



OCHRANA JEDNOTEK POŽÁRNÍ OCHRANY PŘI ZÁSAHU V RADIOAKTIVNĚ KONTAMINOVANÉM PROSTŘEDÍ

Jozef Sabol¹, Bedřich Šesták²

ABSTRAKT

Referát se zabývá některými specifickými otázkami, které souvisí s ochranou jednotek PO (Požární ochrany) při zásahu v radioaktivně zamořeném prostředí. K požárům dochází v nejrůznějších objektech a budovách včetně těch, kde se radioaktivní zářiče vyrábějí, skladují, používají, ukládají nebo likvidují. Při dopravě radioaktivních zářičů může dojít k nehodě, která způsobí požár, jehož důsledky vyvolají uvolnění radioaktivních látek z poškozeného přepravovaného nákladu. I v takových situacích jsou zasahující jednotky PO potenciálně vystaveny jak vnějšímu ozáření pronikavým ionizujícím zářením emitovaným rozptýlenými radioaktivními látkami, tak i vnitřní kontaminací těmito látkami, které se dostanou do organismu dýchacími nebo jinými cestami.

Klíčová slova:

Jednotky požární ochrany, radioaktivní látky, radioaktivní kontaminace, ozáření, radiační ochrana, radiační monitory, ochranné prostředky.

ABSTRACT

The paper deals with some specific aspects related to the protection of the FUs (Firefighting units) during their rescue operations in radioactively contaminated environment. Fires occur in various facilities and buildings where the radioactive sources are produced, stored, used or disposed of. In the case of the transport involving radioactive sources, an accident may occur which could result in a fire, the consequences of which lead to the releases of radioactive substances from the damaged transported cargo. In such situations, intervening rescuers from FUs are potentially exposed both to external penetrating ionizing radiation emitted by dispersed radioactive substances as well as to internal contamination by these substances which entered the body due to the inhalation or other pathways.

¹Jozef Sabol, doc. Ing. DrSc., Policejní akademie České republiky v Praze, Lhotecká 559/7, 143 01 Praha 4, ČR; +420 974 828 036; sabol@polac.cz.

²Bedřich Šesták, prof. Ing. DrSc., Policejní akademie České republiky v Praze, Lhotecká 559/7, 143 01 Praha 4, ČR; +420 974 828 036; sestakb@polac.cz.

Key words:

Firefighting units, radioactive substances, radioactive contamination, exposure, radiation protection, radiation monitors, protective equipment.

1 ÚVOD

V místech a prostorách požáru, kde zasahují jednotky PO se občas vyskytují nebezpečné látky. K této skutečnosti se musí při zásahu přihlídnout zejména s ohledem jak na ochranu zasahujícího personálu, tak i dalších osob, které by těmito látkami mohly být ohroženy. Specifickým případem jsou v tomto směru radioaktivní látky, které se nacházejí v požárem postihnutém objektu. Tam se mohou tyto nebezpečné látky vyrábět, skladovat nebo používat k různým účelům. Jejich využití je časté v různých průmyslových aplikacích a pak především v medicíně. Zvláštním a mimořádně náročným je zásah při likvidaci požáru, který zasáhl jaderný reaktor nebo sklad vyhořelého paliva, kde se vyskytuje celá řada štěpných produktů (radionuklidů) s extrémně vysokou aktivitou.

Proto je nutno k těmto okolnostem přihlídnout a zajistit adekvátní radiační ochranu zasahujících jednotek i dalších osob nacházejících se v kontaminovaném prostoru. Příslušná opatření zahrnují zejména hodnocení radiační situace na základě monitorování záření, důsledné zabezpečení a kontrolu zamořených prostor a použití specifických ochranných prostředků a pomůcek určených k minimalizaci ozáření osob. Příspěvek obsahuje také stručnou zmínku o důsledcích některých nejvážnějších radiačních a jaderných nehod, které se, kromě stochastických účinků na okolní obyvatelstvo, projeví také deterministickými poškozeními zdraví záchranářů.

Při zásazích jednotek PO se setkáváme s uzavřenými i otevřenými radioaktivními zářiči. Pokud nedojde k porušení zapouzdření a obalu uzavřeného zářiče, do okolí neunikne radioaktivní látka, a tak nedojde k jeho zamoření. V tomto případě může dojít pouze k vnějšímu ozáření osob. Pokud se však požárem, v důsledku vysoké teploty, naruší zapouzdření uzavřeného zářiče, může dojít k jeho úniku do okolního prostředí. Míra ohrožení však záleží na fyzikálních a chemických vlastnostech konkrétní radioaktivní látky. Tak například, jedná-li se o zářič Co-60, který má charakter kovu, je z hlediska zamoření nebezpečí daleko menší, než pokud by se jednalo o práškovou formu zdroje (např. Cs-137 v podobě bílé krystalické látky chloridu cesného $^{137}\text{CsCl}$).

Nebezpečnost a škodlivé zdravotní účinky radioaktivních látek na člověka závisí obecně především na jejich aktivitě, tj. schopnosti emitovat záření, a na jejich radiotoxicitě, která souvisí vesměs na vlastnostech a energii vyzařovaného záření.

V případě výskytu radioaktivních látek v prostředí, kde se nacházejí zasahující jednotky je důležité situaci správně vyhodnotit na základě monitorování radiačních úrovní, popřípadě stanovení koncentrace radioaktivních látek ve vzduchu. Někdy je důležité identifikovat radionuklidy nacházející se v kontaminovaném prostředí.

Výsledky takového monitorování jsou rozhodující pro přijetí adekvátních opatření dalšího postupu, kde se musí důsledně přihlídnout k zajištění ochrany osob. Kvůli jednoznačné interpretaci, tyto výsledky se musí udávat v příslušných veličinách a jednotkách. Někdy může dojít k chybám při záměně starých a nových jednotek.

Základním dokumentem pro postup jednotek PO v České republice v případech nebezpečí vyvolaném zářením Bojový řád jednotek požární ochrany, který vydalo Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru MV ČR [1].

2 BIOLOGICKÉ ÚČINKY ZÁŘENÍ A JEJICH KVANTIFIKACE V RADIAČNÍ OCHRANĚ

Již od začátku objevu rentgenového záření (1895) a radioaktivity (1996) se projevovaly jisté signály, které postupně dospěly k definitivnímu závěru: působení záření na lidský organismus vyvolává určité specifické zdravotní účinky. Ze začátku se pozorovalo zejména viditelné zrudnutí a poškození kůže. Později se tyto účinky začaly spojovat i s jinými projevy, jako je nevolnost či zvracení. Zjistily se také změny v krevním obrazu. To však byly všechno účinky, které se dostávají až po ozáření relativně vysokými dávkami. Pro tyto účinky (dříve nazývané deterministické, dnes tkáňové reakce na ozáření) je charakteristické, že se začínají projevovat až od určité relativně vysoké prahové dávky pro konkrétní projev poškození na ozářenou tkáň či orgán nebo celé tělo. Důležitým rysem této skupiny účinků je měnící se klinický obraz se stoupající dávkou, což znamená, že zdravotní závažnost účinků je závislá na dávce.

Později, na přelomu 40. a 50. let minulého století, se došlo k závěru, že určité nebezpečí představují i nízké dávky, kterou mohou u ozářených osob přispět k přidavnému navýšeného výskytu rakovinového onemocnění. Přitom pravděpodobnost, že k tomu dojde roste s dávkou. Prozatím se předpokládá, že závislost mezi dávkou nad přírodním pozadím a pravděpodobností indukce zhoubného nádoru je lineární (bezprahová). Na rozdíl od deterministických účinků, které jsou důsledkem letálního poškození buněk ozářených vysokou dávkou, u stochastických účinků hraje roli výskyt mutací genomu vzniklých ozářeními nízkými dávkami.

S ohledem na rozdílný charakter biologických účinků, je žádoucí zohlednit tento faktor i při rozdílném kvantifikování stochastických a deterministických účinků. Výchozí veličinou je v obou případech absorbovaná dávka (obvykle jenom dávka), která představuje energii sdělenou jednotkové hmotnosti tkáně. V radiační ochraně se zpravidla dávka (symbol D) bere jako její střední hodnota v daném orgánu nebo tkáni (orgánová dávka).

Vzhledem k tomu, že různé druhy záření působí na tkáň rozdílným způsobem, toto se bere v potaz při definici veličiny ekvivalentní dávky (H_R) ve tkáni nebo orgánu vyvolané zářením typu R, přičemž $H_R = w_R \times D_R$, kde dávka D_R je dávka vyvolaná zářením R v uvažované tkáni T a w_R je radiační váhový faktor. K tomu, abychom postihli účinky na celý organismus, musíme vzít v úvahu účinky ve všech vybraných

nejvíce radiosenzitivních tkáních T. Výsledná veličina potom odráží celkovou pravděpodobnost stochastických účinků na lidský organismus, kde se přes tkáňové váhové faktory w_T zohledňuje různá specifická citlivost tkání. Tato veličina, nazývaná efektivní dávka E, je definována vztahem

$$E = \sum_T w_T H_R \sum_R w_R D_{T,R}$$

kde w_T a w_R jsou bezrozměrné váhové faktory a $D_{T,R}$ představuje dávku ve tkáni T od záření typu R. Jestliže je dávka v jednotkách Gy (gray) potom je efektivní dávka kvantifikovaná v jednotkách Sv (sievert).

Pro vyjádření míry deterministických účinků slouží veličina RBE-vážená dávka D_{RBE} , která je zavedena jako součin dávky a tzv. radiobiologické účinnosti RBE (Radiobiological Efficiency), tj.

$$D_{RBE} = D \cdot RBE$$

kde dávka D je vyvolána zářením, vyznačujícím se hodnotou RBE. Jednotkou takhle definované veličiny je Eq-Gy (ekvivalentní Gy).

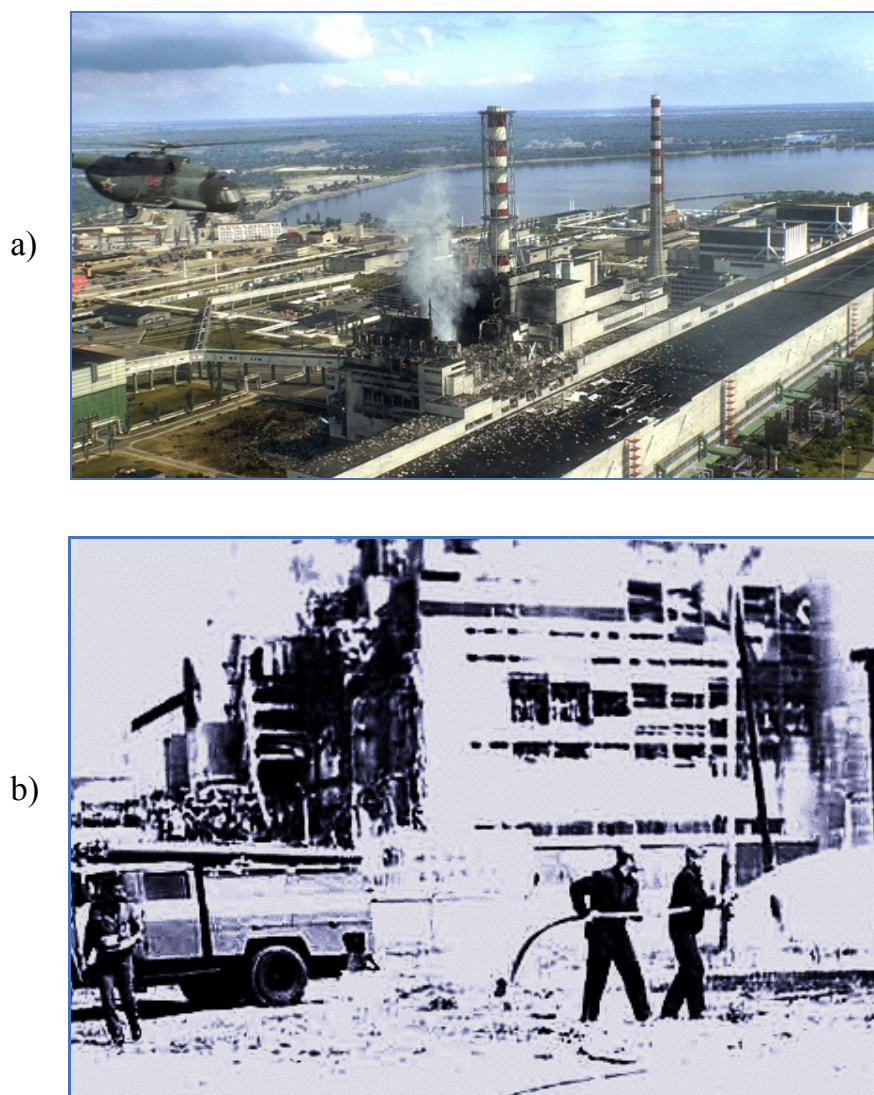
Ozáření osob, které jsou zasaženy radioaktivní kontaminací, závisí nejenom na aktivitě radioaktivních zářičů, ale také, jak již bylo zmíněno, i na jejich fyzikálních a chemických vlastnostech. Aktivita je přitom definována jako počet radioaktivních přeměn v daném radionuklidu za jednotku času. Jednotkou této veličiny je becquerel (Bq), který odpovídá v průměru jedné přeměně za sekundu. Tato jednotka aktivity je velmi malá, a proto se používají její násobky jako kBq, MBq, GBq, TBq případně další. Často se aktivita vztahuje na jednotku hmotnosti, objemu nebo plochy, příslušné jednotky jsou potom $Bq \cdot kg^{-1}$, $Bq \cdot m^{-3}$ resp. $Bq \cdot m^2$. Starou jednotkou aktivity, s níž se ještě můžeme v literatuře setkat, byla jednotka curie (Ci), přičemž $1 Ci = 3,7 \times 10^{10} Bq$.

3 ZÁVAŽNOST RADIAČNÍCH A JADERNÝCH NEHOD

V případě radiačních nebo jaderných nehod či havárií, jakož i pokud dojde radiologickému teroristickému útoku, v místě takové události dojde k radioaktivnímu zamoření, které může ohrozit zdraví zasažených osob a kontaminovat okolní prostředí (povrch terénu, budovy). K takové situaci dochází zejména při likvidaci požárů v zařízeních, kde jsou přítomné radioaktivní látky. Při zásahu jednotek PO v těchto zařízeních se musí věnovat zvláštní pozornost zajištění adekvátní ochrany jednotek, včetně jejich vybavení příslušnými ochrannými prostředky a monitorovací technikou pro stanovení radiační úrovně v daném místě. Zejména v silně radioaktivně zamořeném prostředí, kde zasahují jednotky PO, se musí dbát na jejich ochranu tak, aby záchranáři nebyli vystaveni vysokým úrovním ozáření, které by vyvolaly deterministické účinky. V tomto směru se aplikují poznatky a poučení, které vyplynuly ze zkušeností při likvidaci velkých radiačních havárií (zejména havárie s radioterapeutickým zářičem v Goiainii, v Brazílii [2]) a jaderných havárií v Černobylu [3] a Fukušimě [4].

V první fázi černobylské havárie se hráli požární jednotky klíčovou, byť velmi smutnou roli. Vše nasvědčovalo tomu, že jejich vybavení ochrannými prostředky nebylo na odpovídající úrovni. Rovněž tak výcvik těchto záchranářů, kteří v nelehkých podmínkách bojovali s ohněm za daných podmínek mimořádně statečně. Nakonec 28 z nich bylo během akce ozářeno smrtelnou dávkou. Po právu byl požárníkům postaven pomník, jako ocenění a připomínku jejich statečného boje s požárem ve specifických podmínkách extrémně zamořeného prostředí, což vedlo k jejich značnému ozáření v důsledku pronikavého vnějšího záření a stejně tak vnitřního ozáření, které vyvolal vstup radioaktivních látek a plynu do organismu.

Na obr. 1 je pohled a rozrušený a zcela obnažený reaktor 4. bloku Černobylské JE a první záběry ukazující požární čety bojující nerovný boj se živlem, který v této podobě zažili poprvé. Na dalším obrázku, obr. 2, je pohled na památník požárníkům, z nichž mnozí při likvidaci požáru přišli o život a své zdraví.



Obrázek 1 Černobylská jaderná havárie, a) pohled na zničený reaktor 4. bloku, b) první autentické záběry z hašení požáru na tomto bloku, kde je vidět jakou celkem primitivní techniku používali nedostatečně chráněné požární jednotky.



Obrázek 2 Pohled na památník požárníkům, kteří při nerovném boji s požárem na jaderném reaktoru přišli o život.

Celkem přes 200 lidí bylo okamžitě hospitalizováno, z nich 31 zemřelo (28 z nich na akutní nemoc z ozáření). Většina z nich byli hasiči a záchranáři (snažící se dostat havárii pod kontrolu), kteří nebyli plně informováni, jak nebezpečné je ozáření vdechováním kouře obsahující radioaktivní látky. Přibližně 135 tis. lidí bylo z oblasti evakuováno, včetně 50 000 z blízkého města Pripjat'. Na základě současného přístupu k odhadu stochastických účinků na obyvatelstvo ozáření nízkou úrovní (zhruba do 100 mSv), lze předpokládat, že mezi likvidátory (kolem 600 tis.) a zasaženým obyvatelstvem Ukrajiny, Běloruska a Ruské federace dojde k určitému nárůstu výskytu onemocnění rakovinou. Toto zvýšení však bude relativně velmi malé s ohledem na spontánní frekvenci rakoviny, která je na úrovni kolem 30%. To znamená, že v podstatě každý třetí obyvatel dříve nebo později touto chorobou onemocní v důsledku jiných příčin než ozáření.

4 PŘEHLED PRACOVÍŠŤ V ČR S VÝSKYTEM RADIOAKTIVNÍCH ZDOJŮ O VELMI VYSOKÉ AKTIVITĚ

Nejintenzivnějšími zdroji záření jsou bezesporu jaderné reaktory, vyhořelé jaderné palivo a vysokoaktivní radioaktivní zdroje používané v průmyslových a lékařských ozařovačích. Jednotky PO jsou součástí IZS MV ČR, které zahrnují HZS ČR, Policii ČR a poskytovatele zdravotnických záchranných služeb. Z hlediska zajištění ochrany těchto jednotek je důležité mít k dispozici informaci o všech objektech nebo zařízeních, kde se nachází „dostatečné“ množství radioaktivních látek, které by mohly potenciálně vyvolat ozáření osob nad rámec stanovených limitů či referenčních úrovní. Tento požadavek se vztahuje na pracoviště pro výrobu, skladování a použití radioaktivních látek, resp. k likvidaci použitých nebo nepotřebných záříčů (obvykle na úložišti radioaktivních odpadů). Požární jednotky však občas musí zasahovat i při dopravních nehodách vozidel, která přepravují radioaktivní látky. Jejich zásah je někdy potřebný i v situacích, kde se jedná o teroristický útok nebo kriminální činnost týkající se nelegálního transportu nebo obchodu s radioaktivními či jadernými materiály.

Mezi pracoviště zabývající se využíváním silných uzavřených radioaktivních zdrojů patří především průmyslové a lékařské ozařovače určené zejména ke sterilizaci materiálů nebo výrobků a potom defektoskopická pracoviště, kde radioaktivní zářiče slouží pro kontrolu kvality různých materiálů nebo i celých systémů či jejich součástí. S otevřenými radioaktivními zářiči se setkáváme především na odděleních nukleární medicíny, kde se radioaktivní látky (radiofarmaka) používají pro terapeutické a diagnostické účely.

V návaznosti na doporučení MAEA (Mezinárodní agentury pro atomovou energii) [2], byla Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (SÚJB) [5] vypracována Národní zpráva ČR k havarijní připravenosti a odezvě [6], na jehož základě lze za hlavní pracoviště provozující vysokoaktivní radioaktivní zdroje považovat:

Jaderné reaktory

- JE Dukovany a JE Temelín s energetickými jadernými reaktory o celkovém výkonu 1750, resp. 2000 MW;
- Výzkumné jaderné reaktory v Centru výzkumu Řež, s.r.o. (reaktor LVR-15 o výkonu 10 MW, reaktor LR-0 o tepelném výkonu 5 kW);
- Školní reaktor VR-1 na ČVUT – FJFI.

Sklady vyhořelého paliva

- Sklad vyhořelého paliva a úložiště radioaktivních odpadů v areálu JE Dukovany;
- Sklad vyhořelého paliva v areálu JE Temelín.

Úložiště a sklady radioaktivních odpadů

- Úložiště v dole Richard u Litoměřic a v dole Bratrství u Jáchymov;
- Sklad vysoce aktivních odpadů v ÚJV Řež, a.s.;

Pracoviště uranového průmyslu Diamo, s.p.

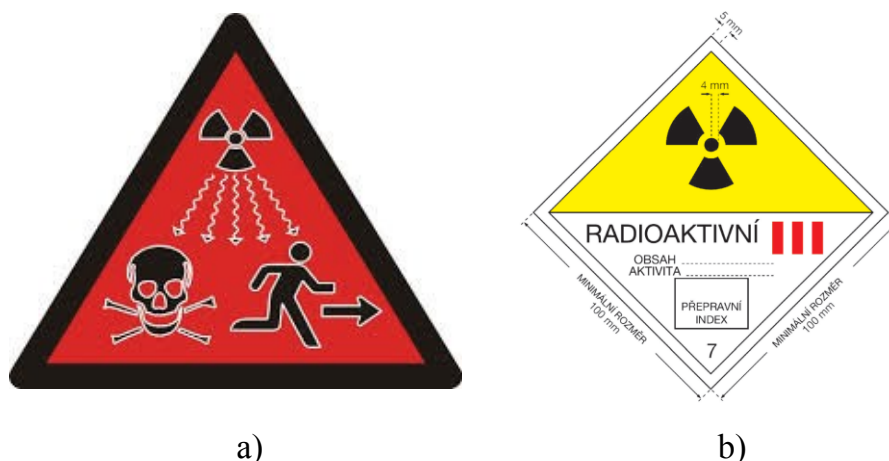
- Důlní těžba a zpracování uranové rudy, odštěpný závod GEAM, Dolní Rožinka;
- Likvidace pozůstatků těžby, odštěpný závod Správa uranových ložisek, Příbram;
- Likvidace pozůstatků těžby, odštěpný závod Správa uranových ložisek, Mydlovary;
- Likvidace chemické těžby, odštěpný závod Těžba a úprava uranu, Stráž pod Ralskem;
- Provoz dekontaminačních stanic důlních vod pracovišť v lokalitách odštěpných závodů DIAMO, s.p.

Pracoviště s vysokoaktivními zdroji

- Pracoviště s velkým průmyslovým ozařovačem (pracoviště pro radiační sterilizaci zdravotnického materiálu), BIOSTER, a.s., Veverská Bítýška;
- Pracoviště vyrábějící, popřípadě i používající, otevřené i uzavřené radionuklidové zářiče o celkově vysokých aktivitách společností (Eckert & Ziegler Cesio, s.r.o., Praha, ISOTREND, s.r.o., Praha, Český metrologický institut–inspektorát ionizujícího záření, Praha, ÚJV Řež, a.s., Řež, RadioMedic, s.r.o., Řež, VF, a.s., Černá Hora, LOMA, r.o., Dobřany);

- Pracoviště s otevřenými radioaktivními zdroji v radioterapii a v nukleární medicíně.

Na uvedených pracovištích se prevenci před požáry, a stejně tak ochraně záchranářů, kteří tam zasahují, věnuje zvýšená pozornost a na to jsou příslušné jednotky PO dobře přepraveny. Určitým problémem mohou však představovat menší pracoviště, kde se radioaktivní zářiče nacházejí nebo využívají ke specifickým aplikacím pro průmyslové a lékařské účely. U těchto pracovišť občas dochází ke změně ve využívání zářičů včetně jejich specifikace, nebo taková pracoviště zanikají, a naopak vznikají nová pracoviště s těmito zdroji. Proto je nezbytné, aby jednotky PO byly o této situaci průběžně informovány a mohly se tak na případný zásah na takovém pracovišti adekvátně připravit. Aktualizovaný seznam pracovišť s radioaktivními zdroji je uložen na KOPIS (Krajské operační a informační středisko) HZS každého kraje. Pracoviště se radioaktivními zdroji jsou označena příslušnou bezpečnostní značkou nebo symbolem (obr. 3) [7,8].



Obrázek 3 Označení míst, kde se vyskytují zdroje ionizujícího záření, a) nová podoba výstražného symbolu, b) označení přepravované radioaktivní látky spolu s některými důležitými parametry.

Obecně, za možná místa s výskytem ionizujícího záření jsou považovány [1]:

- Objekty, v nichž se nacházejí pracoviště s otevřenými nebo uzavřenými zářiči, nebo místa jejich uložení, příp. skladování. Jsou to především jaderná zařízení, dále např. pracoviště nukleární medicíny, radioterapeutická pracoviště, defektoskopická pracoviště, výzkumná pracoviště. Pracoviště se zdroji záření jsou označena příslušnou bezpečnostní značkou.
- Přepravní prostředky, ve kterých se dopravují radioaktivní materiály v přepravních kontejnerech a obalových souborech. Tyto přepravní prostředky musí být označeny dle příslušných předpisů.
- Místa, kde se nepředpokládá výskyt zářičů (např. zapomenuté, ztracené nebo úmyslně odložené zářiče v železném šrotu nebo ve výrobcích z tohoto šrotu).
- Místa spojená s kriminální činností (např. nelegální převoz, sklady, skládky, obchod) a místa, kde došlo k teroristického útoku, včetně nálezů podezřelých předmětů, nástražných výbušných systémů apod.

5 OCHRANA ZASAHUJÍCÍCH JEDNOTEK A DALŠÍCH OSOB

Při ochraně jednotek PO je důležitá kontrola jejich ozáření, která by měla být minimalizována a ozáření by v žádném případě nemělo překročit směrodatné hodnoty. S ohledem na specifickou situaci a úkoly hasičů nebo záchranářů, jejich akceptovatelné ozáření je na mnohem vyšší úrovni, než je tomu za normálních podmínek u obyvatelstva nebo pracovníků, kde roční limit ve smyslu efektivní dávky nesmí překročit 1 mSv resp. 20 mSv.

Pro ozáření zasahujících osob se toleruje hodnota efektivní dávky 100 mSv (na zásah), přičemž se nemusí vyžadovat dobrovolnost. Na druhé straně, pro ozáření záchranářů v případech, jedná-li se o záchranu lidského života či zabránění rozvoje nehodové expoziční situace nad 500 mSv za rok zasahující osoba se může účastnit zásahu pouze dobrovolně [1]. Na základě biologických účinků musí být zásah veden tak, aby nebyly překročeny prahové dávky z hlediska deterministických účinků a zároveň celková dávka byla co nejmenší z hlediska výskytu stochastických účinků.

Jednotky požární ochrany jsou pro radiační ochranu zasahujících a pro radiační průzkum vybaveny osobními dozimetry SOR/R 022, verze DMC, zásahovými dozimetry URAD 115 (operativními měřiči fotonového dávkového ekvivalentu a jeho příkonu) a radiometry DC-3E-98 a DC-3H-08 (měřiči dávkového příkonu a povrchové kontaminace). Jako podpora při zásahu složek HZS a IZS slouží výjezdové skupiny chemických laboratoří HZS ČR a jejich laboratorní zázemí [9]. Na vyžádání SÚJB fungují výjezdové skupiny též jako mobilní skupiny CRMS (Centrální radiační monitorovací síť). Důležitou součástí ochranných prostředků jsou zejména ochranné oděvy spolu s maskou. Jedno z moderních provedení ochranného oděvu je na (obr. 4).



Obrázek 4 Ilustrace principu ochrany osob před vnějším zářením a interní radioaktivní kontaminací.

Při zásahu jednotek PO v případě nebezpečí zevního ozáření zdrojem ionizujícího záření nebo nebezpečí kontaminace radioaktivními látkami se vytyčuje vnější zóna minimálně 50 m od místa zásahu tam, kde jsou hodnoty dávkového

příkonu menší než 0,5 $\mu\text{Gy/h}$, a na základě radiačního průzkumu se vytyčují příslušné bezpečnostní zóny.

6 ZÁVĚR

Při zásahu jednotek PO v místech výskytu radioaktivní kontaminace je nutné věnovat zvýšenou pozornost ochraně záchranářů a všech dalších osob před škodlivými účinky ozáření, k němuž může dojít jednak pronikavým ionizujícím zářením dopadajícím na povrch organismu zevně, případně interní kontaminací, kdy radioaktivní látka se dostane do těla zasažené osoby. V takových případech je důležité vybavení požárníků ochrannými prostředky a použití příslušných monitorů ke stanovení radiační úrovně. Přitom se musí postupovat v souladu s požadavky zaměřenými na ochranu osob a životního prostředí, které jsou zakotveny v příslušných vyhláškách a nařízeních dozorného orgánu SÚJB, na něž navazuje bojový řád jednotek požární ochrany GŘ HZS.

LITERATURA

- [1] Bojový řád jednotek požární ochrany – taktické postupy zásahu. MV ČR – GŘ HZS, Praha, 30.9.2017. Dostupný na [www](http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx) (2018-03-10): <http://www.hzscr.cz/clanek/bojovy-rad-jednotek-pozarni-ochrany-v-dokumentech-491249.aspx>.
- [2] The radiological accident in Goiania. IAEA, Vienna, 1988.
- [3] Chernobyl disaster. Encyclopaedia Britannica, 2018. Dostupný na [www](https://www.britannica.com/event/Chernobyl-disaster) (2018-03-10): <https://www.britannica.com/event/Chernobyl-disaster>.
- [4] Fukushima nuclear accident. IAEA, Vienna, 2016. Dostupný na [www](https://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima) (2018-03-10): <https://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima>.
- [5] Státní úřad pro jadernou bezpečnost. Dostupný na [www](https://www.sujb.cz/uvod/) (2018-03-10): <https://www.sujb.cz/uvod/>.
- [6] Národní zpráva České republiky k havarijní připravenosti a odezvě. Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, březen 2014.
- [7] Ionizing - radiation warning standards. IAEA, Vienna, 2016. Dostupný na [www](http://www-ns.iaea.org/tech-areas/radiation-safety/radiation-symbol.asp) (2018-03-10): <http://www-ns.iaea.org/tech-areas/radiation-safety/radiation-symbol.asp>
- [8] Preparedness and response for a nuclear or radiological emergency, Safety Standards Series No. GS -R-2, IAEA, Vienna, 2002.
- [9] URBAN, I. Soudobá rizika v radiační oblasti a protiradiační opatření. *The Science for Population Protection*. Zvláštní vydání, 2012, s. 45-51.