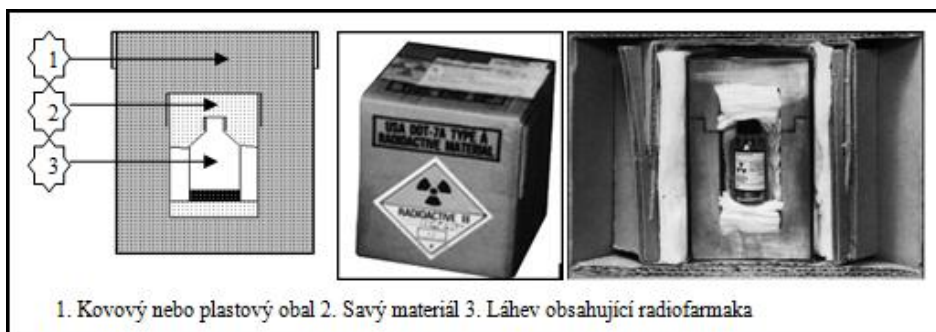
Zásilky typu A jsou používány pro přepravu relativně malých, ale významných množství radioaktivního materiálu (radioaktivního materiálu s vyšší aktivitou). Jejich obalové soubory jsou vybavené stíněním, a protože se předpokládá, že tento typ obalu by teoreticky mohl být při vážné nehodě poškozen a, že část jejich obsahu může uniknout, je množství radionuklidů, které mohou obsahovat omezeno dle doporučení MAAE. Limitování množství zajišťuje, aby rizika plynoucí z vnějšího ozáření nebo kontaminace byla při porušení obalu co nejnižší. Obalové soubory zásilek typu A jsou podrobovány testům, které simulují normální přepravní podmínky těchto podmínek (viz tab.č.13).

**Tab. č. 13: Požadavky na obalové soubory typu A**

Kritéria	Požadavky
<b>Konstrukční kritéria</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Obecné požadavky pro všechny balíčky</li><li>▪ Další požadavky odolnost vůči tlaku a teplotě pokud se jedná o leteckou přepravu</li><li>▪ Další dodatečné požadavky (těsnění, teploty, izolaci, sníženého tlaku, ventily)</li></ul>
<b>Požadavky pro běžný provoz</b>	Každému z těchto testů musí předcházet test odolnosti proti dešti (water spray test): <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Test volným pádem (od 0,3 do 1,2 m, v závislosti o hmotnosti zásilky)</li><li>✓ Test stohování nebo komprese</li><li>✓ Test průraz (6 kg z výšky 1 metru)</li></ul>

Zdroj: *World Nuclear Transport Institute*

**Obr. č. 16: Příklad obalového souboru typu A**



Zdroj: *U. S. Department of Energy National Transportation Program*

Typ zásilek A (obr.č.16) se používá pro přepravu radioizotopů pro lékařskou diagnostiku nebo terapii, pro průmyslovou defektoskopii nebo pro přepravu některých jaderných materiálů palivového cyklu.

### Zásilka typu B

Zásilka typu B je používána pro přepravu materiálů s vysokou úrovní radioaktivity. Obalové soubory typu B (obr.č.17) musí odolávat normálním přepravním podmínkám jako obalové soubory typu A, ale protože jejich obsah překročuje limity typu A, je nezbytné zajistit udržení jejich integrity (zamezení uvolnění záření nebo radioaktivních látek) i v havarijních situacích. Tento typ obalového souboru musí být schopen vydržet očekávané havarijní podmínky, bez porušení celistvosti nebo zvýšení radiace na úroveň, při které by hrozilo ohrožení široké veřejnosti a osob podílejících se provádění na záchranných a likvidačních prací. Aby tyto obalové soubory tento požadavek splnily, jsou podrobovány přísným havarijním testům (viz. tab.č.14).

**Tab. č. 14: Požadavky na obalové soubory typu B**

<b>Kritéria</b>	<b>Požadavky</b>
<b>Konstrukční kritéria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Všeobecné požadavky na všechny zásilky</li> <li>■ Další požadavky odolnost vůči tlaku a teplotě pokud se jedná o leteckou přepravu</li> <li>■ Typ A požadavky</li> <li>■ Typ B Další požadavky (vnitřní teplo generace a maximální teplota povrchu)</li> </ul>
<b>Požadavky pro běžný provoz</b>	<p>Každému z těchto testů musí předcházet test odolnosti proti dešti (water spray test):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Test volným pádem (od 0,3 do 1,2 m, v závislosti o hmotnosti zásilky)</li> <li>✓ Test stohování nebo komprese</li> <li>✓ Test průraz (6 kg z výšky 1 metru)</li> </ul>
<b>Požadavky pro případ havárie</b>	<p>Kumulativní účinky:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Volný pád z 9 metrů nebo dynamické test (pád břemene hmotnosti 500 kg z 9 metrů na vzorek)</li> <li>✓ Test odolnosti</li> <li>✓ teplotní test (oheň 800 ° C po dobu 30 minut)</li> <li>✓ ponoření (15 metrů za 8 hodin)</li> </ul> <p>Rozšířený test ponoru pro přepravu balíků velkého množství radioaktivního materiálu:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 200 m na 1 hodinu</li> </ul>

Zdroj: *World Nuclear Transport Institute*

Obalové soubory typu B mají rozsah od malých bubnů až po těžce stíněné ocelové sudy. Zásilky typu B se používají pro dopravu radioaktivního materiálu, jako jsou např. různé nezapouzdřené radioizotopy pro lékařské a výzkumné použití, vyhořelé jaderné palivo, a glazovaných vysoce aktivních odpadů.

**Obr. č. 17: Příklady obalových souborů typu B**



Zdroj: SÚJB

### Zásilky typu C

Vydání z nařízení MAAE dopravu v roce 1996 zavedla požadavek na obalový soubor typu C k přepravě více vysoce radioaktivního materiálu v letecké dopravě.

**Tab. č. 15: Požadavky na obalové soubory typu C**

Kritéria	Požadavky
<b>Konstrukční kritéria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Všeobecné požadavky na všechny zásilky</li> <li>■ Další požadavky odolnost vůči tlaku a teplotě pokud se jedná o leteckou přepravu</li> <li>■ Typ A požadavky</li> <li>■ Typ B Další požadavky (vnitřní teplo generace a maximální teplota povrchu)</li> </ul>
<b>Požadavky pro běžný provoz</b>	<p>Každému z těchto testů musí předcházet test odolnosti proti dešti (water spray test):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Test volným pádem (od 0,3 do 1,2 m, v závislosti o hmotnosti zásilky)</li> <li>✓ Test stohování nebo komprese</li> <li>✓ Test průraz (6 kg z výšky 1 metru)</li> </ul>
<b>Požadavky pro případ havárie</b>	<p>Kumulativní účinky:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Volný pád z 9 metrů nebo dynamické test (pád břemene hmotnosti 500 kg z 9 metrů na vzorek)</li> <li>✓ Test odolnosti</li> <li>✓ teplotní test (oheň 800 ° C po dobu 30 minut)</li> <li>✓ ponoření (15 metrů za 8 hodin)</li> </ul> <p>Rozšířený test rázové zkoušky (impact test):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ dopad rychlostí více než 90 m/s</li> </ul>

Zdroj: World Nuclear Transport Institute

Obalový soubor musí splňovat všechny požadavky předcházejících typů obalových souborů obalů. Tento typ obalu je stále ve vývoji.

#### Zásilky štěpných látek

Materiály jaderného palivového cyklu obsahující obohacený uran nebo plutonium jsou štěpné, tj. mohou podporovat vznik řetězové reakce. Takovéto nežádoucí situaci je zabráněno za běžných i havarijních podmínek přepravy v obalovém souboru pomocí uspořádání štěpného materiálu nebo jejich přeprava ve více zásilkách.

#### Zásilky hexafluoridu uranu

MAAE doporučení obsahuje také speciální požadavky na balíčky obsahující hexafluorid uranu. Tyto zásilky musí splňovat následující požadavky: odolat tlaku nejméně 1.4MPa, vydržet test volným pádem - pokles výšky v závislosti na hmotnosti a vydržet tepelné zkoušky při teplotě 800 ° C po dobu 30 minut.

### 5.5.2 Označování obalových souborů pro přepravu radioaktivních látek

**Tab. č. 16: Informace dostupné na obalových souborech v závislosti na typu zásilky**

Informace	Typ zásilky		
	Vyjmuté zásilky	IP-1	IP-2, IP-3, A, B, C
Číslo kontejneru	X	X	X
Typové označení zásilky		X	X
Třída 7		X	X
UN číslo	X	X	X
Radionuklid		X	X
Fyzikální a chemická forma		X	X
Maximální aktivita		X	X
Bezpečnostní značka		X	X
Transportní index		X	X
Výlučné použití		X	X
Celková aktivita zásilky			X

Zdroj: *World Nuclear Transport Institute*

Každá radioaktivní zásilka je na vnějším povrchu označena označením přepravce a příjemce, dále je označena UN kódem, údajem o skutečné hmotnosti zásilky (nad 50 kg).

Průmyslové zásilky a zásilky typu A mají na povrchu uvedené zřetelné označení typu a identifikačními znaky radioaktivní zásilky. Zásilky typu B a C musí mít toto označení navíc odolné vůči vodě a ohni. Povinné údaje jsou uvedené v tab. č. 16.

#### Průmyslová zásilka typu IP-1

a) Low Specific Activity material (LSA-I)   b) Surface Contaminated Object (SCO-I)

University of Alberta UN 2912 RADIOACTIVE MATERIAL LOW SPECIFIC ACTIVITY (LSA-I) TYPE IP-1
---

University of Alberta UN 2913 RADIOACTIVE MATERIAL SURFACE CONTAMINATED OBJECTS (SCO-I) TYPE IP-1
--

#### Průmyslová zásilka typu IP-2

a) Low Specific Activity material (LSA-II)   b) Surface Contaminated Object (SCO-II)

University of Alberta UN 3321 RADIOACTIVE MATERIAL LOW SPECIFIC ACTIVITY (LSA-II) TYPE IP-2
--

University of Alberta UN 2913 RADIOACTIVE MATERIAL SURFACE CONTAMINATED OBJECTS (SCO-II) TYPE IP-2
---

#### Zásilka typu A

a) Radioaktivní materiál zvláštní formy   b) Radioaktivní materiál jiné než zvláštní formy

University of Alberta UN 2915 RADIOACTIVE MATERIAL TYPE A PACKAGE TYPE A
--

University of Alberta UN 3333 RADIOACTIVE MATERIAL TYPE A PACKAGE SPECIAL FORM TYPE A
--

Zdroj: *World Nuclear Transport Institute*

## Zásilka typu B

Radioaktivní materiály schválené pro daný typ obalového souboru



Zdroj: *World Nuclear Transport Institute*

## Bezpečnostní značky

Všechny radioaktivní zásilky, vnější obaly a přepravní kontejnery jsou opatřeny nálepkami bezpečnostních značek podle vzorů bílá-I, žlutá II a III s výjimkou velkých přepravních kontejnerů a cisteren, pro které je dovoleno užít alternativního opatření nálepkami podle požadavků a s výjimkou přepravy štěpného materiálu podle zvláštních předpisů.

### **Bílá – I**

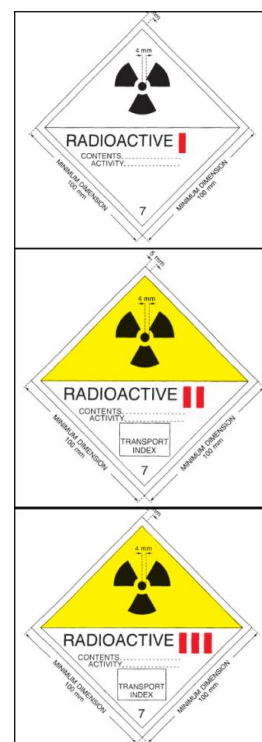
- 1) dávkový příkon na povrchu obalového souboru  $\leq 5 \mu\text{Sv/h}$
- 2) Aktivita  $>$  limit pro vyjmuté zásilky

### **Žlutá – II**

- 1)  $5 \mu\text{Sv/hr} <$  dávkový příkon na povrchu  $\leq 500 \mu\text{Sv/h}$
- 2) Transportní index  $< 1.0$

### **Žlutá – III**

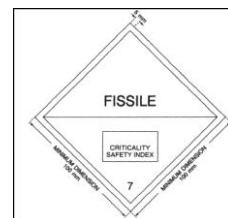
- 1) Dávkový příkon na povrchu  $> 500 \mu\text{Sv/h}$
- 2) Transportní index  $> 1.0$



Velké kontejnery



Štěpný materiál



Zdroj: ADR

### 5.5.2 Označení pracovišť se zdroji ionizujícího záření

Identifikace objektu jako pracoviště s radioaktivními zříci by měla vyplynout přímo ohlášení události. Pokud se tak nestane, k rozpoznání by mělo dojít ještě před zásahem na základě výpovědi osob pracujících v objektu nebo strážní služby. Kontrolovaná a sledovaná pásma pracovišť, okolí zdrojů i vlastní zdroje jsou označeny značkou radioaktivní zářič (obr.č.18).

Obr. č. 18: Příklady označení sledovaného a kontrolovaného pásma



Zdroj: SÚJB

Při identifikaci objektu jako pracoviště s radioaktivními zříci je nutno se co nejdříve spojit s vedoucím pracoviště nebo s dohlížejícím pracovníkem či jiným kvalifikovaným pracovníkem schopným posoudit radiační aspekty události, nebezpečnost zříciů pří-



tomných na pracovišti, možnost jejich rozptýlu a ovlivnění zásahu radiačními hledisky. Tyto informace a opatření pro jednotlivé druhy událostí jsou obsaženy v havarijním plánu, který je zpracován na každém pracovišti s radioaktivním zářičem.

#### Pracoviště s uzavřenými zářiči

Uzavřené zářiče vysokých, nebezpečných aktivit jsou nejčastěji používány v ozařovacích zařízeních (ozařovačích) na radioterapeutických, defektoskopických a jiných specializovaných pracovištích (obr.č.). Zářiče nižších aktivit jsou užívány při průmyslových aplikacích. Zářiče jsou umístěny v ochranných hlavicích, boxech, atd. (stínění), které zabezpečují snížení hodnot dávkových příkonů v prostorách okolo stínění na přípustné hodnoty při „uzavřeném“ stavu ozařovače. Velmi vysoké dávkové příkony existují v ozařovacím prostoru pouze při „otevřené poloze“.

**Obr. č. 19: Příklady defektoskopů**



Zdroj: *SÚJB*

Následkem událostí může ozařovač zůstat v otevřené poloze (režim ozařování nebyl přerušen následkem opomenutí, výpadkem elektrického proudu, poškozením příslušných mechanických nebo ovládacích prvků, atd.). Je proto nutno ověřit stav ozařovače a zářiče. Pokud nelze jednoznačně prokázat uzavřenou polohu, je vstup a zásahy v blízkosti zdroje a ozařovacího prostoru nutno posuzovat na základě radiačního průzkumu.

Otevřenou polohu je nutno změnit na uzavřenou. Poruchy ovládání obvykle vyžadují odborný zásah. Pro případné provizorní zásahy platí dále uvedené pokyny (viz. manipulace se zářičem). Stínění zářičů zvyšuje jejich tepelnou i mechanickou odolnost. Je pro-

to málo pravděpodobné, aby událost vedla k porušení celistvosti zářiče a k rozptylu radioaktivní látky obsažené ve zdroji.

Prostory, v kterých jsou zářiče umístěny, obsahují obvykle málo hořlavých látek. Případné druhy hasebních postupů a prostředků nemusí být přítomností vlastního zářiče modifikovány.

#### Pracoviště s otevřenými zářiči

Pracoviště s otevřenými zářiči jsou oddělení nukleární medicíny, různé radioisotopové laboratoře, specializované ústavy a mimořádně některé průmyslové podniky. Za normálních okolností jsou radioaktivní látky uchovávány a skladovány ve stíněních (kontejnerech). Aktivity, a tím i dávkové příkony otevřených zářičů, jsou obvykle podstatně nižší než aktivity uzavřených zářičů používaných v ozařovačích.

Principy ochrany a zásady vedení zásahů se neliší od mimořádných událostí s uzavřenými zářiči, pokud zůstala zachována celistvost radioaktivní látky nebo alespoň radioaktivní látka zůstala lokalizována. Pokud se tak nestalo, k ochraně před zevním ozářením přistupuje ochrana vůči povrchové a vnitřní kontaminaci a činnosti směřující k zabránění dalšího rozptylu radioaktivní látky.

Pokud je podezření, že při události došlo k rozptylu radioaktivní látky, je nutno vedle radiačního průzkumu, orientovaného na měření dávkových příkonů, vést měření potvrzující nebo vyvracející rozptyl radioaktivní látky.

Pokud nelze rozptyl radioaktivní látky vyvrátit nebo zjištěné úrovně kontaminace v prostředí, kde je veden zásah, či objektů, s nimiž je nutno manipulovat, překračují dále uvedené úrovně, je nutno uplatňovat ochranná opatření vůči vnitřní a povrchové kontaminaci a při volbě hasebních či jiných zásahů je nutno vzít v úvahu to, aby nepřispěly k rozptylu radioaktivních látek.

Vyjma úniku radionuklidů z palivových článků jaderného reaktoru nebo vyhořelých palivových článků není reálné, aby inhalace či povrchová kontaminace vedly k ozáření bližším se prahům deterministických účinků ionizujícího záření.

#### Manipulace se zářičem

V souvislosti se ztrátou kontroly nad zdrojem vysoké aktivity a nebezpečných dávkových příkonů bývá nutno provádět manipulace se zářičem s cílem jeho přemístění, uložení do stínění a podobně.

Hasiči provádí tyto manipulace samostatně bez přítomnosti kvalifikovaných osob pouze v naléhavých případech (nelze jinak zabránit pokračujícímu ozařování osob) nebo kdy manipulace vede ke snížení ozářených osob provádějící zásahy, které omezují následky události. Podmínkou manipulace je monitorování a odhad ozáření při manipulaci. Při manipulacích s uzavřeným zářičem je nejdůležitější ochrana vzdáleností, neboť dávkový příkon klesá se čtvercem vzdálenosti: ve vzdálenosti například 1 cm (uchopení zářiče rukou) lze očekávat dávkové příkony zhruba 10 000 krát větší než ve vzdálenosti 1 m. K manipulaci (přenesení) se proto používají vhodné nástroje. Další ochrannou je minimalizovat čas při manipulaci, tzn. postup mít řádně promyšlený a připravený. Při manipulacích s uzavřeným zářičem a při ohrožování pouze zevním ozařování není nutno používat ochranné prostředky jako je protichemický oděv, dýchací přístroje a podobně.

#### **5.5.3 Podezření na teroristický útok**

Současný civilizační vývoj přináší kromě pozitivních jevů i řadu negativ a rizik. Ta se projevují například v ekologii, zdravotní problematice i společenských vztazích. Především rozvoj demokracie, technologií, informatiky a dopravy nese také enormní rizika v oblasti bezpečnosti. K nim patří například rychle se šířící formy organizovaného zločinu, násilné kriminality, radikalizmu, extremismu a terorismu.

Zvláště terorismus se jeví na základě dlouhodobých vývojových trendů jako zásadní mezinárodní bezpečnostní problém. Kořeny a motivace rozvoje terorismu vyrůstají z etnických, náboženských, separatistických, politických a ekonomických základů. Fenomén terorismu dorostl již do úrovně, kdy jej lze považovat za relativně novou formu ozbrojeného konfliktu, tzv. nekonvenčně vedené války. Ještě před čtyřiceti lety byly teroristické útoky převážně lokální záležitostí, které měly na geopolitickou situaci minimální vliv. S postupem času se však prostředky a metody terorismu rychle změnily. Změnila se jeho účinnost, vzrostla jeho nebezpečnost a počty obětí.

Informační propojení společnosti, objev a ovládnutí nových k útoku využitelných prostředků (ať jsou to chemické, biologické, radioaktivní látky na jedné straně, či prostředky dovolující narušení informačních technologií) přinesly nové rozměry do důsledků teroristických útoků. I když nelze jako přímý důsledek útoku podcenit počet lidských obětí, stále významnějšími se stávají důsledky ekonomické a sociálně-psychologické.

#### Radiologický terorismus

Pod pojmem radiologický terorismus rozumíme záměrné rozptylování radioaktivního materiálu s cílem vážného poškození osob, nebo pouze pohrožení takovým útokem.

V zásadě se rozlišují se dva typy radiologického terorismu:

- ✓ využití/zneužití radioaktivní látky/zdroje ionizujícího záření k útoku na veřejných místech s vyšší koncentrací osob (různé typy shromáždění, obchodní, kulturní, společenská centra, prostředky hromadné přepravy, apod.), či útok zaměřený na konkrétní osobu/skupinu osob (likvidace politického, obchodního, náboženského protivníka),
- ✓ přímý útok na zařízení provozující či nakládající s významnými zdroji ionizujícího záření (dále ZIZ), např. na jadernou elektrárnu.

Nejčastěji zmiňovanou aktivní formou radiologického terorismu je použití tzv. špinavé bomby - rozptyl radioaktivních látek pomocí klasické výbušniny. Také se však uvažuje i o jiných formách rozptylu např. požárem, prostřednictvím vzduchotechniky (významné budovy, shromáždění), rozptyl pomocí produktovodů (vodovodní síť, plynovody, apod.). Tyto prostředky se označují, jako zbraně hromadného narušení tzn. zbraně, které na rozdíl od zbraní hromadného ničení nemají za cíl velké množství obětí, nýbrž vyvolání paniky, kontaminaci prostředí v místě útoku, ekonomické škody.

#### Indikace možného teroristického zneužití radioaktivních látek

- ✓ Uložení nálože, bomby, či podezření na ni.
- ✓ Důvodné hrozby, nebo výhružné zprávy.
- ✓ Zařízení, potencionálně využitě k šíření kontaminace.
- ✓ Zcizení zdroje ionizujícího záření
- ✓ Naměřené nadlimitní hodnoty dávkového příkonu. Jednotky HZS ČR provádějí radiační průzkum u jakéhokoliv výbuchu.

#### **5.5.4 Lékařské symptomy**

Od objevu ionizujícího záření se nahromadily poznatky i o jeho škodlivém účinku. I při významném rozvoji technik radiační bezpečnosti se mohou vyskytnout nehody, které by mohly lidi zdravotně poškodit.

Zdroje ionizujícího záření jsou široce využívány v lékařství, průmyslu, zemědělství a výzkumu. Mohou se ztratit, být odcizeny, nebo jinak uniknout příslušné kontrole a to může vést k zdravotnímu poškození lidí, kteří s nimi přišli do kontaktu.

Rozpoznání možného poškození ionizujícím zářením může být jednou s indikací radiační mimořádné události.

### Rozpoznání radiačního poškození na podkladě klinických projevů

Po havarijním ozáření vysokou dávkou se projevy poškození rozvíjí v průběhu času v charakteristických fázích. Délka těchto fází a doba jejich nástupu závisí na dávce. Malé dávky nevyvolávají pozorovatelné účinky.

Typický obraz po celotělovém ozáření ze zdroje pronikavého záření je uveden iniciální prodromální fází, s příznaky jako je nevolnost, zvracení, únavnost a někdy i teplota a průjem, po kterém následuje latentní období kolísavého trvání. Následuje období rozvoje onemocnění, charakterizované infekcí, krvácením a příznaky od trávicího ústrojí. Problémy v tomto období jsou důsledkem zničení buněk krvetvorného systému a při vyšších dávkách ztrátou buněk výstelky trávicí trubice.

Lokální ozáření může v závislosti na dávce vyvolat na ozářené ploše změny a příznaky jako je zarudnutí, otok, suchá či vlhká deskvamace (mokvání), puchýře, bolest, nekróza, sněť či ztráta ochlupení (obr. č). Místní kožní léze se rozvíjí v průběhu doby pomalu (zpravidla týdny až měsíce) a mohou být velmi bolestivé a odolávat léčení běžnými metodami.

**Obr. č. 20: Časný erytém 5 dní, 11 dní a nekróza kůže 21 den po expozici.**




Zdroj: SÚJB

Ozáření části těla vyvolává kombinaci různých výše zmíněných příznaků. Jejich charakter a stupeň závažnosti závisí na dávce a objemu exponované části těla. Další příznaky se mohou týkat tkání a orgánů nacházejících se v ozářeném objemu.

Při vnitřní kontaminaci se zpravidla nevyskytují časté příznaky, pokud příjem radionuklidů nebyl velmi vysoký, což bývá mimořádně zvláštní případ. Pokud se tak stane, bude závažnost situace postižené osobě zřejmá.

#### Základní otázky při podezření na radiační expozici

a) Našel jste nějaký neznámý kovový předmět, nebo jste jinak přišel do kontaktu s takovým předmětem? Jestliže ano, kdy, kde a jak?

b) Vyděl, jste takovýto výstražný symbol? 

c) Vyskytly se ve stejné době podobné příznaky u spolupracovníků či členů rodiny?

#### **5.5.5 Výsledky radiačního průzkumu**

##### Doporučení pro osoby provádějící prvotní radiační monitoring při zásahu RMU [24]

- ✓ přibližujte se k místu RMU s přístrojem, který odečítá dávkový příkon nejméně 1 mSv/h; nevstupujte do oblasti s dávkovým příkonem  $> 100$  mSv/h;
- ✓ pokud existuje podezření na teroristický útok nebo trestnou činnost, zajistěte, aby policie prohlížela osoby, nemají-li zbraně, ještě před monitorováním a záchranáři/zasahující byli chráněni před potenciálně ozbrojenými, podezřelými osobami;
- ✓ proveďte následující operativní prověrku monitorovacích přístrojů v oblasti mimo vnitřní ochrannou zónu RMU:
  - a. zkontrolujte stav napájení (baterii);
  - b. ověřte, že přístroj může měřit příkon dávky již od přírodního pozadí (obvykle 0.05 až 0.25  $\mu$ Sv/h); ujistěte se, že víte, jak nastavit/změnit rozsah měřených hodnot;
  - c. otevřete okno pro detekci záření beta, pokud je k dispozici;
  - d. zabalte přístroj do plastického obalu;

- e. zaznamenejte číslo přístroje a úroveň pozadí v místě, které se nenachází blízko od místa RMU a není jí dotčeno;
- ✓ ponechejte jeden kontrolní přístroj v "čistém místě" a nepoužívejte ho k běžnému monitorování;
- ✓ zřídte kontrolní místo tam, kde je příkon dávky menší než 0,3  $\mu\text{Sv/h}$ , a to v blízkosti místa určeného k dekontaminaci;
- ✓ zajistěte, aby každý předmět s příkonem dávky  $> 10 \mu\text{Sv/h}$  ve vzdálenosti 1 m byl identifikován a izolován dříve, než obyvatelé vstoupí do prostoru pro monitorování (držte změřené osoby mimo prostor pro monitorování - ve vzdálenosti do 2m od přístroje měřícího v rozsahu 10  $\mu\text{Sv/h}$  a více); izolujte identifikované objekty s příkonem dávky  $> 100 \mu\text{Sv/h}$ ;
- ✓ poučte osoby, které budou monitorovány, aby nejedly, nepily, nekouřily, dokud si neumyjí ruce; aby se co nejdříve osprchovaly a převlékly a po propuštění čekaly na další pokyny a řídily se oficiálními nařízeními poskytovanými prostřednictvím médií (TV nebo rozhlasu);
- ✓ při monitorování:
  - a. noste rukavice a ochranný oděv, pokud jsou k dispozici; rukavice si pravidelně převlékejte;
  - b. dodržujte pokyny k zajištění ochrany zasahujících uvedené (odst. 5.6.);
  - c. pravidelně se kontrolujte, a pokud se zkontaminujete (dávkový příkon  $> 0.3 \mu\text{Sv/h}$ ), proveďte dekontaminaci;
  - d. pravidelně ověřujte, že přístroj správně měří a není kontaminován (lze jím měřit pozadí); pokud je kontaminován, vyměňte plastický obal a opět přístroj překontrolujte;
  - e. monitorujte vlasy, ruce, kapsy, špinavé části oděvu, nohy a obličej kontrolované osoby, držte přitom monitor asi 10 cm od sledovaného povrchu;
  - f. výsledky měření zaznamenejte, použijte k tomu formulář.
- ✓ Na základě výsledků měření potenciálně kontaminovaných osob, jestliže příkon dávky záření gama (měřený 10 cm od povrchu těla/oblečení) je:



- a.  $< 1 \mu\text{Sv/h}$  - připomeňte monitorovaným osobám, aby se co nejdříve osprchovaly a převlékly a čekaly na oficiální pokyny a pošlete je domů (propusťte);
- b.  $\geq 1 \mu\text{Sv/h}^{28}$  - pošlete tyto osoby na okamžitou dekontaminaci; pokud nelze provést okamžitou dekontaminaci, připomeňte jim, aby se co nejdříve osprchovaly a převlékly; čekaly na oficiální pokyny.

#### Doporučení pro osoby provádějící kontrolu kontaminace zasahujících osob [24]

Používá se při RMU, kdy došlo, či byl potvrzen únik radionuklidů do životního prostředí:

- ✓ zříd'te místo pro kontrolu kontaminace na hranici bezpečnostní zóny; toto místo by mělo zabezpečit:
  - a. řízený vstup/výstup osob do/ze zóny;
  - b. vedení záznamů o přihlášení se do a odhlášení se ze zóny;
  - c. shromažďování (skladovací prostor) materiálu/vybavení používaného ve vnitřní uzavřené zóně;
  - d. dekontaminaci techniky/zařízení (hadicové vedení s uzavřeným odtokem (jímkou), aby se nekontaminovaly další/operační plochy;
  - e. dekontaminaci zasahujících (hadicové vedení s uzavřeným odtokem (jímkou), aby se nekontaminovaly další/operační plochy;
  - f. zabezpečení výměny svrchního oblečení a umytí rukou a obličeje;
  - g. zabezpečení výměny ochranných pomůcek (lahve k dýchacím zařízením, filtry masek).
  - h. zabezpečení ukládání pytlů s kontaminovanými věcmi a odpady, včetně jejich monitorování.
- ✓ zajistěte, aby se zasahující řídili následujícími pokyny:
  - a. při vstupu do ochranné bezpečnostní zóny:
    - 1.nahlaste činnost, kterou jdete vykonávat (vede se seznam osob v zóně);

2. dodržujte pokyny k zajištění ochrany zasahujících, když jste v zóně;
  3. pokud je používáte, zakryjte měřicí přístroje plastickými obaly;
  4. omezte, podle možností, vnášení dalších přístrojů/nástrojů/zařízení, když jdete do zóny (používejte pokud možno ty, které již zóně jsou/byly);
- b. při odchodu z bezpečnostní zóny:
1. odstraňte plastický obal z přístrojů;
  2. zanechte použité přístroje a vybavení ve vnitřní uzavřené zóně k dalšímu využití;
  3. podrobte se kontrole kontaminace
  4. podstupte terénní/polní dekontaminaci:
  5. opláchněte se hadicí (umyjte si boty, rukavice a ochranný oděv, byl-li plno-ochranný oděv použit);
  6. odložte vnější ochranný oděv;
  7. umyjte si ruce a obličej;
  8. před odchodem z místa RMU projděte komplexní dekontaminací a pokud dekontaminace není provedena, zůstaňte chráněni ochrannými oděvy/pomůckami, dokud se neosprchujete a úplně nepřevléknete (oblečení uložte do pytle);
  9. nahláste odchod ze zóny.

Zasahující musí mít neustále na paměti jaký je odhad času, který potřebuje pro návrat do nezamořeného prostředí a s tím související odhad dávky, kterou při návratu obdrží.

Platí následující pravidlo:

nezdržovat se zbytečně v prostředí kde  $PDE > 1 \text{ mSv/h}$

důkladně zvážit pohyb v prostředí, kde  $PEP > 10 \text{ mSv/h}$

pokud nejde o záchranu života, nesmí vstupovat do prostoru, kde  $PDE > 100 \text{ mSv/h}$

Hodnota dávkového příkonu je pouze jedním z indikátorů možné kontaminace osoby; v závislosti na typu radiační mimořádné události je třeba i zvážit, zda nemůže dojít ke kontaminaci (i vnitřní) osob radionuklidy emitujícími záření alfa, kterou většina běžných měřicích přístrojů není schopna detekovat.

#### Doporučení pro osoby provádějící monitorování, dekontaminace vozidel, techniky, vybavení.

Dále uvedené úkoly jsou určeny pro příslušníky HZS ČR, provádějící měření a dekontaminaci; postupy se používají při RMU, kdy došlo či byl potvrzen únik radionuklidů do životního prostředí a s ním spojená kontaminace vozidel, vybavení (přístrojů, zaveďte kontrolu přístrojů a zřídte místo pro dekontaminaci na hranici vnitřní bezpečnostní zóny v místě, kde příkon dávky je menší než 0,3  $\mu\text{Sv/h}$  (pozadí), a které je vybaveno k dekontaminaci potřebným materiálem (např. požární hadice, kartáče, mycí prostředky, atd.).

- ✓ provedte operativní kontrolu monitorovacího přístroje v oblasti mimo místo RMU:
  - a) zkontrolujte napájení (baterie) přístroje;
  - b) ověřte, že přístroj může měřit příkon dávky na úrovni přírodního pozadí (obvykle 0.05 až 0.2  $\mu\text{Sv/h}$ );
  - c) ujistěte se, že rozumíte zobrazovaným veličinám/jednotkám a víte, jak nastavit rozsah měření;
  - d) otevřete okno/clonu přístroje pro měření záření beta, pokud je k dispozici;
  - e) zabalte přístroj do plastického obalu;
  - f) zaznamenejte hodnotu odpovídající přírodnímu pozadí a číslo přístroje;
  - g) pravidelně ověřujte, že přístroj schopen provozu a není kontaminovaný (může měřit na úrovni pozadí); pokud je kontaminován, vyměňte plastický obal a znovu jej překontrolujte;
  - h) ponechejte jeden kontrolní přístroj v "čistém místě" a nepoužívejte ho k běžnému monitorování;

- ✓ zajistěte, aby každý předmět vykazující příkon dávky  $> 100 \mu\text{Sv/h}$  ve vzdálenosti 1 m byl identifikován a izolován, dříve než obyvatelé vstoupí do prostoru pro monitorování; změřené osoby držte mimo prostor monitorování (mohou se pohybovat ve vzdálenosti do 2 m od přístroje měřícího v rozsahu  $100 \mu\text{Sv/h}$  nebo více); izolujte identifikované objekty s příkonem dávky  $> 100 \mu\text{Sv/h}$ ;
- ✓ při monitorování:
  - a) noste rukavice a ochranný oděv, pokud jsou k dispozici, pravidelně si převlékejte rukavice;
  - b) dodržujte pokyny k zajištění ochrany zasahujících;
  - c) pravidelně provádějte kontrolu kontaminace osob; pokud dojde k takové kontaminaci, že naměřený dávkový příkon bude  $> 0.3 \mu\text{Sv/h}$ , proveďte dekontaminaci;
- ✓ při kontrole předmětů, zda jsou kontaminovány gama zářením, držte monitor asi 10 cm od jejich povrchu;
- ✓ proveďte následující opatření, pokud jsou úrovně kontaminace  $> 1 \mu\text{Sv/h}$ :
  - a) proveďte dekontaminaci s použitím požárních hadic, kartáčů, mycích prostředků, apod.;
  - b) nezdržujte/nebraňte provádění dalších důležitých činností odstraňováním/ výměnou kontaminovaných filtrů;
- ✓ prověřte kontaminovaná místa/oblasti a pokud příkon dávky ve vzdálenosti 10 cm od povrchu kontrolovaného místa je roven:
  - a)  $< 1, 10 > \mu\text{Sv/h}$  - používejte tato místa pouze pro činnosti související přímo se zásahem.
  - b)  $< 10, 100 > \mu\text{Sv/h}$  – používejte tato místa pouze pro nezbytné činnosti při zásahu (např. pro převoz zraněných); používání těchto míst musí být dále kontrolováno. Po provedení nezbytných činností by tato místa měla být izolována. Zasahující osoby musí přijmout všechna odpovídající opatření, aby se snížilo ozáření kůže (obléci si rukavice); činnosti by měly být omezeny na méně než několik hodin.

c)  $> 100 \mu\text{Sv/h}$  - izolujete tato místa a provádějte v nich nezbytné činnosti pouze se souhlasem specialisty radiační ochrany.

*Pozor:*

- ✓ při měření ve vnitřní bezpečnostní zóně se přibližujte k jejímu centru se zapnutým přístrojem, který může měřit dávkové příkony nejméně  $100 \text{ mSv/h}$ , a nevstupujte do míst s dávkovým příkonem  $> 100 \text{ mSv/h}$ ;
- ✓ vozidla, vybavení/přístroje/předměty, které byly použity, či se nacházely uvnitř vnitřní bezpečnostní zóny, nemohou být uvolněny k dalšímu použití, dokud nebudou zkontrolovány specialisty radiační ochrany (týká se i soukromých vozidel a taxíků) a nebude zjištěno, že úroveň kontaminace odpovídá národním (legislativním) kritériím pro jejich uvolnění z další kontroly;
- ✓ některé měřicí přístroje mohou být v důsledku vysokých dávkových příkonů zahlučené, a proto mohou ukazovat nízkou nesprávnou hodnotu i v místech velmi nebezpečných;
- ✓ vodu používanou k dekontaminaci je třeba, pokud to lze a je účelné (např. došlo ke kontaminaci radionuklidy emitujícími záření alfa) provést, shromažďovat, aniž by to narušilo proces vlastní dekontaminace.
- ✓ Hodnota dávkového příkonu je pouze jedním z indikátorů možné kontaminace osoby; v závislosti na typu RMU je třeba i zvážit, zda nemůže dojít ke kontaminaci (i vnitřní) osob radionuklidy emitujícími záření alfa, kterou většina běžných měřicích přístrojů není schopna detekovat.

## **6. DISKUZE**

### **6.1 Aplikace systému ochranných zón v první fázi řešení mimořádné události**

Jedním z principů pro ochranu životů a zdraví členů složek a jejich bezpečné práce na místě zásahu je organizace místa zásahu. Ta má především zamezit kontaminaci, tzn. znečištění prostorů, osob, materiálu, radioaktivními látkami a to jak přímo nebo tzv. zavlečením, nebo v případě zevního ozáření umožňuje regulovat ozáření zasahujících.

Základním principem organizace místa zásahu je vymezit potencionální místo, kde se radioaktivní látka nebo zdroj ionizujícího záření nachází a kde musí být přijata opatření proti přímé kontaminaci hasičů i zavlečené kontaminaci a opatření na regulaci ozáření. Tímto místem je, nebo by měla být nebezpečná zóna. Při zásahu s přítomností radioaktivních látek se však podle stávající taktických postupů stanovují tři typy ochranných zón. Jedná se o předběžnou nebezpečnou zónu, bezpečnostní zónu a nebezpečnou zónu. Ustanovení předběžné ochranné zóny má své opodstatnění v praxi a umožňuje veliteli zásahu započít s organizací místa zásahu. Radiačním průzkumem se pak určují další typy ochranných zón (bezpečnostní a nebezpečné). Označení bezpečnostní zóna vnáší do celé problematiky tak trochu zmatek.

Hasičský záchranný sbor ČR zahrnuje problematiku radioaktivních látek do oblasti nebezpečných látek. K této oblasti jsou stanovené základní taktické postupy a definice.

Nebezpečná zóna je prostor vymezený bezprostředního ohrožení života a zdraví účinky mimořádné události. Prostor této zóny ohraničuje hranice nebezpečné zóny. Zde platí z hlediska ochrany životů a zdraví režimová opatření např. použití ochranných prostředků, stanovená doba pobytu včetně řízeného vstupu a výstupu z této zóny. Nebezpečná zóna vymezuje základní odstup od ohniska nebezpečí. Do nebezpečné zóny je možné vstupovat jen ve stanovených ochranných prostředcích a po provedení kontroly správnosti a bezpečnosti výstroje a výzbroje a na stanoveném místě označeném jako

nástupní prostor. Nástupní prostor je prostor pro soustředění sil a prostředků před jejich nasazením k záchranným a likvidačním pracím v nebezpečné zóně. Uvnitř nebezpečné zóny je nutné se pohybovat jen po stanovených trasách a lze setrvat jen maximálně po stanovenou dobu. Ta je závislá především na kapacitě dýchacího přístroje, ochranných schopnostech obleku, tepelné pohodě hasiče a náročnosti prováděné práce. Z nebezpečné zóny je nutné vystupovat výhradně po stanovené trase a na hranici nebezpečné zóny je vždy nutné provést dekontaminaci. Dekontaminační prostor se může skládat z několika dekontaminačních stanišť na hranici nebezpečné zóny zřizovaných pro kontrolovaný výstup a dekontaminaci.

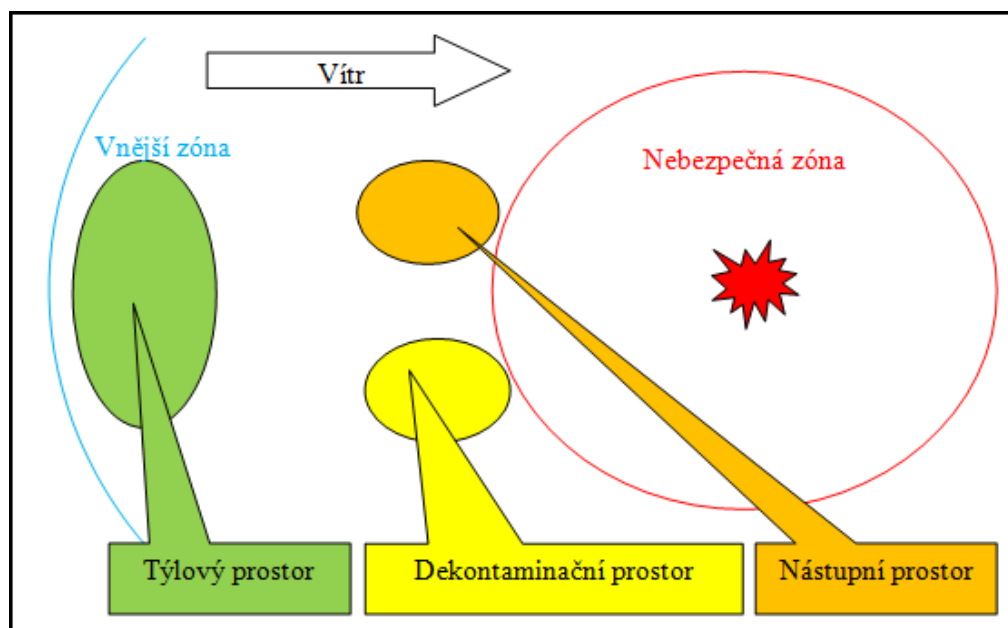
Současně je nutné zabezpečit, aby místo zásahu opustily osoby, jejichž přítomnost by komplikovala zásah a které by třeba nenadálá změna situace na místě zásahu mohla ohrozit na zdraví a životě. Z toho vyplývá nutnost místo zásahu uzavřít do tzv. vnější zóny, kam bude vstup řízen prostřednictvím bezpečnostní uzávěry. Vnější zóna je tak prostor vymezený pro vedení zásahu. Zde se omezuje volný pohyb osob a dopravních prostředků, prostor této zóny je vymezen hranicí vnější zóny. Bezpečnostní uzávěra zajišťuje řízený vstup a výstup do a z vnější zóny. Bývá zpravidla umístěna na přístupových komunikacích tak, aby byla možnost provést odklon dopravy mimo vnější zónu.

Ve vnější zóně se ustavuje týlový prostor pro provedení týlových činností např. soustředění záložních jednotek, odpočinek, stravování.

Týlový nástupní a dekontaminační prostor musí být vždy situovány na návětrné straně místa havárie nebezpečné látky. Nesmí být umístěny v terénních prohlubních a údolích, kde by mohlo dojít k zasažení plyny a párami těžšími než vzduch. Dekontaminační prostor musí být situován tak, aby nehrozilo zasažení týlového nebo nástupního prostoru sekundární kontaminací (vítr, kontaminovaná voda). Nástupní a dekontaminační prostor bezprostředně sousedí s nebezpečnou zónou.

Na místě zásahu se mohou zřídit i další prostory. Zejména se jedná o prostor pro poskytnutí zdravotní péče (místo pro soustředění zraněných osob vybrané po poradě s vedoucím lékařem), shromaždiště evakuovaných osob, zvířat a materiálu, prostor pro umístění a identifikaci obětí.

**Obr. č. 21: Stanovení charakteristických zón – nebezpečné látky**



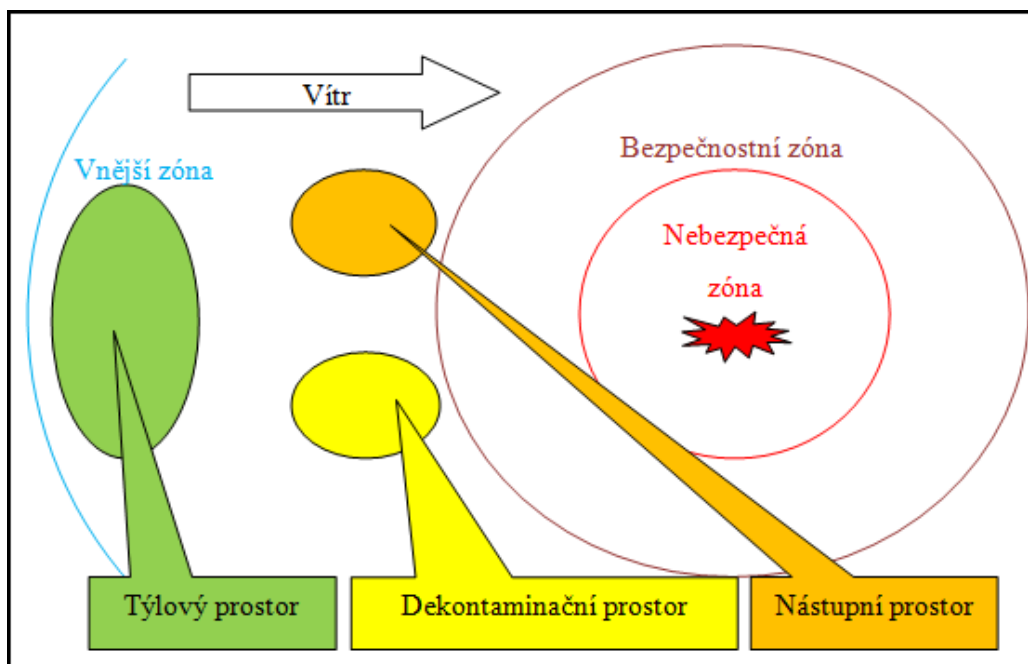
Zdroj: *Autor*

V případě radioaktivních látek je situace odlišná. Nástupní a dekontaminační prostor nenavazují na nebezpečnou zónu, ale a tzv. bezpečnostní zónu. Bezpečnostní zóna je tak jakýmsi mezistupněm ochrany. Zde se zavádí režimová opatření (režimovými opatřeními jsou zamezení vstupu nepovolaných osob, omezení doby pobytu zasahujících osob, měření a sledování obdržených dávek pro každou jednotlivou zasahující osobu pomocí vydaných dozimetrů (dávka je součin hodnoty dávkového příkonu a doby ozáření), zavedení evidence těchto osob, provádění dozimetrické kontroly na hranici bezpečnostní zóny, provádění dekontaminace osob a věcných prostředků). Nebezpečná zóna v této problematice označuje prostor, ve kterém pobyt znamená potenciální ohrožení zasahujících osob. V NZ smějí pracovat zasahující jednotky jen v případě nezbytnosti (v případě vstupu do NZ je nutné změřit dávkový příkon v místě zásahu a stanovit (vypočítat) dobu pobytu s ohledem na přípustné dávky), a to s nezbytně nutným počtem



hasičů a při dodržování režimových opatření a zásad taktiky zásahů jednotek na radioaktivní látky a dalších předpisů.

**Obr. č. 22: Stanovení charakteristických zón – radioaktivní látky**



Zdroj: *Autor*

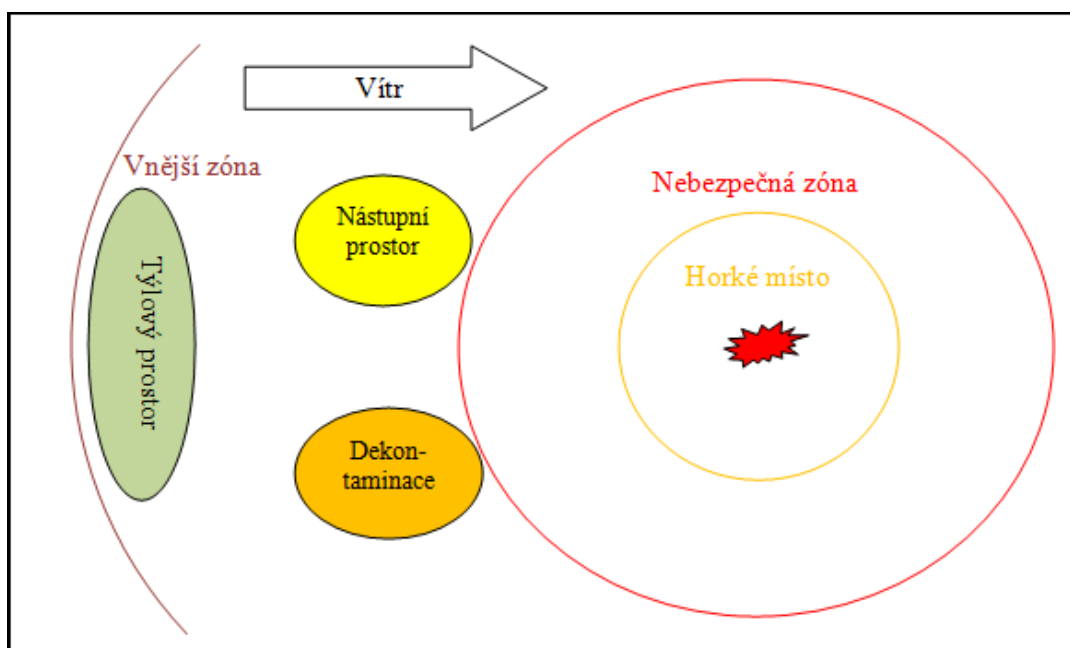
Označení pojmem bezpečnostní zóna je pro využití v praxi nevhodné. Bylo by dobré zvážit úpravu v souladu s doporučeními MAAE. Bezpečnostní zónu a předběžnou nebezpečnou zónu nahradit pojmem nebezpečná zóna a místa dávkového příkonu vyšším než 1mGy/h označit jako horké místo. Postup při zásahu by byl následující:

1. Určení hranic nebezpečné zóny (poloměr 50m)
2. Na základě radiačního průzkumu upřesnění hranic nebezpečné zóny (PDE 10 $\mu$ Gy/h). Zde bych navrhol pouze úpravu hranic nebezpečné zóny pouze v případě jejího zvětšování nikoliv zmenšování.
3. Na základě radiačního průzkumu určení horkého místa (PDE 1mGy/h)

Změna názvu předběžné nebezpečné zóny a bezpečnostní zóny na nebezpečnou zónu umožní hasičům využívat léty prověřenou a odzkoušenou taktiku v oblasti nebezpeč-

ných látek jako celku. Pokud bychom pro každý druh nebezpečné látky vytvářeli nové názvy ochranných zón, vznikl by v této oblasti zmatek, jehož důsledky by pak byly chyby při provádění záchranných a likvidačních prací.

**Obr. č. 23: Stanovení charakteristických zón - změna v označení radioaktivní látky**



Zdroj: *Autor*

## 6.2 Zdolávání požáru s přítomností radioaktivních látek

Jednou z nožných příčin vzniku mimořádných událostí na pracovištích se zdroji ionizujícího záření, nebo v prostorách s radioaktivními látkami je požár. Příčiny požárů jsou obvykle stejné jako v provozech bez radioaktivních látek neboť přítomnost radioizotopů v nějakém prvku nebo sloučenině nepřináší ve většině případů zvýšení její hořlavosti. Výjimku tvoří pouze zářiče z vyhořelých palivových článků, v nichž ještě pokračuje rozpad jader a záření je tak extrémní, že některé složky se extrémně zahřívají. Tyto zářiče však musí být uchovávány nebo zpracovávány v prostorách zvláště určených a dokonale zabezpečených, v nichž je požární zásah lidskými silami vyloučen.

Druhou zvláštností zářičů je, že radioaktivita jednotlivých prvků nemůže být ohněm zničena ani změněna. Při požáru může tedy dojít k rozptýlu radioaktivních prvků ve formě par vzniklých žářem, nebo ve formě plynných a pevných spalin, a při hasebnímu zásahu k rozpuštění nebo rozptýlení v hasebním prostředí a vniknutí do země, spodních vod i konstrukcí budov. To by mohlo vést ke zmnohonásobení škod, k dlouhodobému vyřazení objektu kontaminovaného radioaktivitou nebo dokonce ke kontaminaci a ohrožení života a životního prostředí v okolí objektu. Je třeba si také uvědomit, že většina provozů využívajících radioaktivních látek patří do kategorie značně až extrémně drahých zařízení.

Při zásahu jednotek požární ochrany je proto nutno dbát nejen na to aby byl zásah co neúčinnější, ale aby také nevyvolal druhotné a ještě větší škody než samotný požár. Navíc je nutno provádět celý zásah tak, aby ohrožení zasahujících bylo co nejmenší. Proto je získání základních vědomostí o vlastnostech radioaktivních látek a charakteru a míry nebezpečí, které přinášejí, mimořádně nutné u všech zasahujících, kteří mohou přijít do styku se zdroji ionizujícího záření.

### **6.1.1 Provozy a místa se zdroji ionizujícího záření**

V následující části je popsán stručný popis jednotlivých procesů (vyjma jaderných reaktorů a palivového cyklu), jichž se účastní radioaktivní látky a jejich zhodnocení z hlediska požárního nebezpečí u zásahu. Všechna místa, kde je nebezpečí ionizujícího záření takové, že přesahuje práh bezpečnosti, jsou označena výstražnými symboly.

#### Skladování a doprava silných zářičů

Silné zářičem jsou uchovávány v olověných nebo ocelových kontejnerech, větší množství jsou ukládána do speciálních skladů se silnými betonovými stěnami a olověným stíněním. Olověné kontejnery mají vynikající stínící účinek, při požáru však může dojít k roztavení olověného pláště (b. t. 327 °C) a k rozptýlení radioaktivního zdroje. Proto je prvořadým úkolem při hasebnímu zásahu ochlazení těchto kontejnerů, a tam kde to pod-

mínky dovolí, i jejich odstranění z místa požáru. Podobně je tomu i u ocelových kontejnerů, kde sice nehrozí nebezpečí roztavení, ale přehřátím může dojít k vytékání radioaktivních látek a kontaminaci okolí.

Ke zvýšenému nebezpečí požáru dochází hlavně při přepravě zářičů v automobilech. Také zde je nutné na prvním místě zajistit, aby se nebezpečné látky nerozptýlily do okolí. Tyto dopravní prostředky jsou označeny výstražnými symboly.

#### Provozy s radioaktivními zářiči nebo sloučeninami

Silné zářiče, např.  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ , které vydávají silné gama záření a jsou používány k prozařování kovových materiálů (defektoskopie), v radioterapii k ničení zhoubných nádorů v lidském těle, ke sterilizaci brambor a některých druhů ovoce, k zabíjení hmyzu ve dřevě, k polymerizaci nenasycených sloučenin na vysoce kvalitní polymery atd. Množství dalšího využití je mnoho, a proto jsou zkoumány v mnoha laboratořích. Tyto zářiče jsou obvykle uloženy v silnostěnných ocelových nebo olověných kontejnerech, opatřených jen okénkem pro vyzářování gama paprsků.  $^{60}\text{Co}$  je používán ve formě kovového rouбіku,  $^{137}\text{Cs}$  ve formě soli. Obě formy jsou netěkavé, k úniku by mohlo dojít jen při rozžhavení ocelového obalu nebo roztavení stěny olověného kontejneru. V případě kobaltu je možno ochladit povrch kontejneru vodou, v případě cesia oxidem uhličitým, vniknutí vody dovnitř by znamenalo rozpuštění cesné soli a kontaminaci okolí.

Obecně se dá říci, že na místech výskytu uzavřených zdrojů bude řešení mimořádných událostí značně jednodušší. Typickým příkladem je kobaltový ozařovací zdroj, užívaný k různým účelům jak v technické praxi, tak v lékařství. Při vlastním nasazení se otevře buď vysunutím, nebo jiným způsobem, do určitého směru na předmět nebo osobu, které mají být vystaveny účinku ionizujícího záření. V případě požáru nebo jiné mimořádné události je možné jeho okamžité zasunutí, tedy návrat do uzavřeného stavu. Tím účinky pomínou a na místě je většinou možné postupovat, jako by zde žádný zdroj nebyl. Zůstává ovšem možnost porušení celistvosti pouzdra následkem vysoké teploty požáru okolí nebo výbuchem a ze zdroje uzavřeného se může stát zdroj otevřený.

Každý zdroj, který nevyhovuje podmínkám uzavřeného zdroje je zdrojem otevřeným. Mezi takové patří většina radioaktivních látek vyskytujících se v různých formách (plynné, kapalně, i pevné) na všech možných pracovištích a místech (výzkumná pracoviště všeho druhu, nemocnice, průmysl, zemědělství). Nejčastěji se jedná o radioaktivní látky s krátkým poločasem rozpadu a s malým dosahem záření. Celkové množství, radioaktivních sloučenin, které bývá na těchto pracovištích k dispozici obvykle takové, že je zdraví nebezpečné, a proto je nutné při požárním zásahu na těchto pracovištích hasit především ta místa, v nichž jsou tyto sloučeniny uloženy, a to tak, aby se radioaktivní sloučeniny co nejméně rozptýlily, a pokud je to možné, dopravit je z dosahu ohně.

Na pracovištích a na místech s radioaktivními látkami je možné nalézt všechny doposud známé (a bohužel také i zatím nepoznané) možnosti vzniku požáru. Hořlavé soubory tvoří pestrá směs hořlavých látek od papíru a dřeva přes hořlavé kapaliny, syntetické materiály až po zvláštní hořlaviny, jakými je kovový sodík, uran a jeho sloučeniny, beryllium apod. Je zřejmé, že jiné směsi hořlavin budou v radiochemických laboratořích, jiné v radiodiagnostické ordinaci.

### **6.1.2 Hasební látky**

Odpověď na otázku, které hasivo bude nejúčinnější a současně nezpůsobí sekundární následky, musí vyjít každopádně z posouzení místa požáru. Kritéria pro volbu vhodného hasiva musí zahrnovat mimo jiné i pravděpodobnost jejich kontaminace a možnost jejího rozšíření. Například při použití vody se musí počítat s tím, že se do ní dostanou radioaktivní látky a že to způsobí rozstříkáním, promočením, rozlitím dalekosáhlé zasažení všech možných předmětů, případně i osob. Dekontaminační práce, které tím vzniknou a náklady s nimi spojené, mohou být větší, než škody způsobené samotným požárem.

Poněkud jiné úvahy platí při volbě vhodného hasiva pro zásah v laboratořích, kde se pracuje s různými látkami, jejichž chemická reakce s hasivem může mít zápalný až explozivní charakter. Zde se myslí reakce alkalických kovů s vodou.

## 7. ZÁVĚR

Ve všech lidských činnostech, tedy i těch, při nichž se využívá zdrojů ionizujícího záření, existuje nenulové riziko, že dojde k události, která může ohrozit zdraví, či dokonce život člověka. Snahou vyspělé společnosti by mělo být tato rizika, omezovat na co nejnížší úroveň, která je ještě z hlediska sociálních a ekonomických možností této společnosti akceptovatelná.

Radiační monitoring v první fázi zásahu je ovlivněn zejména prvotním rozpoznáním radiačního rizika na místě mimořádné události. Včasné rozpoznání radiačního rizika je základním předpokladem k úspěšnému provedení zásahu a minimalizaci dopadů na zdraví záchranářů i dalších účastníků mimořádné situace a životní prostředí. K správnému a rychlému rozpoznání radiačního rizika na místě události jsou velmi důležité znalosti v oblasti přepravy radioaktivních materiálů, využívání zdrojů ionizujícího záření, zneužití zdrojů záření, účinků ionizujícího záření na člověka, detekce ionizujícího záření a radiačního průzkumu. Znalosti těchto odvětví umožní správně posoudit radiační riziko a přijmout opatření k ochraně před ním.

Je nutno podotknout, že problematika RMU má svá specifika a z hlediska svého řešení je náročná, a to jak z hlediska technického a organizačního, tak personálního zvládnutí zásahu vyžaduje vysokou znalostní úroveň zasahujícího personálu, proto není účelné často, a ne dostatečně zdůvodněně měnit přístupy a metodiky. V současnosti však zaváděná služba prozatímní osobní dozimetrie k tomu jistý prostor nabízí. Vyjdeme-li tak z našich a mezinárodně doporučených postupů a metod, v zásadě lze říci, že ani tomu nemůže být jinak, neboť naše dokumenty vycházejí z předchozích verzí mezinárodních doporučení, kde taktické zásady zásahů už byly víceméně rozpracovávány. Tím je potvrzena hypotéza mé práce.

Jsou jisté rozdíly v postupech stanovení bezpečnostní a nebezpečné zóny. Mezinárodní doporučení v posledních letech směřují k tomu, aby zajištění ochrany zasahujících osob

a událostí zasažených obyvatel bylo, zejména v první fázi zásahu bylo zaměřeno především na hodnocení kvalitativních charakteristik pozorovaných na místě než čistě dozimetrických kvantitativních parametrů (i když jejich role je velmi významná ve fázi hodnocení pobytu v nebezpečné zóně). Vychází se ze zkušeností radiačních nehod.

Kvalifikované měření (např. povrchové kontaminaci pro další rozhodování) mohou dostatečně přesně provádět specialisté, kteří v počáteční fázi zásahu nebudou na místě (nehledě k tomu, že tento údaj pro rozhodování je v této fázi méně významný, než hodnota dávkového příkonu).

Práce není zaměřena na zásah při mimořádných událostí za přítomnosti biologických nebo chemických látek. Avšak radiační mimořádná událost může zahrnovat i tato rizika a složky IZS provádějící prvotní reakci na místě události (včetně místní nemocnice) nemusí být z počátku schopni určit, zda nehoda zahrnuje radiační, chemická nebo biologická nebezpečí/kontaminaci. Proto postupy shrnuté v této práci by neměly být brány jako dogma, ale měly by sloužit k úpravě taktiky vedení zásahu s ohledem na vývoj mimořádné události tak, aby se zajistila nezbytná kompatibilita s postupy užívanými pro další rizika jako například požár, biologické a chemické látky, autonehoda či teroristický útok.



## 8. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [2] Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- [3] Vyhláška SUJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně ve znění pozdějších předpisů.
- [4] Vyhláška SUJB č. 317/2002 Sb., o typovém schvalování obalových souborů pro přepravu, skladování a ukládání jaderných materiálů a radioaktivních látek, o typovém schvalování zdrojů ionizujícího záření a o přepravě jaderných materiálů a určených radioaktivních látek ve znění pozdějších předpisů.
- [5] Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 27.7.2009 ke zřízení a zabezpečení prozatímní služby osobní dozimetrie u Hasičského záchranného sboru České republiky
- [6] Hála J.: *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. Konvoj, Brno, 2002. ISBN 80-85615-56-8
- [7] Kolektiv autorů: *Bojový řád jednotek požární ochrany*. Kleinwächter, Frýdek – Místek, 2007. ISBN 987-80-7385-026-5
- [8] Kolektiv autorů: *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha, Anzin CZ, 2000. ISBN 80-238-3703-6.

- [9] Kolektiv autorů: *Typová činnost složek integrovaného záchranného systému při společném zásahu – Uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně*. Ministerstvo vnitra GŘ HZS ČR, Praha, 2008. ČJ MV-96828-2/PO-2008
- [10] Kuna P., Navrátil L.: *Klinická radiobiologie*. Manus, Praha, 2005. ISBN 80-86571-09-02
- [11] Navrátil L., Rosina J.: *Medicínská biofyzika*. Grada, Praha, 2005. ISBN 80-247-1152-4
- [12] Neruda O., Prouza Z.: *Problematika zásahů při událostech s radiačním rizikem*. Facom, 1992. ISBN 80-901 368-2-6
- [13] Prouza Z., Švec J.: *Zásahy při radiační mimořádné události*. Kleinwächter, Frýdek – Místek, 2008, ISBN 978-80-7385-046-3.
- [14] Šenovský M., a kol: *Integrovaný záchranný systém*. Kleinwächter, Frýdek – Místek, 2005. ISBN 80-86634-65-5
- [15] Šenovský M. a kol.: *Nebezpečné látky II*. Kleinwächter, Frýdek – Místek, 2004. ISBN 80-86634-47-7
- [16] Gavel A.: Osobní dozimetrie. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha, MV GŘ HZS ČR, 2008, ročník VII, č. 7, s 35.
- [17] Ločárek M.: Činnost jednotek požární ochrany při radiační události. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha, MV GŘ HZS ČR, 2008, ročník VII, č. 9, s 35.

- [18] Ločárek M.: Monitorování radioaktivní kontaminace. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha, MV GŘ HZS ČR, 2008, ročník VII, č. 10, s 35.
- [19] Marek R.: Prvotní radiační průzkum. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha, MV GŘ HZS ČR, 2008, ročník VII, č. 6, s 35.
- [20] Urban L.: Dozimetrické prostředky pro ochranu hasičů při zásahu. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha, MV GŘ HZS ČR, 2008, ročník VII, č. 5, s 35.
- [21] Urban L.: Nové dozimetrické prostředky u HZS ČR. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha, MV GŘ HZS ČR, 2008, ročník VII, č. 12, s 35.
- [22] Urban L.: Zásahový dozimetr DC-3H-08. *112 – odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému a ochrany obyvatelstva*. Praha, MV GŘ HZS ČR, 2009, ročník VIII, č. 1, s 35.
- [23] ČAHD: *Soubor metodických předpisů pro rok 2010*. [online] 2011 [cit. 2011-03-05]. Dostupné z: <http://www.ca hd.cz/view.php?cisloclanku=2010100301>
- [24] IAEA: *Manual for First Responders to a Radiological Emergency*. [online] 2011 [cit. 2011-03-05]. Dostupné z: <http://wwwpub.iaea.org/MTCD/publications>
- [25] U. S. Department of Energy National Transportation Program: *Transporting Radioactive Materials*. [online] 2011 [cit. 2011-03-05]. Dostupné z: <http://www.ntp.doe.gov/>

- [26] World Nuclear Transport Institute: *Package Types used for Transporting Radioactive Materials*. [online] 2011 [cit. 2011-03-05]. Dostupné z: <http://www.wnti.co.uk/>
- [27] Státní ústav radiační ochrany, v.v.i.: *Celostátní radiační monitorovací síť*. [online] 2011 [cit. 2011-03-05]. Dostupné z: <http://www.suro.cz/cz/rms>
- [28] Státní ústav pro jadernou bezpečnost: *O SUJB*. [online] 2011 [cit. 2011-03-05]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz>
- [29] Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v. v. i.: *O SUJCHBO*. Dostupné z: <http://www.sujchbo.cz>

## **9. KLÍČOVÁ SLOVA**

1. Integrovaný záchranný systém.
2. Dozimetrie.
3. Radionuklidový zářič.
4. Zdroj ionizujícího záření.
5. Monitoring.