



Zdravotně
sociální fakulta
Faculty of Health
and Social Studies

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Zdravotně sociální fakulta
Katedra radiologie, toxikologie a ochrany obyvatelstva

Diplomová práce

Hodnocení přístrojů používaných v AČR v případě radiální mimořádné události

Vypracovala: Bc. Romana Lošková
Vedoucí práce: Ing. Jan Singer, CSc.

České Budějovice 2014

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá možností využití Armády České republiky při radiační mimořádné události. Prioritně je zaměřena na hodnocení vybraných přístrojů používaných zejména k radiačnímu průzkumu, shromáždění legislativy týkající se problematiky radiační ochrany i prostudování schválených postupů.

Na začátku se práce věnuje historii vzniku sítě včasného zjištění na území tehdy ještě Československé socialistické republiky a jejím postupným vývojem až do současné podoby. Z hlediska závažných radiačních mimořádných událostí je tato síť, díky celoplošnému pokrytí, neocenitelným pomocníkem při pozorování šíření radioaktivní kontaminace, ale také při varování.

V další části práce shrnuje základní informace o tom, co je to ionizující záření, jak vzniká a jaké základní veličiny ho charakterizují. Rovněž zde dochází k jeho členění na základní druhy, popsání účinků na lidský organizmus a nejvýznamnějších interakcí nejpravděpodobněji zneužitelných druhů zdrojů ionizujícího záření. Tato tematika je rozebrána zejména z důvodu další části diplomové práce, která nese název Radiological Dispersion Device, tedy špinavá bomba.

Slovo terorismus dnes patří k pojmům, které se objevují každý den v masmédiích a je hodnocen jako zásadní mezinárodní bezpečnostní problém. Teroristé využívají různých prostředků jak dosáhnout svého cíle, ale jednou z nejrizikovějších zbraní, kterou by mohli reálně použít, je právě špinavá bomba. Důvodem této volby je především její konstrukční jednoduchost, nízké náklady a značná účinnost. Terorismus usiluje o určité politické či náboženské cíle a volí v první řadě násilné metody k jejich dosažení.

Podle databáze IAEA (Illicit Trafficking Database – „ITDB“) se od roku 1993 do prosince roku 2012 registruje 419 případů neoprávněného držení radioaktivních zdrojů a související trestné činnosti. Do této kategorie také spadá nelegální držení, pokusy o obchodování, ale i protizákonné používání radioaktivních látek. V šestnácti případech se jednalo o vysoce obohacený uran nebo plutonium a 615 případů se týkalo ztráty nebo krádeže jaderné nebo jiné radioaktivní látky.

V této kapitole jsou dále vypsány některé radioaktivní prvky vhodné pro výrobu špinavé bomby, její možné sestavení a její primární účinky

Podstatnou část diplomové práce tvoří shrnutí a utřídění legislativy. Jako první jsou zmiňovány Mezinárodní normy, které jsou zde zastoupeny dvěma dokumenty. Publikace 103 Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007 se zabývá mimo jiné koncepty dávkových optimalizačních mezí, které určují úroveň dávky v plánovaných expozičních situacích a referenčních úrovní, které se používají pro nehodové expoziční situace a existující expoziční situace. Pro tuto práci podstatnější Publikace 96 Ochrana lidí proti ozáření v případě radiačního útoku, řešící z části ochranu prvosledových jednotek, kterými jsou složky integrovaného záchranného systému, a doporučuje maximální expozici zasahujících osob.

Národní legislativa je z jedné části prezentována zákonem 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomovým zákonem), jeho prováděcí vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně a nezbytnými zákony 239/2000 Sb., o IZS a 240/2000 Sb., o krizovém řízení. Další část se týká přímo legislativy řešící nasazení příslušníků Armády České republiky při radiační mimořádné události.

Podle Katalogu typových činností IZS, STČ – 01/IZS Uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně, by byla Armáda České republiky jedna ze zasahujících složek při takovémto útoku. V diplomové práci jsou podrobněji rozebírány jednotlivé postupy AČR, a to od činností před zasazením, přes předcházení ohrožení, reakcí na vzniklou událost, po činnosti po události, dekontaminace a následnou kontrolu kontaminace osob a sledování jejich zdravotního stavu.

Poslední bod teoretické části je zaměřen na vybavení příslušníků Armády České republiky, kde se pozornost soustředí na přístroje dozimetrické kontroly, částečně na přístroje určené pro radiační průzkum, ale také prostředky individuální ochrany.

Prakticky orientovaná část se zabývala především na naplnění jednoho z cílů práce, kterým bylo zhodnocení vybraných dozimetrických přístrojů používaných v Armádě České republiky určených pro radiační průzkum. K tomuto účelu bylo využito metody kvantitativního zpracování jejich hlavních parametrů. Při porovnání byla použita analýza ve vybraném vzorku a pomocí souhrnného indexu IV_i byl

vyjádřen stav použitelnosti přístrojů z hlediska dnešního využití při radiační mimořádné události. Stanovené cíle diplomové práce byly naplněny prostřednictvím uvedených metod.

V diskuzi byla provedena komparace jednotlivých přístrojů a jejich zhodnocení z hlediska využitelnosti při společném zásahu s ostatními složkami integrovaného záchranného systému při radiační mimořádné události. Došlo ke zjištění, že některé z přístrojů jsou zastaralé a nesplňují požadavky pro takovou činnost. Tento fakt vychází ze skutečnosti, že některé přístroje byly vytvořeny v době nebezpečí jaderné války. Tomu jednak odpovídá jejich bytelná konstrukce, ale také vysoký práh citlivosti, což je při řešení radiační mimořádné situace nežádoucí. Největším problémem se ale ukázalo, že některé přístroje měří veličiny ve starých, již nepoužívaných jednotkách, což by mohlo způsobit předání zavádějících informací. Jiné přístroje jsou naopak velmi moderní, citlivé již při nízkých hodnotách dávkového příkonu a poskytují informace v reálném čase na přehledném LCD displeji.

V případě celkového shrnutí připravenosti Armády České republiky zasahovat při radiační mimořádné události je nutno konstatovat, že AČR je připravena plnit úkoly zajišťující záchranné a likvidační práce na dostatečné úrovni.

ABSTRACT

This Thesis deals with the option of employing the Armed Forces of the Czech Republic (ACR) when a radiation emergency is imminent. Primarily, it focuses on evaluation of selected devices designed for radiation reconnaissance; summarising of radiation protection related legislation; and study of approved procedures.

At its beginning, this Thesis tracks the origin of early detection systems at the territory of the then Czechoslovak Socialist Republic and their gradual evolution into the existing form. From the radiation emergency point of view, this nationwide system represents a priceless help for monitoring of radioactive contamination dispersion and for warning.

The following part sums up basic information on what is an ionizing radiation, how it comes into being and which basic quantities describe it. This part also contains basic type distinction, description of consequences for human organism and the most significant interactions of sources of ionizing radiation that could be misused with the most probability. This specific topic is introduced here because of the subsequent part of this Thesis being named Radiological Dispersion Device, or the dirty bomb.

Terrorism is a term discussed by massmedia on every day basis and it is regarded to be essential international security challenge. The terrorists make use of diverse means to achieve their goals, but the most dangerous weapon they could possibly use is the dirty bomb. The reason for such a choice is mainly its simple construction, low cost and considerable efficiency. The terrorism has certain political or religious objectives and it resorts, primarily, to violent methods to reach those.

Based on IAEA's ITDB (Illicit Trafficking Database), there were 419 cases of illegitimate possession of radioactive sources and related criminal acts from 1993 till December 2012. This category includes illegal possession of, attempted trafficking with unlawful use of radioactive substances. In sixteen cases the substance in question was highly enriched uranium or plutonium and 615 cases related to loss or theft of a nuclear or other radioactive substance.

The same chapter also indicates some radioactive elements suitable for construction of a dirty bomb, its possible assembly and its primary effects.

The significant part of this Thesis is the summary and classification of related legislation. The first documents referred to are two international standards. Publication 103 the 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection is dealing, inter alia, with dosing limits determining dose levels in planned exposure situations and reference levels used for emergency exposure situations and existing exposure situations. Publication 96 Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack is more substantial for this Thesis since it partly copes with the protection of front-line units including Integrated Rescue System (IRS) components and it specifies maximum exposure time for intervening personnel.

National legislation is represented by the Act No. 18/1997 Coll., On Peaceful Utilisation of Nuclear Energy and Ionizing Radiation (the Atomic Act), its Edict No. 307/2002 Coll., On Radiation Protection and necessary Acts No.239/2000 Coll., On IRS and No. 240/2000 Coll., On Crisis Management. The following part focuses directly on legislation related to employment of ACR personnel in case of radiation emergency.

Based on the IRS Catalogue of Typical Activities (STC – 01/IZS), Materialised and Verified Use of a Radiological Weapon, the ACR would be one of the intervening components in such an attack. This Thesis analyses in detail individual ACR procedures starting with activities before employment, through threat prevention, event reaction to post-event activities like decontamination followed by monitoring of personnel contamination and their health condition.

The last issue in the theoretical portion describes equipment of ACR personnel with focus on dosimetric control devices, and partly on devices designed for radiation reconnaissance and personal protection tools.

The practical part deals mainly with one of the Thesis's goals which was evaluation of selected dosimetric devices used by the military for radiation reconnaissance. For this purpose, the quantitative research processing their main parameters was applied. The analysis within a selected sample was used for comparing and the summary index IV_i then showed the status of device applicability for

contemporary use in radiation emergency. The pre-defined goals of this Thesis have been met implementing the above methods.

The comparison of individual devices and their evaluation in respect to their applicability in joint radiation emergency operation with other IRS components has been carried out via discussion. It has been found out that some of the devices are obsolete and do not comply with the requirements for this job. This fact reflects the reality that these devices were designed in the period of a potential nuclear war. This corresponds with their robust structure and high level of sensitivity which is not desirable for a radiation emergency. The most severe problem, however, seems to be the fact that some devices measure quantities in old, no more used, units which could cause misinterpretation. On the other hand, other devices are modern, sensitive at low levels of dose input and offer real-time information on a well organised LCD display.

To answer the question of ACR's readiness to intervene in a radiation emergency one has to say that the ACR is ready to meet its rescue and consequence management tasks at a satisfactory level.

Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

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 elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich 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 Českých Budějovicích dne 19. 5. 2014

.....

Bc. Romana Lošková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Singerovi, CSc. za jeho odborné připomínky a metodické vedení. Panu kpt. Ing. Jiřímu Jandovi, Ph.D. z Ústavu ochrany proti zbraním hromadného ničení děkuji za cenné rady a konzultace při zpracování. Také bych chtěla poděkovat panu Ing. Liborovi Líbalovi za informace ohledně zpracování metodické části mé diplomové práce.

OBSAH

ÚVOD	12
1 TEORETICKÁ ČÁST	14
1.1 Monitorování radiační situace.....	14
1.2 Ionizující záření.....	16
1.2.1 Druhy ionizujícího záření	17
1.2.2 Principy limitování a regulace expozic	19
1.3 Reálné hrozby použití jaderného nebo jiného materiálu.....	20
1.3.1 Radiological Dispersion Device	21
1.4 Legislativa	26
1.4.1 Mezinárodní normy a doporučení	26
1.4.2 Bezpečnostní strategie České republiky 2011	30
1.4.3 Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon).....	30
1.4.4 Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně	30
1.4.5 Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů.....	33
1.4.6 Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)	33
1.4.7 Legislativa upravující nasazení příslušníků AČR	34
1.5 Činnosti příslušníků AČR při radiační mimořádné události	41
1.6 Výbava příslušníků AČR	50
2 HYPOTÉZA A METODIKA VÝZKUMU	59
3 VÝSLEDKY	63
3.1 Intenzimetr IT-65 (měřič expozice) (ČR)	63
3.2 Dozimetrický přístroj DP-86 (měřič dávkového příkonu) (ZPA, ČR).....	65
3.3 Elektronický dozimetr RDS-120 (RADOS, Finsko).....	67
3.4 Elektronický osobní dozimetr RDS-200 (RADOS, Finsko)	69
3.5 Automatický signalizátor úrovně radiace AS-67 (ČR)	72
3.6 DP-3b (SSSR).....	74

3.7	Dozimetrický přístroj DP-98 (RH^+ , ČR).....	76
3.8	Radiometr DC-3E-98	79
4	DISKUSE	82
4.1	Komparace přístrojů radiačního průzkumu.....	82
4.2	Index využitelnosti	84
5	ZÁVĚR	91
6	SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	93
7	KLÍČOVÁ SLOVA	100
8	SEZNAM TABULEK.....	101
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	103
10	PŘÍLOHY	104

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AČR – Armáda České Republiky

ARMS – Armádní Radiační Monitorovací Síť

DeKo odřad – Dekontaminační Odřad

HZS – Hasičský Záchranný Sbor

IAEA – International Atomic Energy Agency

IRIS - Integrovaný Radiační Informační Systém

IZS – Integrovaný Záchranný Systém

MAAE – Mezinárodní Agentura pro Atomovou Energii (angl. IAEA)

MU – Mimořádná Událost

NGŠ AČR – Náčelník Generálního Štábu Armády České Republiky

OPIS GŘ HZS – Operační a Informační Středisko Generálního Ředitelství HZS

OPIS IZS – Operační a Informační Středisko Integrovaného Záchranného Systému

OV – Operační Velitelství

PČR – Policie České Republiky

RMS – Radiační Monitorovací Síť

SaP – Síly a Prostředky

SOD – Stálý Operační Dozorčí

SSm SOC MO – Stálá Směna Společného Operačního Centra Ministerstva Obrany

SÚJB – Státní Úřad pro Jadernou Bezpečnost

SÚRO – Státní Ústav Radiační Ochrany

ÚVVetÚ – Ústřední Vojenský Veterinární Ústav

VeSPod – Velitelství Sil Podpory

VeSpS – Velitelství Společných Sil

VVetZS – Vojenská Veterinární Zásahová Skupina

VÚ – Vojenský Útvar

VZ – Vojenské Zařízení

VZÚ – Vojenský Záchranný Útvar

ZNGŠ – Ř SOC MO – Zástupce Náčelníka Generálního Štábu – Ředitel Společného Operačního Centra Ministerstva Obrany

4. brn – 4. Brigáda rychlého nasazení

7. mb – 7. Mechanizovaná brigáda

15. žp – 15. Ženíjný pluk

31. prchbo -31. pluk radiační, chemické a biologické ochrany

ÚVOD

V současné době nelze vyloučit účast příslušníků Armády České republiky při zásahu u radiační mimořádné události na území České republiky. Důležitou otázkou je proto hodnocení jejich přístrojů, využívaných k tomuto účelu. Vzhledem k rozsáhlosti tohoto tématu, je práce zaměřena především na lokální radiační mimořádnou situaci, jakou je teroristický útok za použití konvenční trhavin a radioaktivních látek.

V teoretické části je jedna z kapitol věnovaná objasnění pojmu ionizující záření. Je zde mimo jiné vysvětleno, jak vzniká, jaké základní veličiny ho charakterizují a jaké má účinky na lidský organizmus.

Další kapitola se zabývá zneužitím radioaktivních látek ve formě tak zvané Radiological Dispersion Device, neboli špinavé bomby. V dnešní době jsou teroristické skupiny vysoce organizované a velmi dobře financované, což jim umožňuje snadnější přístup k radioaktivnímu materiálu. Sestrojení této zákeřné zbraně je potom již snadnou záležitostí. V této části jsou rovněž vypsány některé radioaktivní prvky vhodné pro výrobu špinavé bomby, její možné sestavení a její hlavní účinky.

V kapitole zabývající se legislativou jsou podrobněji rozebrány Mezinárodní normy a doporučení jako jsou Publikace 103 Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007 a Publikace 96 Ochrana lidí proti ozáření v případě radiačního útoku. Z národní legislativy jsou v práci zmíněny především zákon 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomovým zákonem), jeho prováděcí vyhláška č. 307/202 Sb., o radiační ochraně a dále zákony 239/2000 Sb., o IZS a 240/2000 Sb., o krizovém řízení. Další část se týká přímo legislativy řešící nasazení příslušníků Armády České republiky při radiační mimořádné události.

V diplomové práci jsou podrobněji rozebírány jednotlivé postupy AČR, a to od činností před zasazením přes předcházení ohrožení, reakcí na vzniklou událost až po činnosti po události, dekontaminace a následnou kontrolu kontaminace osob a sledování jejich zdravotního stavu.

Cílem práce je zhodnocení přístrojů používaných při radiační mimořádné události, shromáždění současné platné legislativy a postupů týkajících se aktivace

Armády České republiky při radiační mimořádné události. K dosažení tohoto cíle je využito metody kvantitativního zpracování jejich hlavních parametrů. Při porovnání je použita analýza ve vybraném vzorku a pomocí souhrnného indexu IV_i je vyjádřen stav použitelnosti přístrojů z hlediska dnešního využití při radiační mimořádné události.

V kapitole Diskuse je poté provedena komparace jednotlivých přístrojů a jejich zhodnocení z hlediska využitelnosti při společném zásahu s ostatními složkami integrovaného záchranného systému při radiační mimořádné události.

V samotném závěru jsou pak zmíněny přístroje, které nevyhovují požadavkům použití v civilním sektoru nebo vzhledem ke svému stáří již neodpovídají současným potřebám zejména z hlediska společného zásahu s ostatními složkami integrovaného záchranného systému.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Monitorování radiační situace

Duben roku 1986 se dá brát jako počátek systematického plošného monitorování. Toto monitorování vyústilo v tehdejším Československu ve zřízení Radiační monitorovací sítě. Dne 26. dubna došlo k havárii v jaderné elektrárně Černobyl, při níž uniklo velké množství umělých radionuklidů do atmosféry. Několik dní po této havárii již bylo možné detekovat zvýšenou aktivitu¹ na rozsáhlém území Evropy, a tedy i Československa.^[17]

Byla ustanovena monitorovací síť laboratoří a v ní sledovány základní složky životního prostředí. Od 29. dubna roku 1986 se měřil příkon dávkového ekvivalentu², objemová aktivita ovzduší a objemová aktivita ve vodotečích a v ostatních povrchových vodách. Pozornost se zaměřila také na atmosférický spad na zemském povrchu. V červnu roku 1986 bylo provedeno na celém území státu podrobné stanovení povrchové aktivity radionuklidů deponovaných v půdě. Průběžně byla v zemědělských produktech a v potravinách určených do spotřebitelské sítě sledována měrná aktivita radionuklidů významně přispívajících k dávkovým ekvivalentům obyvatelstva. Již od začátku května 1986 bylo organizováno celotělové měření osob z československé populace, ale i osob, které se vrátily do Československa ze vzdálených zemí po 15. květnu 1986.^[18]

V současnosti, je právní rámec monitorování radiační situace na území ČR a zároveň i systém radiační ochrany, tvořen zákonem č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a na něj navazujícími prováděcími předpisy. Radiační situace je na území České republiky zjišťována pomocí Radiační monitorovací sítě (RMS). Tato síť je řízena Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. Na její činnosti se podílejí i další subjekty jako jsou Regionální centra,

¹ Viz. v následující kapitole.

² Přírůstek dávkového ekvivalentu za jednotku času - jednotka je Sievert za sekundu [Sv.s⁻¹].

Státní ústav radiační ochrany (SÚRO), držitelé povolení k provozu jaderných zařízení, organizace rezortů Ministerstva financí, Ministerstva obrany, Ministerstva vnitra, Ministerstva zemědělství a Ministerstva životního prostředí.^[19]

Data získávána RMS slouží pro hodnocení radiační situace, pro potřeby sledování, posuzování stavu ozáření a v případě radiační havárie, pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření. Data, zpracovávaná informačním systémem RMS, jsou k dispozici veřejnosti a v rámci mezinárodní výměny předávána do zahraničí. Funkci monitorovací sítě zajišťují stále složky monitorovací sítě, které pracují nepřetržitě, a pohotovostní složky monitorovací sítě, které se aktivují pouze při podezření na vznik nebo při vzniku radiační mimořádné situace. Monitorovací síť pracuje v normálním režimu a v havarijním režimu.^[20]

Její schopnost pružně reagovat na aktuálně vzniklou situaci byla prověřena v období březen – květen 2011 monitorováním dopadů havárie japonské jaderné elektrárny Fukušima na radiační situaci na území České republiky. Od 11. března roku 2011, tedy v den vzniku události, byl normální režim monitorování změněn na režim intenzivnějšího sledování obsahu radionuklidů v ovzduší na území ČR. Úniky radionuklidů z jaderné elektrárny Fukušima byly krátkodobé a variabilní a docházelo k nim s odstupem několika desítek hodin, jednalo se o úniky z různých bloků elektrárny za různých podmínek (míry poškození, teploty apod.). Vlivem meteorologických podmínek (teplota vzduchu, vlhkost, směr a síla proudění) se pak dostávaly do Evropy kontaminované vzdušné masy z různých směrů a v různých časech, což způsobilo, že v průběhu monitorování se objevila maxima a minima objemových aktivit v ovzduší. Výsledky monitorování ukázaly, že až do 22. 3. 2011 odpovídaly hodnoty ^{137}Cs dlouhodobě měřeným hodnotám. Po tomto datu začala objemová aktivita ^{137}Cs narůstat a ke kulminaci na území ČR došlo ve dnech 28. - 30. 3. 2011. Pro porovnání, v době průchodu vzdušiny kontaminované radionuklidy z černobylské havárie dosahovaly aktivity ^{131}I a ^{137}Cs desítky Bq/m^3 , byly tedy více než 1000x vyšší.^[17]

1.2 Ionizující záření

Ionizujícím zářením nazýváme takové záření, jehož kvanta mají natolik vysokou energii, že jsou schopna vyřážet elektrony z atomového obalu, a tím látku ionizovat. Jedná se o tok fotonů elektromagnetického záření nebo hmotných částic, které mají schopnost ionizovat atomy prostředí nebo excitovat jejich jádra. Vzniká jako průvodní jev jaderných procesů, při nichž se dostává atom do excitovaného stavu a stává se energeticky nestabilním. Do stabilního stavu se dostane tím, že uvolní ionizující záření. Nicméně většina radioaktivních látek je radioaktivní přirozeně, bez aktivace.

Všechny radioaktivní látky mají charakteristickou vlastnost, a to klesající aktivitu v závislosti na čase. Čas potřebný k tomu, aby se přeměnila polovina jader přítomných na počátku, se nazývá poločas rozpadu a je konstantní bez ohledu na vnější vlivy. Po dvou poločasech klesne aktivita na čtvrtinu.

Zdroj záření se popisuje pomocí veličiny zvané aktivita. Jedná se o počet radioaktivních přeměn probíhajících v látce za jednotku času. Jednotkou této aktivity je becquerel (Bq). Jedná se ovšem o jednotku velmi malou. V samotném lidském těle probíhá na tisíc radioaktivních přeměn, jelikož tělo obsahuje několik tisíc radioaktivních látek. Jedna z veličin, která popisuje účinek, se nazývá efektivní dávkový ekvivalent. Jednotku této veličiny představuje sievert (Sv).^[1]

Konverzní faktory udávají vztahy mezi příjmem radioaktivní látky požitím (h_{iing}), popřípadě vdechnutím (h_{iinh}) a úvazkem efektivní dávky v těle.³ Jednotkou konverzního faktoru je $Sv \cdot Bq^{-1}$. Jsou vypočítané na základě standardních modelů a nachází se v tabulkách Přílohy č. 3 vyhlášky 307/2002 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně.^[3]

³ Číselně jsou rovny efektivní dávce připadající na příjem 1 Bq daného radionuklidu.

1.2.1 Druhy ionizujícího záření

Ionizační účinky jsou společnou vlastností všech druhů ionizujícího záření. Podle interakcí záření s hmotou jej můžeme dělit na záření přímo ionizující a záření nepřímo ionizující. Rovněž rozpoznáváme záření korpuskulární a vlnové. Posledním důležitým rozlišením je záření alfa, beta, fotonové (gama a X rentgenové) a záření neutronové, které si zaslouží podrobnější analýzu.

Záření alfa

Je vyzařováno většinou jádry těžkých prvků, jako je např. uran, thorium, radium a jádry transuranů. Při rozpadu jsou uvolňovány částice α , což jsou vlastně jádra helia skládající se každé ze dvou protonů a neutronů. Má krátký dolet, díky němuž je tuto částici schopen odstínit i list papíru či neporušená pokožka. Jestliže se ale nuklidy, emitující záření alfa, dostanou nějakým způsobem do našeho těla, např. vdechnutím, jídlem nebo pitím, je zde vysoké riziko, že přímo ozáří nechráněné vnitřní tkáně a způsobí biologické poškození.

Záření beta

Je tvořeno elektrony nebo pozitrony⁴. Podle toho se tento typ záření dělí na β^- a β^+ . Při záření β^- vylétá z jádra elektron, který vznikl v jádře, přeměnou neutronu na proton, elektron a neutrino. Toto záření svými elektrickými účinky ionizuje látku, čímž se brzdí, a má tak v látkovém prostředí poměrně krátký dolet, ve tkáni je to přibližně 3-4 mm. Při záření β^+ vylétá z jádra pozitron, což je antičástice elektronu. Pozitron vznikl v jádře při přeměně protonu na neutron, pozitron a neutrino. Ionizační účinky i dolet této částice jsou podobné jako u záření β^- . Beta zářičem je například izotop draslíku ^{40}K nebo thoria ^{234}Th .

⁴ Což jsou elektrony s kladným nábojem.

Záření gama

Je fotonové vysokoenergetické, krátkovlnné elektromagnetické záření, které je vysíláno při přeměnách a dalších procesech většinou nestabilních atomových jader. Fotony záření gama nemají žádný elektrický náboj, což znamená, že se jedná o nepřímo ionizující záření. Díky interakci kvanta gama s látkou (fotoefekt, Comptonův rozptyl nebo vznik elektron – pozitronových párů) vznikají rychlé elektrony, které již ionizují přímo. Většina radionuklidů jsou smíšené zářiče, buď $\alpha + \gamma$ nebo $\beta + \gamma$. Jen některé zářiče jsou čisté α nebo čisté β . Čisté γ v přírodě neexistují. V závislosti na své energii mohou paprsky gama proniknout lidským tělem, nicméně mohou být snadno pohlceny tlustou stěnou betonu nebo olova.

Záření X (rentgenové)

Je také fotonové záření. Zahrnuje brzdné záření, které vzniká zabrzděním nabitých částic v elektrických polích v rentgence a charakteristické záření, vysílané při přechodu elektronu v atomu na nižší energetickou hladinu v atomovém obalu. Rentgenovo záření se využívá hlavně v radiodiagnostice a v radioterapii.

Neutronové záření

Neutrony jsou nenabité elementární částice, jejichž zdrojem můžou být například radionuklidové zdroje, neutronové generátory a jaderné reaktory. Při průchodu neutronů objektem, jakým je člověk (složen především z atomů lehkých prvků – H, O, N, C), jsou základními interakcemi z hlediska biologického účinku – pružný rozptyl neutronů na jádrech uvedených prvků, zejména vodíku, dále reakce (n, gama) na jádrech vodíku a reakce (n, p) na jádrech dusíku, (n, alfa) na jádrech kyslíku. V důsledku těchto interakcí vznikají jak přímo ionizující částice – protony, alfa částice, tak fotony, které dále interagují s atomy výše uvedenými procesy.^[3] Neutronové záření se dá odstínit vrstvou vody nebo jiného materiálu bohatého na vodík, neboť se účinně zpomalují srážkami s protony.^[1]

1.2.2 Principy limitování a regulace expozic

Existence opatření, monitorování radiační situace a znalost vztahu dávka – závažnost a riziko poškození umožňují uplatňovat jisté principy pro regulaci a minimalizaci ozáření osob. Regulaci se vymykají situace, kdy nelze uplatnit opatření. Je-li regulace možná:^[30]

- je nutno přednostně a s maximální snahou zabránit vážným deterministickým poškozením,
- jakékoliv vědomě prováděné ozáření musí být vyváženo dostatečným přínosem z činností, s nimiž je spojeno,
- ochranná opatření mají vést k takové redukci zdravotní újmy, která dostatečně opravňuje náklady, obtíže a rizika opatření.^[30]

Vyjádřením prvního principu jsou tzv. přípustné hodnoty ozáření zavedené v AČR (tabulka 1). Regulace ozáření na tyto hodnoty znamená, že ozáření je zhruba poloviční, než je práh lehkých deterministických účinků. Hodnota 0,5 Gy (resp. 1 Gy) je spojena s pravděpodobností 0,025 (resp. 0,05) radiačně indukované letální rakoviny.^[30]

Tabulka 1: Přípustné dávky ozáření (Směrné hodnoty tolerovaných dávek zevního, celotělového ozáření)^[30]

Dávka	doba ozařování
0,5 Gy	jednorázové, v průběhu 4 dnů
1 Gy	opakované, v delším časovém období

Další principy jsou orientovány na redukci stochastických poškození. Snadno realizovatelná opatření mají být proto uplatňována i v situacích, kdy zabraňují expozicím hluboko pod uvedenými přípustnými hodnotami. Redukovat výskyt stochastických následků znamená snižovat kolektivní dávku, tzn. omezovat nejen individuální dávky, ale i počty ozářených osob. Podle druhého principu lze i vědomě připustit závažná ozáření, jsou-li ospravedlněna.^[30]

Tyto hodnoty neplatí pro mírové situace. Pro stavy, kdy je zdroj mimo kontrolu (havárie, nehoda, expozice přírodním zářením) se fixní normy nezavádějí. Jsou stanoveny tzv. zásahové úrovně pro jednotlivá opatření, tzn. opatřením odvrácené dávky, které zdůvodňují náklady, obtíže a rizika dotyčných opatření.^[30]

Charakter zásahové úrovně v AČR má hodnota dávkového příkonu 5 mGy.h^{-1} , kdy se vyhláší radiační poplach a mají se uplatňovat ochranná opatření. Volba této hodnoty spočívá v tom, že je-li někde tento dávkový příkon, potom další ozařování dané i dlouhodobějším pobytem v takovém místě bez ochranných opatření nevede k dávkám převyšujícím 0,5 Gy, tudíž k úmrtí.^[30]

Ochrana vůči kontaminaci osob

Ochranou vůči kontaminaci osob se především rozumí veškerá opatření proti zevnímu ozáření.

Patří sem preventivní opatření zabráňující kontaminaci, mezi které řadíme používání prostředků individuální ochrany nebo také provádění činností v kontaminovaném prostředí tak, aby se minimalizovaly přenosy kontaktem. Další jsou následná opatření snižující kontaminaci, což je především dekontaminace povrchu osoby a jednotlivých součástí oděvu, případně jejich výměna a urychlení eliminace v organismu zadrženého kontaminantu (v případě inhalace – smrkání, odkašlávání, u ingesce – navození zvracení, použití projímadel⁵).^[30]

1.3 Reálné hrozby použití jaderného nebo jiného materiálu

Reálné situace, při kterých dojde k aktivaci Armády České republiky, jsou obecně čtyři. Jedná se o použití jaderných štěpných nebo termonukleárních zbraní, mimořádné radiační události na jaderných elektrárnách, popř. jaderných zařízení

⁵ Což jsou postupy, vyžadující indikační oprávnění.

rozsáhlého typu, dosahující minimálně 2. stupně, dále havárie nebo útok na převážený radioaktivní odpad z jaderných elektráren a posledním typem je teroristy sestrojená tzv. „špinavá bomba.“ Vzhledem k obsáhlosti všech typů a v současné době tolik diskutovaný problém RDD, jsem se rozhodla svou pozornost zaměřit pouze na tuto poslední zmiňovanou situaci.

1.3.1 Radiological Dispersion Device

Špinavá bomba se vědecky označuje Radiological Dispersion Device (RDD), neboli radiologické rozptylující zařízení. Jedním z použitelných typů této bomby je kombinace konvenční trhaviny a radioaktivní látky. Ta se díky explozi rozptýlí do okolí a její částice kontaminují vše, s čím přijdou do styku. Vzniká tak kontaminovaná oblast, která je nebezpečná zvýšeným výskytem dávkových příkonů⁶ ionizujícího záření.^[21]

Radioaktivní látka může být v různých formách, např. ve formě tekutiny, prášku nebo může být navázána na částice jiného nosiče. Po výbuchu dochází k vytvoření aerosolu, který se roznese do okolí. U špinavé bomby kombinace radioaktivní látky a výbušniny záleží nejen na druhu a množství použité výbušniny, ale i na velikosti částic této radioaktivní látky. Hlavním důvodem je to, že pokud má být částice respirabilní⁷ a měla by se dostat do plicních sklípků, musí mít maximální velikost 8μm. Při samotném rozptýlu po výbuchu pak budou hrát určitou roli i povětrnostní podmínky, ale i třeba výškový profil terénu, protože při výbuchu je radioaktivní látka vynesena někdy i desítky metrů nad úroveň terénu⁸, čímž může způsobit rozšíření aerosolu do vzdálenějších míst od epicentra výbuchu po směru větru.

⁶ Dávkový příkon je přírůstek dávky za časový interval. Jednotkou je Gy.^{s⁻¹}. Dříve se používal pojem dávková rychlost.

⁷ Vnitřní ozáření bezprostředně po výbuchu.

⁸ Samozřejmě závisí na síle výbuchu.

Nicméně odborníci se domnívají, že v případě použití špinavé bomby, půjde spíš o vyvolání paniky nebo psychické újmy než skutečné radiologické ohrožení většího počtu osob.^[3]

Materiály vhodné pro špinavou bombu

Jako výbušninu lze použít např. Semtex, Perunit 28, Trinitrotoluen a jiné výbušniny, a to jak průmyslové, tak vojenské nebo i amatérské.

Radioaktivních látek vhodných k výrobě RDD je velké množství. Tím, že dlouhodobě docházelo k mezinárodní kontrole jaderných materiálů vhodných k výrobě jaderné bomby, se značně snížilo riziko zneužití těchto materiálů teroristy. Problémem však zůstávají radioaktivní látky používané v průmyslu, v medicíně nebo ve výzkumu, které jsou sice v evidenci, nicméně nejsou vždy dostatečně hlídány.

Podle databáze IAEA (Illicit Trafficking Database – „ITDB“) se od roku 1993 do prosince roku 2012 registruje 419 případů neoprávněného držení radioaktivních zdrojů a související trestné činnosti. Do této kategorie také spadá nelegální držení, pokusy o obchodování, ale i protizákonné používání radioaktivních látek. V šestnácti případech se jednalo o vysoce obohacený uran nebo plutonium a 615 případů se týkalo ztráty nebo krádeže jaderné nebo jiné radioaktivní látky. Vzhledem k tomu, že je tato databáze stále aktualizována, budou počty případů přibývat.^[33]

Tabulka 2: Některé radioaktivní prvky vhodné pro výrobu špinavé bomby^[23]

Izotop	Obvyklé použití
Plutonium 244	univerzity, nukleární inženýrství, nukleární fyzika
Americium 243	univerzity, požární hlásiče, naftové vrty
Cesium 137	ozařovače potravin, sterilizace zdrav. vybavení, léčba rakoviny
Kobalt 60	desinfekce potravin, sterilizace zdrav. vybavení, léčba rakoviny
Stroncium 90	termoelektrické generátory
Uran	jaderné elektrárny, reaktory ponorek

Teoreticky může být špinavá bomba sestavená dvěma způsoby:⁹

1. Nálož odpalovaná ze země (Surface or off- the-ground blast device), která je složena ze tří základních částí:

a) Konvenční výbušnina jako je C4 nebo Trinitrotoluen, která působí jako šířitel radiace. Tento typ bomby může být odpálen kdykoliv pomocí časoměřiče nebo ovladače.

b) Určité množství radioaktivního materiálu, které je obaleno kolem trhaviny. *(Příklady viz. tabulka 2)*

c) Pouzdro nebo externí odpálení (outer shell or casing), které obsahuje výbušninu a radioaktivní látku. Toto pouzdro je vyrobené tak, aby se během výbuchu snadno rozložilo, a tím umožnilo rozprášení radioaktivní látky. Přesto musí poskytnout dostatečnou ochranu pro osoby, které s tímto zařízením manipulují, z důvodu vysoké radiace.

Dalším problémem by mohla být i přeprava bomby do místa určení. Měla by být přepravována ve speciálním kontejneru, vyrobeném ze speciálního kovu, který by nepropouštěl radiaci ven. Takovýto kontejner bude pravděpodobně veliký a těžký.^[24]

2. Špinavá bomba nacházející se na sebevražedné vestě nebo v sebevražedném opasku.^[24]

Tento typ útoku je zdá se méně efektivní i méně praktický. Už jen proto, že vesta nebo opasek jsou celkem malé, a tedy nejsou schopné poskytnout dost prostoru pro umístění dostatečného množství radioaktivní látky. Také nejsou svou konstrukcí zaměřeny nebo navrženy k účinnému rozšíření radioaktivní látky a zároveň radiace.

⁹ Následující popis je převzat z ALANI, M. *Nuclear Terrorism in the Gulf: Myt hor Reality?* Security and Terrorism, Research Bulletin. Issue No.7, December 2007. str. 12- 16.

Účinky špinavé bomby

Primárním účelem špinavé bomby není zabít. Ovšem že již během výbuchu může dojít k obětem na lidských životech, ale hlavním účelem je zamořit vybraný prostor radioaktivní látkou a především vyvolat paniku a strach. Prvním účinkem je tedy samotný výbuch, následuje nebezpečí vnitřního ozáření v důsledku buďto inhalace radioaktivních částic, které jsou těsně po výbuchu v ovzduší, nebo kontaminací otevřené rány radioaktivní látkou anebo ingescí.¹⁰ Další účinek je zevní ozáření, které bude způsobené rozprášeným radioaktivním materiálem s tím, že místa v těsné blízkosti epicentra budou mít největší plošnou aktivitu¹¹ a s rostoucí vzdáleností bude tato aktivita klesat. V podstatě přicházejí v úvahu klasické expoziční cesty:

- přímé zevní ozáření od zdroje ionizujícího záření nebo radioaktivní látky;
- zevní ozáření od radioaktivní látky rozptýlených do prostředí (terén, ovzduší);
- vnitřní ozáření inhalací od radioaktivních látek rozptýlených do životního prostředí (ovzduší, vodní zdroje, potraviny, atd.).^[3]

Zevní ozáření osob v důsledku použití uzavřených radionuklidových zářičů bude plošně omezené. Pokud nepůjde o sebevražedný útok, musí být zářič přemísťován v masivním, těžkém kontejneru (příloha č. 2), což ho činí při neprofesionálním transportu snadno detekovatelným.^[3]

Kromě lidských obětí, psychické újmy a zdravotních potíží může způsobit tato bomba i značné ekonomické škody¹² zejména s ohledem na proces likvidace následků použití špinavé bomby.

Zdravotní rizika pro obyvatelstvo při požití špinavé bomby

Zdravotní rizika pro obyvatele vyplývají z výbuchu špinavé bomby, vnitřního a vnějšího ozáření. U výbuchu jde především o odhození tlakovou vlnou, zásah střepin či sekundární následky (např. rozdrcení předměty uvedenými do pohybu výbuchem).

¹⁰ Např. olíznutí rtů.

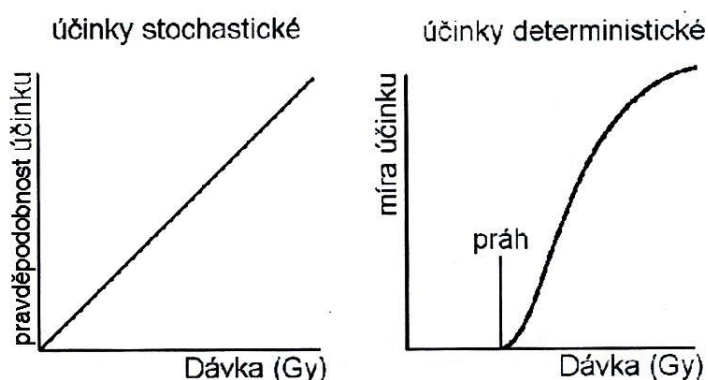
¹¹ Plošná aktivita je aktivita vztažená na jednotku plochy. Jednotkou je Bq.m⁻².

¹² Např. kontaminace národního parku nebo kulturní památky.

Počet osob s deterministickými účinky ozáření bude limitován faktory např. typ radionuklidu použitého v bombě, meteorologické podmínky, ale i lokalita (nádraží, město, metro, venkov). Asi největší bude počet osob, u nichž mohou nastat stochastické účinky, takže nezemřou na akutní nemoc z ozáření, ale zvýší se jim pravděpodobnost vzniku nádorového onemocnění v důsledku ozáření.

Deterministické účinky: jsou takové účinky, jejichž míra roste s růstem obdržené dávky záření. Nebude-li u ozářeného organismu překročena určitá prahová dávka, tyto účinky se neprojeví. Patří sem například radiační dermatitida (Po jednorázovém lokálním i celotělovém ozáření nebo kontaminaci kůže beta zářiči. Velikost dávky je asi 3–9 Gy.) nebo akutní nemoc z ozáření (vzniká po celotělovém, jednorázovém ozáření dávkou více jak 1 Gy).^[6]

Stochastické účinky: jsou takové účinky, u kterých s dávkou roste míra účinku. Jsou náhodné, nepředvídatelné a mají pravděpodobnostní charakter. Závažnost poškození a průběh onemocnění nejsou závislé na velikosti dávky, na té závisí pouze pravděpodobnost poškození. Tyto účinky jsou důsledkem změn v buňkách, které přežily ozáření (riziko nádorového onemocnění je 10 % při dávce 1 Sv). Příkladem jsou nádory indukované ozářením u ozářených jedinců.^[6]



Obrázek 1: Grafické vyjádření stochastických a deterministických účinků ^[6]

1.4 Legislativa

1.4.1 Mezinárodní normy a doporučení

Publikace 103 Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007

Publikace 103 se mimo jiné zabývá koncepty dávkových optimalizačních mezí, které určují úroveň dávky v plánovaných expozičních situacích a referenčních úrovních, které se používají pro nehodové expoziční situace a existující expoziční situace. Tyto termíny se užívají v souvislosti s optimalizací ochrany ke snížení individuálních dávek. Počátečním záměrem bývá nepřekročit tyto úrovně nebo se na nich udržovat, ale další snahou je snížit dávky na úrovně tak nízké, jak je rozumně dosažitelné s přihlédnutím k ekonomickým a společenským hlediskům. Je důležité si uvědomit, že dávkové či rizikové optimalizační meze ani referenční úrovně nepředstavují hranici mezi „bezpečným“ a „škodlivým“.^[31]

V nehodových expozičních situacích představují referenční úrovně hladinu dávky nebo rizika, o níž se během plánování předpokládá, že nebude překročena. Zvolená hodnota referenční úrovně bude záležet do konkrétních okolností posuzované expoziční situace.^[31]

Při dávkách vyšších než 100 mSv existuje zvýšená možnost deterministických účinků a významného rizika rakoviny. Proto je tato dávka pokládána za maximální hodnotu obdrženou jednorázově nebo v průběhu roku. Expozice nad 100 mSv jsou zdůvodněné jenom v extrémních situacích, tj. že expozici se buď nelze vyhnout, nebo ve výjimečných situacích, jako je záchrana života nebo prevence vážného neštěstí.^[31]

V této publikaci se nachází i tabulka členící obdržené dávky do pásem (viz. tabulka 3). První pásmo, dávky pod 1 mSv – jedinci obdrží obvykle plánované dávky, které jim nepřinášejí přímý přínos, ale které mohou znamenat prospěch pro společnost. Jednotlivci mohou získat potřebné informace, ale nejsou nijak školeni.^[31]

Druhé pásmo, dávky od 1 do 20 mSv, jednotlivci mají přímý přínos z nějaké expoziční situace, ale nikoliv ze samotné expozice nebo zdroje expozice. Jednotlivci získávají průpravu proškolením a poučením. Do tohoto pásma spadají abnormálně

vysoké úrovni přírodního radiačního pozadí nebo po nehodě v období realizace protipatření.^[31]

Třetí pásmo, dávky větší než 20 mSv a nepřesahující 100 mSv, odpovídá neobvyklým a často krajním situacím, kde by mohla být opatření ke snížení dávek drastická. Ochranné opatření je téměř vždy zdůvodněno dávkou blížíící se k 100 mSv. Opatření je také vždy zdůvodněno v situacích, kdy by mohl být překročen dávkový práh pro deterministické účinky v příslušných orgánech a tkáních.^[31]

Tabulka 3: Dělení dávek do pásem^[31]

Pásmo optimalizačních mezi a referenčních úrovní ^a (mSv)	Charakteristiky expoziční situace	Požadavky radiační ochrany	Příklady
Větší než 20 – 100 ^{b,c}	Jedinci exponovaní zdrojem, které jsou buď nekontrolovatelné, nebo kde opatření ke snížení dávky by byla nepřiměřeně drastická. Expozice jsou obvykle usměrňovány opatřeními na expozičních cestách. Jednotlivci mohou, ale nemusí mít přínos z expozičních situací.	Má se uvažovat o omezení dávek. Zvýšené úsilí je třeba projevit k omezení dávek blížících se 100 mSv. Jednotlivci mají být informováni o radiačním riziku a o opatřeních ke snížení dávky. Je třeba stanovovat individuální dávky.	Soubor referenčních úrovní pro nejvyšší plánovanou reziduální dávku z radiační nehody.
Větší než 1 – 20	Jednotlivci obvykle mají přímý prospěch z expoziční situace, ovšem nikoliv nutně z expozice samotné. Expozice mohou být usměrňovány u zdroje nebo alternativně opatřeními na expoziční cestě.	Kde je to možné, má se poskytnout běžná informace umožňující jednotlivcům omezovat jejich dávku. Pro plánované situace je třeba zajistit individuální monitorování a školení.	Soubor optimalizačních mezi pro profesní expozici v plánovaných situacích. Soubor optimalizačních mezi pro osoby poskytující podporu a péči o pacienty léčené radio-farmaky. Referenční úroveň pro nejvyšší plánovanou reziduální dávku pro radon v budovách.
Pod 1	Jednotlivci jsou exponováni zdroji, ze kterého mají sami malý nebo nemají žádný přímý přínos, ale přínos má obecně společnost. Expozice jsou obvykle usměrňovány opatřeními přímo zdroje, pro které mohou být požadavky radiační ochrany plánovány předem.	Má se poskytnout běžná informace o úrovni expozice. Má se provádět periodická kontrola cest expozice ve vztahu k úrovni expozice.	Soubor optimalizačních mezi pro expozici obyvatel v plánovaných situacích.

^a Jednorázová nebo roční dávka.

^b Ve výjimečných situacích informování dobrovolníci z řad pracovníků mohou obdržet dávky nad tímto pásmem, aby zachránili životy, předešli těžkým radiačním zdravotním poškozením nebo rozvoji katastrofických situací.

^c Situace, ve kterých by mohl být překročen práh pro deterministické účinky příslušných orgánů nebo tkání by vyžadovaly provedení opatření v každém případě.

Na základě této publikace dochází ke třem typům expozičních situací. Jsou to plánované expoziční situace, kde radiační ochrana může být plánována dříve, než dojde k expozici, a kde lze velikost a rozsah expozice rozumně předpovědět. Dalším typem jsou existující expoziční situace, které již existují v době, kdy se musí rozhodnout o jejich regulaci. Nehodové expoziční situace jsou poslední druh expoziční situace a jsou to neočekávatelné situace, které mohou vyžadovat zavedení bezprostředních ochranných opatření a snad i opatření v delším časovém období.^[31]

Při vzniku nehodové expoziční situace je prvním problémem rozpoznat, že taková situace nastala. První odezvou by měl být postup podle nehodového plánu, v souladu s ním, ale s určitou pružností. Nejprve bude použita strategie ochrany popsaná v nehodovém plánu pro scénář příslušné události a založená na obecně použitelné optimalizaci zpracované v plánovací fázi jako její část.^[31]

Uznávají se tři fáze nehodových expozičních situací: časná, která se dále může členit na fázi varování a fázi časného úniku, fáze střední, která začíná ukončením všech úniků a znovuzískáním kontroly nad zdroji úniku a fáze pozdní. V kterékoliv z těchto fází mají subjekty přijímající rozhodnutí neúplný přehled o situaci, pokud jde o budoucí dopady, účinnost ochranných opatření atd. Účinná odezva se proto musí rozvíjet přizpůsobivě s pravidelným přezkoumáváním jejího dopadu. Referenční úrovně představují důležitý vstup do takového přezkoumání tím, že poskytují měřítko, se kterým se může porovnávat situace a ochrana poskytovaná přijatými opatřeními.^[31]

Publikace 96 Ochrana lidí proti ozáření v případě radiačního útoku

V této publikaci jsou popsány kromě základního vymezení pojmů také scénáře radiačních útoků, ke kterým by mohlo potenciálně dojít. Jedním z nich je i špinavá bomba, zde se pro ni používá označení „radioactive dispersion device“ (RDD). V další důležité kapitole jsou rozepsány iniciátory, na jejichž základě se dá předpokládat, že tyto útoky jsou již skutečnou hrozbou. Kromě přímého vydírání ze zneužití radioaktivního materiálu jako zbraně, to může být i fakt, že byl tento materiál ukraden.

Tato publikace také řeší ochranu prvosledových jednotek, kterými jsou složky integrovaného záchranného systému. Speciální „emergency workers“ se na scéně objeví až po obdržení výzvy, právě od těchto prvosledových složek. Pro určení maximální možné obdržené dávky, slouží tabulka *Doporučení pro expozici zasahujících osob* (viz. příloha č. 1)

Příslušníci složek integrovaného záchranného systému, kteří se účastní záchranných operací, kde se mohou objevovat expoziční dávky nad limity, budou vybráni na základě dobrovolnosti. Tito lidé budou řádně poučeni, co obnáší radiační ohrožení a na základě tohoto učiní informované rozhodnutí. Ženy, které mohou být těhotné nebo kojí, se těchto operací neúčastní.^[32]

Dále je zde rozebírána ochrana těchto příslušníků z hlediska oblečení. Je zde zmíněno, že pokud mají složky protichemické, popř. protibiologické obleky, potom tyto jsou dostatečnou ochranou proti radioaktivnímu materiálu. To samé platí i u respiračních roušek nebo obličejových masek.^[32]

Záchranáři budou mít u sebe přístroje, které jsou schopné detekovat obdrženou dávku. Publikace doporučuje takové dozimetry, kde půjde nastavit alarm, který se spustí při dosažení určitých dávek. Tyto dávky budou například 100¹³mSv, 500 mSv a 1000¹⁴ mSv.^[32]

¹³ Nízká dávka. Žádné akutní účinky, následné riziko rakoviny nižší než 1%. Možné pozorovat zvýšení rakoviny, pokud je ozářena.

¹⁴ Střední dávka. Nausea, možné zvracení, následné riziko rakoviny okolo 10%. Možné pozorovat zvýšení rakoviny, pokud je ozářena skupina s několika stovkami lidí.

1.4.2 Bezpečnostní strategie České republiky 2011

„K zajištění svých bezpečnostních zájmů ČR vytváří a rozvíjí komplexní hierarchicky uspořádaný bezpečnostní systém, který je propojením roviny politické (vnitřní i vnější), vojenské, vnitřní bezpečnosti a ochrany obyvatel, hospodářské, finanční, legislativní, právní a sociální. Základ tohoto systému je především v legislativním vyjádření působností a vzájemných vazeb jednotlivých složek (zákonodárné, výkonné, soudní moci, územní samosprávy a právnických a fyzických osob) a jejich vazeb mimo bezpečnostní systém a ve stanovení jejich povinností. Bezpečnostní systém ČR plní funkci institucionálního rámce/nástroje při tvorbě a realizaci bezpečností politiky.“^[25]

1.4.3 Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon)

Dalším zákonem, který s tímto tématem souvisí je zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, přičemž mimo jiné upravuje povinnosti při přípravě a provádění zásahů vedoucích ke snížení přírodního ozáření a ozáření v důsledku radiačních nehod. Tento zákon také definuje radiační mimořádnou událost jako událost, která následuje po radiační havárii nebo po takové radiační nehodě nebo po takovém zjištění zvýšené úrovně radioaktivity nebo ozáření, které vyžadují naléhavá opatření na ochranu fyzických osob.^[28]

1.4.4 Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně

Atomový zákon je prováděn mimo jiné vyhláškou č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně. Zde jsou vymezena obecná pravidla pro přípravu a provádění zásahů. Zásah se provádí, jestliže je odůvodněn takovým očekávaným snížením zdravotní újmy, které převyšují náklady, včetně společenských nákladů, a škody spojené se zásahem. S tím, že

forma, rozsah a trvání tohoto zásahu se optimalizuje tak, aby přínos snížení zdravotní újmy byl po odečtení nákladů a škod spojených se zásahem co největší.

Na rozhodování o zavedení zásahu se nevztahují limity ozáření, avšak mohou být pro ně stanoveny příslušné zásahové úrovně nebo rozpětí směrných hodnot zásahových úrovní. Jsou-li zásahové úrovně stanoveny, jejich překročení je důvodem k zavedení nebo alespoň zvážení zavedení příslušných opatření. Rozpětí směrných hodnot zásahových úrovní se použije pro posouzení, zda má být zásah proveden a v jakém rozsahu, tehdy, kdy nejsou dostupné podrobné údaje, které by umožňovaly zhodnotit optimalizaci radiační ochrany pro jednotlivý případ a na jejím základě stanovit zásahové úrovně specifické pro tento případ. Při překročení dolní meze rozpětí směrných hodnot se realizace zásahu zvažuje s ohledem na jeho rozsah, proveditelnost, nákladnost a případné důsledky; při překročení horní meze rozpětí se zásah zpravidla provádí.^[29]

Havarijní ozáření zasahujících fyzických osob se usměrňuje tak, aby bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout s uvážením hospodářských a společenských hledisek. Zásah se organizuje tak, aby nebyly překročeny limity ozáření nebo alespoň tak, aby nebyly překročeny meze stanovené v § 4 odst. 7 písm. c) zákona¹⁵. Za nepřekročení desetinásobku limitů stanovených pro ozáření radiačních pracovníků se přitom považuje nepřekročení hodnoty 200 mSv pro osobní dávkový ekvivalent v hloubce 10 mm za kalendářní rok. Osoby provádějící zásah musí být v souladu s § 4 odst. 7 písm. c) zákona o nebezpečí spojeném s prováděním zásahu prokazatelně informovány a musí se jej účastnit dobrovolně.^[29]

Tato vyhláška také řeší zásahy při radiační mimořádné situaci. Těmi jsou především ochranná opatření, která se dělí na neodkladná ochranná opatření a následná ochranná opatření. Ochranná opatření se provádějí vždy, jsou-li odůvodněna větším přínosem, než jsou náklady na opatření a škody jimi působené, a mají být

¹⁵ Limitům ozáření nepodléhá havarijní ozáření zasahujících fyzických osob; toto ozáření nesmí překročit desetinásobek limitů stanovených pro ozáření radiačních pracovníků, pokud nejde o případ záchrany lidských životů či zabránění rozvoje radiační mimořádné situace s možnými rozsáhlými společenskými a hospodářskými důsledky. Zasahující fyzické osoby musí být o nebezpečí spojeném se zásahem prokazatelně informovány a musí se zásahu účastnit dobrovolně.

optimalizována co do formy, rozsahu a trvání tak, aby přinesla co největší rozumně dosažitelný přínos.^[29]

Mezi neodkladná ochranná opatření patří ukrytí, jodová profylaxe¹⁶ a evakuace. Považují se vždy za odůvodněné, jestliže by předpokládané ozáření jakéhokoli jedince mohlo vést vždy k bezprostřednímu poškození zdraví. Zavádějí se tedy vždy, pokud se očekává, že absorbované dávky by mohly v průběhu méně než 2 dnů u kterékoli osoby překročit úroveň uvedené v příloze č. 3.^[29]

Pokud by neodkladným ochranným opatřením po dobu nejdéle 7 dnů mohlo být odvráceno nebo sníženo u kritické skupiny obyvatel ozáření v rozsahu převyšujícím dolní meze rozpětí směrných hodnot zásahových úrovní stanovených v příloze č. 4, potom se realizace ochranných opatření zvažuje s ohledem na rozsah, proveditelnost a nákladnost opatření a jejich případné důsledky; při překročení horní meze se ochranná opatření zpravidla zavádějí.^[29]

K provedení a hodnocení rozsahu neodkladných ochranných opatření jsou zpřesňujícím vodítkem následující hodnoty:

- a) pro ukrytí odvrácená efektivní dávka mSv za období ukrytí ne delší než dva dny,
- b) pro jódovou profylaxi odvrácený úvazek ekvivalentní dávky ve štítné žláze způsobený radioizotopy jódu 100 mSv,
- c) pro evakuaci odvrácený efektivní dávka 100 mSv za období evakuace ne delší než 1 týden.^[29]

Následná opatření naproti tomu zahrnují přesídlení, regulaci požívání radionuklidů kontaminovaných potravin a vody a regulaci používání radionuklidů kontaminovaných krmiv.^[29]

Jak jsem však již uvedla v kapitole o špinavé bombě, nepředpokládá se, že by tato zbraň měla takový rozsah, že by k těmto opatřením muselo dojít.

¹⁶ Zde se jedná především o radiační mimořádnou situaci, způsobenou poškozením jaderné elektrárny nebo únikem radioaktivních látek ze zařízení tohoto typu.

1.4.5 Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů

Součástí systému krizového řízení je i již zmiňovaný zákon č. 239/2000 Sb.¹⁷, o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, neboť je to právě integrovaný záchranný systém, který provádí prvotní záchranné a likvidační práce při mimořádné události. Integrovaný záchranný systém, je dle tohoto zákona, koordinovaný postup jeho složek při přípravě na mimořádné události a při provádění záchranných a likvidačních prací. Mimořádná událost je specifikována jako škodlivé působení sil a jevů vyvolaných činností člověka, přírodními vlivy a také havárie, které ohrožují život, zdraví, majetek nebo životní prostředí a vyžadují provedení záchranných a likvidačních prací. K tomuto zákonu byly mimo jiné vydány provádějící předpisy:

- Vyhláška MV č. 328/2001 Sb., o některých podrobnostech zabezpečení integrovaného záchranného systému.
- Vyhláška MV č. 380/2002 Sb., k přípravě a provádění úkolů ochrany obyvatelstva.

1.4.6 Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)

Krizovým řízením se podle tohoto zákona rozumí souhrn řídicích činností věcně příslušných orgánů zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik, plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s řešením krizové situace. Krizová situace je v tomto zákoně definována jako mimořádná událost, při níž je vyhlášen stav nebezpečí, nouzový stav nebo stav ohrožení státu.

¹⁷ Viz. kapitola 1.3.1.2 zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů

Na konci roku 2010 byl přijat zákon č. 430/2010 Sb., kterým se mění zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů. Podstatou této novelizace byla potřeba zapracovat do právního řádu České republiky požadavky Směrnice Rady Evropské unie č. 2008/114/ES ze dne 8. prosince 2008 o určování a označování evropských kritických infrastruktur a posuzování potřeby zvýšit jejich ochranu, vytvořit podmínky kritické infrastruktury na národní úrovni a upravit nejasné vztahy a kompetence v oblasti krizového řízení na krajské a obecné úrovni.^[26]

Ke krizovému zákonu byly mimo jiné vydány následující prováděcí předpisy:

- NV č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) ve znění pozdějších předpisů.
- Vyhláška č. 281/2001 Sb., kterou se provádí § 9 odst. 3 písm. a) zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon) ve znění pozdějších předpisů.

1.4.7 Legislativa upravující nasazení příslušníků AČR

Zákon 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky, ve znění pozdějších předpisů

Podle tohoto zákona lze Armádu ČR použít k záchranným pracím při pohromách nebo při jiných závažných situacích ohrožujících životy, zdraví, značné majetkové hodnoty nebo životní prostředí nebo k likvidaci následků pohromy. Dále může být nápomocna při leteckém monitorování pohromy a monitorování radiační a chemické situace, jakožto i k odstraňování jiného hrozícího nebezpečí za použití vojenské techniky.^[13]

Použití armády k záchranným pracím a k likvidaci následků pohromy je dočasné organizované nasazení vojenských útvarů a vojenských zařízení s potřebným

vojenským materiálem pod velením příslušného velitele nebo náčelníka, k němuž dochází, pokud příslušné správní úřady, orgány územní samosprávy, požární ochrana nebo vojenské záchranné rotý nemohou zajistit záchranné a likvidační práce vlastními silami.^[13]

Je-li ohrožena podstatná část území České republiky, rozhoduje o použití armády k záchranným a likvidačním pracím vláda na návrh ministra vnitra. Vojáci armády při plnění těchto úkolů mají práva a povinnosti jako příslušníci Policie České republiky.^[13]

Použití AČR v souladu se zákonem č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů

Podle tohoto zákona lze Armádu České republiky poskytnout na:

1. **plánovanou pomoc na vyžádání** při záchranných a likvidačních pracích jako ostatní složku integrovaného záchranného systému, vyčleňovanými silami a prostředky AČR pouze na žádost operačního a informačního střediska Generálního ředitelství hasičského záchranného sboru. Síly a prostředky AČR nasazovat v souladu s Dohodou^[14] a přílohou č. 3 Směrnice náčelníka Generálního štábu Armády České republiky k nasazování sil a prostředků Armády České republiky v rámci integrovaného záchranného systému a k plnění úkolů Policie České republiky.¹⁸ Dohoda o poskytování plánované pomoci na vyžádání se pro účely tohoto zákona (tj. zák. 239/2000 Sb., o IZS) rozumí předem písemně dohodnutý způsob poskytnutí pomoci. O rozsahu poskytnutí pomoci rozhodne zástupce náčelníka Generálního štábu – ředitel společného operačního centra ministerstva obrany. V jeho nepřítomnosti pak zástupce náčelníka Generálního štábu pro bojovou pohotovost.
2. **ostatní pomoc** složkám integrovaného záchranného systému. Může být poskytnuta na žádost HZS kraje, krajského úřadu nebo ministerstva vnitra při provádění záchranných a likvidačních prací vojenskými útvary, které jsou nejbližší

¹⁸ Viz. níže.

místu pohromy a zařízeními operačními středisky České republiky.¹⁹ O jejich nasazení na základě delegované pravomoci rozhodne zástupce náčelníka Generálního štábu – ředitel společného operačního centra ministerstva obrany a neprodleně o tom informuje náčelníka Generálního štábu.

Směrnice náčelníka Generálního štábu Armády České republiky k nasazování sil a prostředků Armády České republiky v rámci integrovaného záchranného systému a k plnění úkolů Policie České republiky

Tato směrnice stanovuje podmínky a zásady nasazování sil a prostředků Armády České republiky (dále jen AČR) k provádění záchranných prací při pohromách nebo jiných závažných situacích ohrožující životy, zdraví, značné majetkové hodnoty nebo životní prostředí k likvidaci následků pohromy, k odstranění jiného hrozícího nebezpečí za použití vojenské techniky, k plnění humanitárních úkolů civilní ochrany a k plnění úkolů Policie České republiky (dále jen PČR).^[5]

Použití armády České republiky mohou vyžadovat:

- Hejtmani krajů a starostové obcí, v jejichž obvodu došlo k pohromě u náčelníka Generálního štábu;^[13]
- Hejtmani krajů a starostové obcí nebo velitel zásahu a velitel jednotky požární ochrany, hrozí-li nebezpečí z prodlení u velitele vojenského útvaru, nebo u náčelníka vojenského zařízení, které jsou nejbližší místu pohromy;^[13]
- Ministerstvo vnitra v souladu s Ústředním poplachovým plánem integrovaného záchranného systému prostřednictvím Operačního a informačního střediska generálního ředitelství hasičského záchranného sboru;^[14]

¹⁹ V souladu s § 15, 16 a § 18 zák. č. 219/1999 Sb., a § 22 zák. č. 239/2000 Sb.

- Hejtmani a starostové obcí s rozšířenou působností v souladu s příslušným poplachovým plánem IZS prostřednictvím operačního a informačního střediska kraje;^[14]
- Velitel zásahu na místě zásahu u velitelů a vedoucích složek integrovaného záchranného systému, v ostatních případech prostřednictvím místně příslušného operačního a informačního střediska IZS;^[14]
- Hasičský záchranný sbor (dále jen HZS) kraje, krajský úřad nebo ministerstvo vnitra jako ostatní pomoc.^[14]

Síly a prostředky vojenských útvarů a zařízení vyčleněné do ostatních složek integrovaného záchranného systému uvedených v Ústředním poplachovém plánu IZS a v příloze 3 Směrnice²⁰ jsou vyžadovány v souladu s poplachovými plány, havarijními plány krajů a vnějšími havarijními plány u stálé směny Společného operačního centra ministerstva obrany cestou operačního informačního střediska generálního ředitelství HZS ČR.

V případě, že by nasazení sil a prostředků AČR ohrozilo plnění základního úkolu ozbrojených sil^[13], může být, v souladu se zněním Dohody, nasazení těchto sil a prostředků odmítnuto.

V případě vyhlášení mimořádné události 2. nebo 3. stupně na jaderných elektrárnách mají pravomoc vyžadovat nasazení vyčleněných sil a prostředků AČR:

1. k zabezpečení dekontaminace osob a techniky, případně hospodářských zvířat
 - na JE Temelín – hejtman Jihočeského kraje nebo jeho odpovědný zástupce, nebo v případě nebezpečí z prodlení ředitel HZS Jihočeského kraje nebo jeho odpovědný zástupce (řídící důstojník nebo velitel zásahu);

²⁰ Směrnice náčelníka Generálního štábu Armády České republiky k nasazování sil a prostředků Armády České republiky v rámci integrovaného záchranného systému a k plnění úkolů Policie České republiky.

- na JE Dukovany – hejtman kraje Vysočina a Jihomoravského kraje nebo jeho odpovědný zástupce, nebo v případě nebezpečí z prodlení ředitel HZS kraje Vysočina a Jihomoravského kraje, nebo jeho odpovědný zástupce (řídící důstojník nebo velitel zásahu).^[5]

Nasazení vyčleněných sil a prostředků vyžadují oprávněné osoby prostřednictvím OPIS ministerstva vnitra – generálního ředitelství HZS ČR u stálé směny společného operačního centra ministerstva obrany. Tato směna rozhodne, které odřady budou aktivovány, a to v souladu s platným zařazením dekontaminačních odřadů do hotovosti. K jejich aktivaci se využije cesta příslušného operačního velitelství.^[5]

Vyčlenění sil a prostředků k plnění výše uvedených úkolů se bude provádět u samostatné záchranné roty Olomouc, 311. prapor radiační chemické biologické ochrany, 312. prapor radiační chemické biologické ochrany, 44. lehký motorizovaný prapor, 74. lehký motorizovaný prapor. Při vyhlášení 2. stupně na jaderných elektrárnách budou aktivované síly a prostředky se zahájí v případě vyhlášení mimořádné události 3. stupně na předem stanovená a krizovým štábem upřesněná místa dekontaminace, kde se rozvinou dekontaminační linky. Další úkoly se budou řešit součinnostně s krizovým štábem příslušného kraje.^[5]

2. k plnění úkolů pořádkové služby Policie ČR

- ředitelé příslušných Krajských ředitelství PČR Jihočeského a Jihomoravského kraje a kraje Vysočina, a to cestou integrovaného operačního střediska Policie

Při vyhlášení vzniku MU 2. stupně na jaderných elektrárnách se budou síly a prostředky AČR uvádět do pohotovosti v časových normách:

- 60 vojáků do 12 hodin,
 - dalších 190 vojáků do 24 hodin,
 - dalších 250 vojáků do 48 hodin,
- k tomu:
- 10 osobních vozidel do 12 hodin,

- dalších 10 osobních vozidel a 1 vyprošťovací vozidlo do 24 hodin.^[10]

Při vyhlášení vzniku MU 3. stupně na jaderných elektrárnách se budou síly a prostředky Armády ČR aktivovat a přesouvat na předem stanovená příjmová místa územních odborů Policie ČR. Dále by se řešila činnost podle potřeb a upřesnění Krajských ředitelství Policie ČR.^[5]

Záchranné práce v místě mimořádné události řídí a koordinuje velitel zásahu. Tím je zpravidla velitel zasahující jednotky požární ochrany nebo příslušný funkcionář HZS ČR s právem přednostního velení. Pokud v prostoru nasazení není ustanoven velitel zásahu, řídí veškerou činnost složek integrovaného záchranného systému velitel nebo vedoucí zasahujících sil a prostředků složky IZS, která v místě zásahu provádí převažující činnost.

Po příjezdu na místo zásahu velitel nasazených sil a prostředků AČR informuje velitele zásahu o připravenosti, schopnostech a počtech jednotky.

Nasazení vojáci musí být poučeni, vybaveni dozimetry, ochrannými maskami OM-90 s filtry REAKTOR a jednorázovými pláštěnkami JP-90.

Vyčleněné síly a prostředky mají celorepublikovou působnost, jejíž rozsah upřesňuje zástupce náčelníka generálního štábu – ředitel společného operačního centra MO po obdržení požadavku na nasazení SaP AČR.^[5]

Standardizační dohoda NATO (STANG) 2473

Cílem této dohody je poskytnout velitelům směrnice pro radiační ochranu osob, které působí v operacích pro řešení krizových situací, při nichž se současně udržuje tempo operace a bojeschopnost nasazených jednotek a útvarů.^[7]

Směrnice pro krizový management v případě jakéhokoliv druhu a velikosti radiačního ohrožení musí být v souladu s povinnostmi velitele v péči o podřízené. Tato standardizační dohoda vychází z práce Mezinárodní komise pro radiační ochranu

(International Commission for Radiological Protection – ICRP)²¹ a závěru základního posudku vydaného národními a mezinárodními experty.²²

STANAG 2473 definuje radiologické zbraně jako jakékoli přístroje včetně zbraní a výzbroje, které jsou jiné než výbušná jaderná zařízení, speciálně vyvinuté k rozptýlení radioaktivního materiálu, k ničení, poškození nebo poranění způsobených ionizujícím zářením, které vzniká radioaktivním rozpadem takového materiálu. Někdy se také nazývají radiační zbraně nebo přístroje k rozptýlení radioaktivních látek.

Dále se v této dohodě uvádí, že při sledování ozáření osob se musí zvážit povinnost chránit osoby (brát v úvahu možné okamžité ohrožení a rovněž rizika dlouhodobých následků) a povinnost splnit úkol jednotky, který sám o sobě přináší ohrožení životů. Proto při plánování nebo uskutečňování operací, kde se jako jeden z faktorů, které se berou v úvahu, vyskytuje nebo očekává ionizující záření, velitelé musí být schopni na základě znalosti situace posoudit svoji odpovědnost za splnění aktuálního úkolu a za ochranu osob.^[7]

Dávku ozáření, jež vznikla následkem spolknutí nebo vdechnutí radioaktivního materiálu (tzv. vnitřní ozáření), částečným ozářením těla zářením gama a ozářením kůže zářením beta, nelze při zásahu přesně změřit, dá se však předpovídat. Kombinovaná vnitřní a vnější dávka může být v závislosti na druhu radioaktivního materiálu a způsobu rozptýlení mnohem větší než vnější dávka zaznamenaná dozimetrem. V případě že se při rozboru ohrožení ukáže možné riziko vnitřního ozáření nebo ozáření kůže a překročení dávky uvedené v pomůcce velitele pro činnost při ozáření (Commander's operational exposure guidance **OEG**)²³, musí se organizovat ochrana dýchacích orgánů a kůže.^[7]

Během zásahu se může stát, že mírové normy ozáření specifikované národními předpisy budou překročeny (zejména v krizových situacích a při záchranně životů).

²¹ ICRP Report 60, 1991, podrobnosti pojmových principů civilní radiační ochrany v míru.

²² Od 1997 do 2000, Working Group 2 of NATO NAAG Land Group 7 (LG7 WG2) pověřená zpracovat mnoho důležitých mezinárodních zpráv a organizovat setkání zabývající se ozářením a činností nasazených jednotek a útvarů.

²³ Viz. níže.

Veškeré ozáření proto musí být pod kontrolou, přičemž se dodržují dávky ozáření dané principem radiační ochrany ALARA²⁴.

1.5 Činnosti příslušníků AČR při radiační mimořádné události

Podle Typové činnosti složek IZS při společném zásahu – Uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně, má Armáda České republiky tyto úkoly:^[16]

1. Pozemní a letecký průzkum
2. Měření stupně kontaminace osob a techniky
3. Dekontaminace osob, techniky a terénu
4. Zdravotnická pomoc
5. Letecká přeprava zraněných
6. Plnění pořádkové služby a kontrola kontaminace techniky a osob na tzv. uzávěrách
7. Monitorování šíření kontaminace v pozdním období radiační události

Tyto úkoly plní:^[16]

- Mobilní monitorovací skupina o dvou družstvech z 31. pluku radiační, chemické a biologické ochrany vybavená vozidly Land Rover CH, detekčními přístroji DP-98 Identifinder^[12] (do 6 hodin od obdržení požadavku).
- Družstvo dekontaminace osob vybavené linkou dekontaminace osob a raněných osob SDO-1 (do 24 hodin od obdržení požadavku).
- Dekontaminační odřady vojenských záchranných útvarů Armády ČR vybavené dekontaminačními vozidly ACHR-90²⁵ nebo ARS-12M, zařízením Linka-82 a MSO.

²⁴ ALARA (as low as reasonably achievable) je ústředním principem civilní mírové radiační ochrany, který vyjádřila ICRP jako "... individuální dávky, ... se udržují tak nízké, jak je rozumně dosažitelné s přihlédnutím k hospodářským a sociálním hlediskům".

²⁵ Automobil chemický rozstřikovací.

- Mobilní monitorovací družstva vybavené vozidly UAZ-469 CH a přístrojem DC-3E-98 (výjezd do 4 hodin od obdržení požadavku).
- Armádní radiační monitorovací síť²⁶ (stálá a pohotovostní místa měření včetně 1 letecké monitorovací skupiny s 1 vrtulníkem Mi-17 od základny vrtulníkového letectva a obsluhou přístroje leteckého radiačního průzkumu IRIS od 314. Centrum výstrahy zbraní hromadného ničení (do 6 hodin od obdržení požadavku). Součástí Armádní monitorovací sítě je i Centrální laboratoř ARMS (Ústav OPZHN Vyškov). Tato laboratoř působí jako stacionární laboratoř pro identifikaci a analýzu radiačních vzorků a jejich hotovost je 6 hodin od obdržení požadavku.
- Družstvo dekontaminace techniky a terénu, s možností rozvinutí 2 dekontaminačních linek (do 24 hodin od obdržení požadavku).
- Letecká technika základny vrtulníkového letectva.
- Síly a prostředky AČR vyčleněné ve prospěch Policie ČR na základě konkrétního nařízení vlády ČR.
- Speciální skupina chemická laboratoř od 31. pluku radiační, chemické a biologické ochrany (do 6 hodin od obdržení požadavku).
- Mobilní zdravotnický tým s dobou pohotovosti Č + 24 hodin k zásahu v terénu.
- Zásahové skupiny regionálních Posádkových ošetřoven po vyčerpání kapacit územní zdravotnické záchranné služby ČR.

Činnost před zasazením

Pokud časové možnosti dovolí, před zasazením se provede počáteční zpravodajské vyhodnocení ohrožení v prostoru a připraví se výstroj jakkoli související s ohrožením a rozpracovává se plán pro neočekávané události. Tento plán obsahuje pokyny pro činnost při většině pravděpodobných rizik, jejich charakter, možný rozsah, a to i včetně popisu možných nehod nebo scénářů událostí. Dále také obsahuje údaje o

²⁶ ARMS

dozimetrických přístrojích, kterými jsou zasahující vojáci vybaveni²⁷, údaje o hodnotách typického nebo předpokládaného záření od kontaminovaného terénu v prostoru zásahu, informace o prostředcích k provedení včasné detekce a varování o možném radiačním ohrožení a další potřebné informace.^[7]

Předcházení ohrožení

V místě zásahu musí velitel omezit ozáření svých jednotek. Toho docílí díky průběžným aktualizacím o možných ohrožených prostorech, zajištěním a vytyčením kontaminovaných míst²⁸ (s omezením a přísnou kontrolou vstupu do vytyčených prostor) a také zajištěním, aby jednotky neporušovaly pravidla zacházení s kontejnery označenými značkami, které oznamují přítomnost ionizujícího záření.^[7]

Reakce na vzniklou událost

Je-li známo radiační ohrožení, přijímají se opatření jako použití ochranných masek, prostředků kůže a výdej osobních dozimetrů. Není-li to bezpodmínečně nutné, osoby se nepřibližují ke zdroji ionizujícího záření, a to do vzdálenosti, kde už není žádný operačně významný dávkový příkon (tj. méně než 0,0002 cGy/h nebo méně než desetinásobek přírodního pozadí měřený 1 m nad terénem v nekontaminovaném prostoru). Pokud dojde k neočekávaným okolnostem, uskuteční se odsun na návětrnou stranu nebo do boku do vzdálenosti 1 km od očekávaného místa úniku radioaktivních látek.^[7]

²⁷ Musí se počítat s tím, že většina vojenských jednotek může mít jen omezené možnosti měření záření alfa, neutronového záření a nízkých úrovní radiace způsobených zářením beta a gama.

²⁸ Vytyčování hranic prostorů s nízkou úrovní radiace popisuje STANAG 2002. Tato dohoda definuje hranice nízké úrovně radiace při 0,0002 cGy/h (0,002 mGy/h) ve výšce 1 m nad terénem. Ve většině míst je to zhruba desetinásobek přírodního pozadí v otevřeném terénu.

Tabulka 4: Pomůcka pro činnost při ozáření v operacích pro řešení krizových situací^[7]

Celková kumulativní dávka (viz pozn. 1 a 2)	Kategorie stupně ozáření RES	Doporučená činnost
0 až 0,5 mGy	0	Obvyklé monitorování k zajištění včasného varování o ohrožení.
0,5 až 5 mGy	1A	Zaznamenávat dávky z osobních dozimetrů. Zahájit vedení zvláštních zápisů o monitorování nebo monitorovaných objektech.
5 až 50 mGy	1B	Zaznamenávat dávky z osobních dozimetrů. Zahájit radiační průzkum a pokračovat v monitorování. Stanovit pořadí úkolů. Nařídit dozimetrickou kontrolu jako součást operace.
50 až 100 mGy	1C	Zaznamenávat dávky z osobních dozimetrů. Aktualizovat výsledky radiačního průzkumu a pokračovat v monitorování. Pokračovat v dozimetrické kontrole. Plnit jen úkoly s prioritou (viz poznámka 3).
100 až 250 mGy	1D	Zaznamenávat dávky z osobních dozimetrů. Aktualizovat výsledky radiačního průzkumu a pokračovat v monitorování. Pokračovat v dozimetrické kontrole. Plnit jen nezbytně nutné úkoly (viz poznámka 4). Doporučeno zdravotnické sledování před plánovaným návratem do domovské základny.
250 až 750 mGy	1E	Zaznamenávat dávky z osobních dozimetrů. Aktualizovat výsledky radiačního průzkumu a pokračovat v monitorování. Pokračovat v dozimetrické kontrole. Plnit jen nezbytně nutné úkoly (viz poznámka 4). Doporučeno zdravotnické sledování před plánovaným návratem do domovské základny.

Poznámky

1. V operacích pro řešení krizových situací se ve všech případech dává přednost měření v centisievertech (cSv) nebo milisievertech (mSv). Protože však vojenské přístroje měří jen v centigrayích (cGy) nebo miligrayích (mGy), tabulky pomůcky o ozáření pro usnadnění používají jednotky cGy. Pro celotělové ozáření zářením gama platí $10 \text{ mGy} = 1 \text{ cGy} = 1 \text{ cSv} = 10 \text{ mSv}$.
2. Všechny dávky musí být tak nízké, jak je jen možné dosáhnout (ALARA). Tak se u jednotlivého vojáka redukuje riziko a rovněž se co nejvíce uchovává bojeschopnost ozářeného jednotlivce pro jeho další nasazení.
3. Úkoly s prioritou jsou takové úkoly, které sice zahrnují riziko, ale předcházejí nebezpečí hrozící osobám nebo umožňují splnit úkol bez podstatné změny operačního plánu.
4. Příkladem na nezbytně nutné úkoly jsou takové úkoly, které zachraňují životy nebo umožňují pokračovat v zabezpečování činností, o nichž velitel soudí, že jsou nutné ke splnění úkolu. I když je v tabulce u stupně 1 E uvedena horní hranice, je možné ji překročit. První projev akutní nemoci z ozáření lze očekávat při překročení celotělové dávky 75 cGy. Osoby, které překročí horní hranici stupně 1 E, se musí okamžitě podrobit zdravotnickému sledování.

Činnosti po události

Po radiační události se zpracuje předpověď a plán kontrolních opatření nezbytných ke snížení míry ohrožení. Tento plán obsahuje například normy uvedené v pomůcce velitele pro činnost při ozáření, postupy ke snížení míry ohrožení a zajištění bezpečnosti, způsoby odsunu z ohroženého místa, pokud je nutný a způsoby varování ostatních zasahujících jednotek. Také může popisovat kontroly vstupu do vymezeného prostoru, které zabrání zbytečnému ozáření osob a omezí další šíření ohrožení a zviření kontaminovaného prachu při pohybu. Dále zde může být rozepsané vedení průzkumu, potvrzení rozsahu radiačního ohrožení a ověření správnosti vytyčení a odsunových opatření, způsoby důkladného monitorování a přesného vedení záznamů o ozáření osob, které musí zůstat na místě zásahu a také způsob výdeje osobních dozimetrů. Může dojít k situaci, že pro osoby, u nichž se očekává ozáření, nebudou k dispozici dozimetry schopné zaznamenat nízké úrovně radiace. V tomto případě bude třeba konzultovat se specialisty alternativní metody vyhodnocování a zaznamenávání individuálních dávek ozáření. Také by měl být v tomto plánu popsán způsob vyhodnocování, jestliže místo zásahu představuje nepřijatelné riziko, tzn., že nebude dodržena pomůcka velitele pro činnost při ozáření. Takové místo se musí vytyčit jako pásmo radiačního ohrožení, v němž všechny zasahující jednotky musí použít prostředky dýchacích cest a kůže, aby se dodržely normy přípustného vnitřního ozáření a ozáření kůže. Dále tu mohou být

uvedeny způsoby sledování kontaminace, a je-li to nutné, i rozvinutí dekontaminačních míst.^[7]

Dekontaminace

V případě, že dojde ke kontaminaci, je nutné provést rychlou a účinnou dekontaminaci. Může ovšem dojít k situacím, kdy je třeba plnit důležitější úkoly, jako je např. záchrana životů, a kdy je tedy velmi obtížné nebo dokonce nemožné provádět dekontaminaci v přijatelném čase. Pro armádní účely se používá označení stupeň radioaktivní kontaminace, což odpovídá plošné aktivitě udávané v bequerelech na centimetr čtvereční (Bq/cm^2)²⁹.

Dekontaminace kůže se může ukončit, jakmile je zbytková aktivita menší než 10 Bq/cm^2 nebo když se aktivita při jednom dekontaminačním kroku sníží o méně než 10 %. Předpokládá se, že aktivita po třech dekontaminačních cyklech se už nemění a dále se nebere v úvahu až na její přispění k vnějšímu ozáření. Zářiče s nízkou energií záření beta ($E_{\beta\text{max}} \leq 200 \text{ keV}$), jako je C14, se z hlediska vojenské kontaminace nepovažují za důležité.^[7]

Jestliže povolená hodnota stupně ozáření podle pomůcky pro činnost při ozáření je v rozsahu RES 1A, je možná pouze jedna kontaminace kůže. Tímto omezením a předpokladem, že po dekontaminaci bude méně než 10 Bq/cm^2 se docílí, že dávka obdržená kůží bude rovná nebo menší než 1 % z 50 cGy (500 mSv) stanovených Mezinárodní komisí pro radiační ochranu (ICRP) jako dávka na kůži pro profesionální pracovníky s radioaktivním materiálem.^[7]

Jestliže povolená hodnota stupně ozáření podle pomůcky pro činnost při ozáření je v rozsahu RES 1B, je možných deset kontaminací kůže; jestliže je v rozsahu RES 1C, je možných dvacet kontaminací; jestliže je v rozsahu RES od 1D do 1E, je možných až 50 kontaminací. Počet 50 je konzervativní hodnota, která počítá se skutečností, že v některých případech nebude možné dekontaminací dosáhnout úrovně 10 Bq/cm^2 . Při

²⁹ Jeden Bq znamená jeden radioaktivní rozpad za sekundu.

dodržení těchto omezení nebude překročena maximální dávka pro kůži 30 cGy (300 mSv).^[7]

Tabulka 5: Pomůcka pro dozimetrickou kontrolu (pro plnění úkolů do 7 dnů^[7])

Stupeň ozáření (RES)	Stupeň radioaktivní kontaminace v Bq/cm ² , který nebude překročen při určité kategorii RES (plnění úkolu v trvání 7 dní)		
	Výzbroj a ochranné oděvy ¹		Kůže ³
	Vysoce toxické zářiče alfa ²	Zářiče beta a málo toxické zářiče alfa	Pouze zářiče beta
Kategorie 1 A 0.05 – 0.5 cGy	5	50	10 (nejvíce 1 událost ⁴)
Kategorie 1 B 0.5 – 5 cGy	50	500	10 (10 událostí ⁴)
Kategorie 1 C 5 – 10 cGy	100	1000	10 (20 událostí ⁴)
Kategorie 1 D 10 – 25 cGy	250	2500	10 (50 událostí ⁴)
Kategorie 1 E 25 – 75 cGy	750	7500	10 (50 událostí ⁴)

Poznámky

1. Kalkulace předpokládají, že kontaminaci lze odstranit dekontaminací.
2. O všech izotopech, které jsou zářiče alfa s výjimkou uranu, se předpokládá, že jsou vysoce toxické.
3. Manipulace s kontaminovanou výzbrojí bez použití ochranných oděvů je povolena pouze, když stupeň radioaktivní kontaminace nepřesahuje kategorii 1A.
4. Čísla uvedená v závorkách znamenají nejvyšší dovolený počet událostí spojených s kontaminací bez ohledu na to, která část těla je kontaminována. Každá událost spojená s kontaminací může postihovat libovolný počet míst na těle. Po každé události musí co nejdříve následovat dekontaminace.

Dekontaminace se bude provádět na základě hodnocení výsledků monitorování reálné radiační situace a rozhodnutí krizového štábu příslušného krajského úřadu. Provádět jí budou prioritně dekontaminační odřady (samostatná záchranná rota Olomouc, 311. a 312. prapory radiační, chemické a biologické ochrany, 74. lehký motorizovaný útvar Bučovice, 44. lehký motorizovaný útvar Jindřichův Hradec). Tyto odřady budou postupovat podle pokynů a podle potřeby vytvoří dekontaminační místa.

Budou vybaveny speciálními ochrannými oděvy, ochrannými maskami a termoluminiscenčními diagnostickými dozimetry.^[5]

Kontrola kontaminace osob

1. Je-li přepravní technika kontaminována v rozsahu od 3 do 10 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, provádět kontrolu osob přístroji DC-3E-98, RP-114 (114A) nebo jinými dozimetrickým přístrojem.³⁰ Činnost bude probíhat takto:

Osoby zůstanou ve vozidle. Bude se měřit plošná aktivita (s otevřenou clonou přístroje, s detektorem kolmo k měřené části těla ve vzdálenosti přibližně 10 cm od povrchu těla). Měření samotné bude začínat od vrcholu hlavy, dolů po stranách krku přes límec, ramena, paže, zápěstí, ruce, podpaží až do podpažní jamky, pak po boku na nohu, přes vnější kotník na botu. Dále se bude pokračovat mezi nohama na druhou stranu těla, přičemž by se kontrolovala i přední a zadní část těla. Důležité je věnovat zvláštní pozornost chodidlům, zadní části kalhot, kolenům, rukám a tváři. Celé měření bude probíhat rychlostí cca 5 cm/sec. Nicméně podle doporučení IAEA to bude rychlostí 1cm/sec., a to především z důvodu odezvy detektoru. Při měření v autobusech se budou z časových důvodů přednostně kontrolovat ty osoby, které se před nástupem do autobusu pohybovaly mimo uzavřené prostory nebo manipulovaly s předměty, které se nalézaly mimo uzavřené prostory. Pokud kontaminace překročí plošnou aktivitu 4 Bq/cm², což je zásahová úroveň pro kontaminaci pokožky a oděvu, musí se provést záznam o výsledku monitorování do záznamníku a kontaminované osoby se budou muset odeslat na dekontaminační místo k provedení dekontaminace.^[5]

³⁰ Podrobněji k přístrojům a vybavení příslušníků AČR v samostatné kapitole.

Tabulka 6: Naměřené hodnoty povrchové kontaminace a příslušná opatření^[5]

Naměřená hodnota (zásahová úroveň)	Sdělení osobám	Opatření
pod 1 Bq/ cm ²	Nejste kontaminován	Žádné
1 – 100 Bq/ cm ²	Jste mírně kontaminován. Je nutno se očistit a převléknout	Očištění a převléknutí (je možné i mimo dekontaminační místo).
100 – 1000 Bq/ cm ²	Jste kontaminován. Očistěte se na dekontaminačním místě.	Očištění na dekontaminačním místě s následnou kontrolou a převlečením.
1000 – 10 000 Bq/ cm ²	Jste silně kontaminován. Okamžitě se očistěte na dekontaminačním místě.	Přednostní očištění na dekontaminačním místě s následnou kontrolou a převlečením. Osoby je třeba podle možnosti izolovat.
nad 10 000 Bq/ cm ²	Jste velmi silně kontaminován. Okamžitě se očistěte na dekontaminačním místě.	Přednostní očištění na dekontaminačním místě s následnou kontrolou a převlečením. Osoby je třeba podle možnosti izolovat. Zajištění lékařského vyšetření.

Pokud dojde k překročení kapacity místa dekontaminace nebo k ohrožení průběhu evakuace, zásahová úroveň se zvýší na 400 Bq/cm². Při překročení této úrovně se dekontaminace bude provádět umytím celého těla, a to včetně vlasů, s použitím mýdla a následným převlečením do čistého, tedy nekontaminovaného oblečení.

2. Je-li dávkový příkon, neboli stupeň zamoření, u přepravní techniky vyšší než 10 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, pak se budou osoby i technika odesílat přímo na dekontaminační místo k provedení dekontaminace.

Použije se dekontaminační metoda „Umytí celého těla a vlasů, sprchování teplou vodou s použitím mýdla“, která začíná mytím pokožky rukou a těla mýdlem, a to po dobu 2-3 minut. Omytí se opakuje 2 krát. Důležité je věnovat zvýšenou pozornost nechráněným částem těla, jakou jsou ruce, obličej a krk. Poté se vyčistí zvukovody uší za použití tamponů a vypláchnou se ústa pitnou vodou. Dále se 3 krát myjí vlasy pomocí mýdla. Při splachování se vlasy smývají dozadu, aby se zabránilo kontaminaci úst a nosu.^[5]

Sledování zdravotního stavu

Předpokládá se, že riziko dlouhodobých účinků ozáření bude mít kumulativní charakter odpovídající celkové obdržené dávce. Z tohoto důvodu bude nezbytné uchovávat záznamy o ozáření a velitel musí při plánování dalších zásahů spojených s radiačním rizikem počítat s předcházejícím ozářením osob. Po ukončení zásahu se u osob, které byly ozářeny, může požadovat dlouhodobé sledování. Toto sledování se uskutečňuje podle národních předpisů. Po skončení zasazení může být rovněž požadováno vyhodnocení dávek způsobených vnitřním ozářením.^[7]

1.6 Výbava příslušníků AČR

V této kapitole bych ráda objasnila problematiku vybavení a přístrojů příslušníků AČR. Je třeba zdůraznit, že mnohé jsou zastaralé a dochází k jejich postupné obměně. Nicméně rozhodla jsem se je zde uvést především z toho důvodu, že jsou na skladech u vojenských útvarů a vojáci s nimi stále cvičí.

Přístroje dozimetrické kontroly

Dozimetrická kontrola slouží k zjišťování ozáření osob a kontrolu kontaminace osob, výzbroje, potravin, ovzduší, vody, stavebních objektů a dalšího materiálu radioaktivními látkami. Cílem dozimetrické kontroly je získat údaje pro hodnocení kontaminace osob a techniky po ozáření a určit rozsah a způsob jejich dekontaminace a ověřit její účinnost.

Za účelem určení stupně poškození ozářením a provedení léčebně profylaktických a odsunových opatření se provádí kontrola radioaktivní kontaminace osob, a to individuální, skupinovou nebo kombinovanou metodou.

Řadu přístrojů radiačního průzkumu lze rovněž využít k provádění dozimetrické kontroly. Jedná se o tyto přístroje: dozimetrický přístroj RDS-120, RDS-200, Microcont I (II), intenzimetr IT-65, dozimetrický přístroj DP-86.^[2]

Radiometr RGB–T–62 (ČR)

Radiometr RGB –T-62 je určen k provádění dozimetrické kontroly stupně radioaktivní kontaminace potravin, vody, součástí výstroje, výzbroje, předmětů běžné potřeby a povrchu různých předmětů. Radiometrem lze měřit nízké hodnoty úrovně radiace. K měření se používá GM trubice umístěná v sondě, měřící záření beta a gama a to $\beta 1$ – měří záření β a γ , $\beta 2$ – měří záření β a γ (10x nižší citlivosti), γ – měří záření γ . Kontrola stupně radioaktivní kontaminace se provádí měřením plošné aktivity v rozpadech ($\text{rozp.min}^{-1}.\text{cm}^{-2}$) nebo v mR.h^{-1} . Základní chyby měření jsou $\pm 20 \%$ při teplotách $15 - 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, mimo tyto teploty je ± 30 .³¹ Pomocí radiometru lze stanovit stáří radioaktivního spadu z oblaku jaderného výbuchu.^[2]



Obrázek 2: Radiometr RGB–T–62^[2]

Diagnostický dozimetr DD–80 (měřič dávky) (ČR)

Diagnostický dozimetr DD-80 je určen ke stanovení dávek záření gama a tepelných neutronů od $0,05 \text{ Gy}$ do 15 Gy . Je tvořen hranolkem speciálního fosfátového skla aktivovaného stříbrem, uloženém v plastovém pouzdru. Při ozáření fotony nebo neutrony³² dochází k aktivaci luminiscenčních center v materiálu fosfátového skla dotovaného stříbrem. Vyhodnocení se provádí ozáření UV zářením a odfiltrováním nepotřebných spekter, přičemž intenzita luminiscenčního světla je úměrná absorbované dávce.^[2]

³¹ Přídavná chyba v mezních klimatických podmínkách činí $\pm 30\%$.

³² Z části tepelného spektra.



Obrázek 3: Diagnostický dozimetr DD-80^[9]

Vyhodnocovací zařízení VDD-80 (ČR)

Zařízení VDD-80 je určeno pro vyhodnocování DD-80. Měří dávku záření gama a neutronů od 0,05 Gy do 15 Gy, registrovaných diagnostickými dozimetry DD-80. Vyhodnocení dozimetru se provádí ozáření hranolku skla ultrafialovým zářením, které způsobí emisi elektronů z metastabilních luminiscenčních center. Tím vzniká luminiscence, jejíž intenzita je úměrná ozáření dozimetru. Doba k odečtení z jednoho dozimetru je 30 sekund.^[2]



Obrázek 4: Vyhodnocovací zařízení VDD-80^[2]

Dozimetr EDOS (ČR)

Dozimetr EDOS je určen ke stanovení dávky ionizujícího záření gama. Jedná se o přímoodečítací skupinový dozimetr umožňující operativní sledování dávky. Jeho měřicí rozsahy jsou I. od 20 do 150 rad a II. od 20 do 800 rad. Základní chyby měření jsou $\pm 20 \%$ pro rozmezí 50 až 800 rad a dodatková chyba do $\pm 15 \%$ v rozmezí 30 až

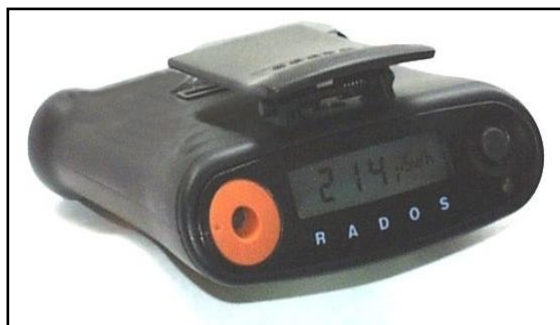
50 rad. Konstrukce přístroje je založena na principu Ohmartova článku, který úměrně dávce záření nabíjí kondenzátor, jehož napětí je přímo úměrné dávce. Přístroj je umístěn v hliníkovém pouzdru. Pro odečtení údaje o dávce slouží analogový měřicí přístroj.^[2]



Obrázek 5: Dozimetr EDOS^[2]

Dozimetr RAD–50 S (60 S) (elektronický a osobní dozimetr) (RADOS, Finsko)

Dozimetr RAD-50 S je kapesní dozimetrický přístroj. Je určen ke stanovení fotonového dávkového ekvivalentu (intergací příkonu fotonového dávkového ekvivalentu) od 1 μSv do 9,99 Sv a příkonu fotonového dávkového ekvivalentu záření gama a rentgenového záření od 5 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ do 3 Sv.h^{-1} a pro záření gama v rozsahu energií od 60 keV do 3 MeV a rentgenovém záření. Umožňuje akustickou signalizaci překročení prahu varovné signalizace dávkového ekvivalentu, příkonu dávkového ekvivalentu, přetečení rozsahu měření dávkového ekvivalentu, přetečení rozsahu měření příkonu dávkového ekvivalentu nad 3 Sv.h^{-1} , poklesu kapacity baterií a poruchy.^[2]



Obrázek 6: Dozimetr RAD–50 S^[2]

Dozimetr RAD-60 S je novější verzí dozimetru RAD-50 S. Z uživatelského hlediska jsou oba typy naprosto shodné. U RAD-60 S je nábojový zesilovač integrován do detektoru, hlasitost zvukového alarmu je zvýšena ze 70 na 80 dB a současná povrchová úprava umožňuje kvalitnější dekontaminaci.^[2]

Přístroje radiačního průzkumu

MicroCont (MicroCont II) (RADOS, Finsko)

MicroCont (MicroCont II) je přenosný monitor kontaminace pro detekci záření alfa-beta nebo beta-gama. V příslušenství jsou dva plynové detektory. Xenonový slouží pro měření záření beta-gama, průtokový slouží ke měření záření alfa-beta. Velkoplošný, vícefunkční display (LCD) umožňuje současně odečítat měřené výsledky i přednastavené parametry. Zobrazení měřených hodnot je možné v imp.s^{-1} , imp.s^{-1} bez pozadí, Bq, Bq.cm^{-2} . Ve vnitřní paměti může uložit až 500 výsledků měření.^[2]



Obrázek 7: MicroCont II^[2]

MicroCont II má dva typy výměnných detektorů:

1. Velkoplošný xenonový detektor HXE (RXE) 260:

Jedná se o hermeticky utěsněný velkoplošný proporcionální detektor, který je určen pro měření beta a gama záření, jehož počítacím plynem je xenon a zhasínacím je 15 % metan. Pozadí je cca 15 imp. s^{-1} při $0,1 \mu\text{Sv.h}^{-1}$. Má vysoký faktor účinnosti pro nuklidy používané v nukleární medicíně.^[2]

2. Velkoplošný průtokový detektor HGZ (RGZ) 190:

Jedná se o velkoplošný proporcionální detektor jako plynový průtokový detektor s integrovaným zásobníkem plynu určen pro měření alfa a beta záření. Pozadí je cca $0,01 \text{ imp.s}^{-1}$ v α režimu, cca 5 imp.s^{-1} v β režimu při $0,1 \text{ } \mu\text{Sv.h}^{-1}$. Pro provoz je nutný zdroj plynové směsi butan/propan (85/15 %) z pohotovostní plynové bombičky G145.^[2]

Ostatní přístroje radiačního průzkumu jsou podrobně rozebrány v kapitole Výsledky.

Prostředky individuální ochrany

Prostředky individuální ochrany zabezpečují ochranu osob proti určeným škodlivinám. Tyto prostředky se dělí na ochranné prostředky dýchacích orgánů a ochranné prostředky povrchu těla. Voják musí mít tyto prostředky neustále u sebe. Při různých činnostech se odkládají tak, aby se mohly v případě potřeby ihned použít.^[4]

Filtry

Filtr je zařízení, které z procházejícího vzduchu zachycuje specifické škodlivé látky. Dělí se na filtry proti částicím, protiplynové filtry a kombinované filtry. Standardně dodávané filtry k ochranným maskám, zavedených v Armádě ČR, jsou kombinované filtry. Jsou určeny k zachycení vojensky významných škodlivin, to znamená především chemických bojových, radiologických a bojových biologických látek ve formě jemných pevných nebo kapalných částic a určitých plynů, par a aerosolů. Mohou zachytávat i jiné škodliviny, ale jejich účinnost není zaručena. Je proto nutné vždy použít protiplynové nebo kombinované filtry, které jsou určeny k zachycení konkrétní škodliviny nebo určitého okruhu škodlivých látek.^[4]

Ochranná maska OM-90

Ochranná maska OM-90 je souprava, jejíž lícnicovou část tvoří obličejová maska s páskovým upínacím systémem. Obličejová maska je určena k ochraně obličeje, očí a dýchacích orgánů uživatele proti chemickým, radioaktivním a bojovým látkám ve formě plynů, par a aerosolů. Má malou hmotnost³³, velké zorné pole a průzvučnou membránu umožňující snadné dorozumívání.³⁴ Její součástí je i zařízení pro příjem tekutin, které se otevírá po jeho připojení ke speciální zátce polní lahve a po otočení kohoutu. Obličejová maska má dvě přípojky k připojení ochranného filtru, a to buď to na levou, nebo na pravou stranu.^[4]

V AČR jsou zavedeny i starší typy ochranných masek, a to M-10 a M-10M, nicméně se vyskytují spíše už jen na skladech a také ochranná maska ŠR-2 pro raněné na hlavě a ochranná maska PRV-U pro specialisty.



Obrázek 8: Ochranná maska OM-90^[8]

Jednorázová plátěnka JP-90

Jednorázová plátěnka slouží k ochraně povrchu těla osob, jejich oděvu a výstroje proti kontaminaci radioaktivními, chemickými a bojovými biologickými látkami ve formě disperzního aerosolu, prachu a kapek. Nemá hermetické vlastnosti, je určena k nezbytné ochraně uživatele po dobu potřebnou pro opuštění kontaminovaného

³³ Velikost č. 1 váží 485 gramů, velikost č. 2 505 gramů a velikost č. 3 váží 525 gramů.

³⁴ Minimální slovní srozumitelnost je 98%.

prostoru. Proti radioaktivním látkám není použití jednorázové pláštěnky časově omezeno.^[4]

Vojáci v AČR cvičí i se starším typem jednorázové pláštěnky a to s JP-75A.



Obrázek 9: Jednorázová pláštěnka JP-90^[11]

Protichemický oděv OPCH-90

Protichemický oděv je izolační hermetický prostředek určený k ochraně povrchu těla a výstroje příslušníků chemických a některých speciálních jednotek, kteří dlouhodobě pracují v kontaminovaném prostoru nebo v prostoru průmyslové havárie. Chrání proti kontaminaci chemickými, radioaktivními a bojovými biologickými látkami.^[4]

Filtrační ochranný převlek FOP-96

Filtrační ochranný převlek slouží k ochraně povrchu těla osob proti parám a aerosolům chemických látek, které pronikají přes kůži. Částečně chrání i proti hrubě disperznímu aerosolu, aerosolům bojových biologických látek nebo radioaktivnímu prachu. V kontaminovaném prostředí chrání oděv po dobu šesti až 24 hodin v závislosti na druhu činnosti, podmínkách kontaminace a způsobu expozice. Základním konstrukčním materiálem je třívrstvý systém, který je tvořen krycí tkaninou s maskovacím potiskem, oleofobní a hydrofilní úpravou, netkanou adsorbční textilií s aktivním uhlím a podšívkou. Prevlek kontaminovaný radioaktivními látkami lze po dezaktivaci znovu použít.^[4]

Používání prostředků individuální ochrany vede ke snížení výkonnosti jednotlivců a jednotek.^[4]

Cystamin

Jako radioprotektivum se v AČR používá cystamin (dimerkaptoetylamin), jehož chemický vzorec je $\text{NH}_2 - (\text{CH}_2)_2 - \text{S} - \text{S} - (\text{CH}_2)_2 - \text{NH}_2$. Je to radioprotektivum zaležené na obsahu síry. Mechanismus jeho účinku je dán inaktivací kyslíkových radikálů, vznikajících při radiolýze vody SH skupinou.^[15]

2 HYPOTÉZA A METODIKA VÝZKUMU

Hypotéza

Současné přístroje používané v AČR v případě radiační mimořádné události jsou dostačující.

Metodika

K možnosti potvrzení nebo vyvrácení hypotézy jsem musela shromáždit a prostudovat dostupnou legislativu jak z oblasti mezinárodních doporučení, tak současně platné národní zákony, vyhlášky i právní normy. Dále jsem studovala aktuální postupy při zásahu při radiační mimořádné události. Také jsem prověřovala doporučení z ICRP, zdali jsou v České republice respektována a dostatečně vkládána do zavedených postupů.

Rovněž bylo provedeno studium a analýza aktuálních právních norem vztahujících se k radioaktivním látkám a nakládání s nimi, dokumentů, studií, odborné literatury i webových stránek zabývajících se problematikou špinavé bomby.

Abych mohla vybrané přístroje používané v Armádě České republiky k radiačnímu průzkumu v případě radiační mimořádné události zhodnotit, a naplnit tak cíl své práce, rozhodla jsem se kvantitativně zpracovat parametry přístrojů. Konkrétněji - relativně porovnat některé jejich hlavní parametry. K porovnání je využita analýza ve vybraném vzorku. Souhrnným indexem využitelnosti IV_i je vyjádřen stav použitelnosti přístroje z hlediska dnešního využití při radiační mimořádné události. Pro stanovení IV_i jsou stěžejní sledované parametry dozimetrických přístrojů. Maximální dosažená hodnota indexu $IV_i = 1$.

Podkladem tvorby indexu IV_i jsou sledované parametry, jejichž konkrétní hodnoty vycházejí z hlavních takticko-technických dat jednotlivých přístrojů určených pro radiační průzkum. Pro výpočet indexu je použita metoda operační analýzy, konkrétněji jedna z metod pro vícekritériální rozhodování, a to bodovací metoda. Aplikací metody je dosaženo číselného vyjádření a jednoznačné identifikace celkové

využitelnosti s ohledem na preferenci sledovaných parametrů. V diplomové práci jsem využila bodovací metodu v případě stanovení vah z kardinální informace o preferencích kritérií.^[46] Celkem je stanoveno šest kritérií (K_1 – K_6), které odpovídají sledovaným parametrům.

Bodové hodnocení sledovaných parametrů je vyjádřeno pouze dvěma možnostmi (1 – přístroj splňuje, 0 – přístroj nesplňuje). Váhy pro jednotlivá kritéria u indexu IV_i jsou diferencovány na základě preferencí.

Stanovení preferencí u jednotlivých kritérií bylo provedeno podle důležitosti a logické posloupnosti. Primárním požadavkem je měřitelnost dávky, dalším je signalizace při překročení určité hodnoty a posledním je náročnost přístroje z hlediska obsluhy.

Preference jsou tedy stanoveny následujícím vyjádřením:
 měřitelnost dávky (K_1, K_2) > signalizace (K_3, K_4) > náročnost na obsluhu (K_5, K_6)

Při převedení na váhy:
 měřitelnost dávky 0,5 > signalizace 0,3 > náročnost na obsluhu 0,2

Váhy byly stanoveny na základě preferencí jednotlivých kritérií, převedeny na body a znormovány celkovým počtem bodů.

Ohodnocení každé varianty je vyjádřeno součtem dílčích hodnot, respektive součtem vážených bodů podle obecného vzorce to znamená vzorce pro výpočet

$$IV_i = \sum_{j=1}^k v_j K_{ij}$$

IV_i – součet vážených bodů pro i -tý přístroj (index využitelnosti přístroje)

K_{ij} – body pro i -tý přístroj v j -tém kritériu

v_j – váha j -tého kritéria (celkem je k kritérií)

Sledované parametry:

1. měřitelnost dávky

Tato veličina je důležitá nejen z hlediska radiační ochrany, ale i z důvodu, že ve výzbroji HZS jsou pouze přístroje měřící dávku, popř. dávkový příkon atd. Při společném zásahu by v případě použití přístroje měřícího jiné veličiny, mohlo dojít časovému prodloužení z důvodu přepočtu jednotek. Zvyšuje se také pravděpodobnost výskytu chyb při měření.

dávkový příkonu.....K_{i1}

příkon dávkového ekvivalentu.....K_{i2}

2. signalizace při překročení určité hodnoty

Signalizace je velmi důležitá z hlediska varování, a tím i snížení rizika pro příslušníky Armády České republiky, kteří daný přístroj obsluhují.

světelná.....K_{i3}

akustická.....K_{i4}

3. náročnost na obsluhu

Nízká poruchovost zajišťuje funkčnost a připravenost přístroje k použití. Dá se ovšem říci, že čím novější přístroj, tím poruchovější.

Snadná manipulace - není vždy zcela zaručeno, že dozimetr dostane do rukou odborník na radiační ochranu. Může se tedy stát, že při urgentní aktivaci příslušníků Armády České republiky k zásahu při radiační mimořádné události, dostane přístroj pro radiační průzkum do rukou laik. Z tohoto důvodu je důležité, aby byla obsluha daného přístroje jednoduchá a logická.

nízká poruchovost.....K_{i5}

snadná manipulace.....K_{i6}

Vybraným vzorkem se rozumí přístroje běžně používané k radiačnímu průzkumu. Pro výběr přístrojů je důležité, že se nacházejí ve skladech a jsou pravidelně kalibrovány a revidovány, tudíž jsou stále připraveny k užití ve válečném stavu.

Předpokládá se, že by se tyto přístroje využily i v případě radiační mimořádné události.

Jsou to:

- Intenzimetr IT-65
- Dozimetrický přístroj DP-86
- Elektronický dozimetr RDS-120
- Elektronický osobní dozimetr RDS-200
- Automatický signalizátor úrovně radiace AS-67
- Dozimetrický přístroj DP-98
- Radiometr DC-3E-98

3 VÝSLEDKY

Podklady ke zpracování kapitoly výsledků byly získány z návodů, příruček a takticko-technických dat přístrojů. Některé body srovnání přístrojů byly konzultovány s odborníky vojenské dozimetrie, ale také s každodenními uživateli, kteří přístroje používají.

3.1 Intenzimetr IT-65 (měřič expozice) (ČR)

Intenzimetr IT-65 je základním přístrojem radiačního průzkumu a dozimetrické kontroly kontaminace jednotek. Umožňuje měřit úroveň radiace a určit stupeň radioaktivní kontaminace. Detektorem záření beta a gama na radiometrickém rozsahu, který je od 0,05 do 500 mR.h⁻¹, je GM počítač v externí sondě. Rentgenometrický rozsah je od 0,05 do 500 R. h⁻¹ a využívá k měření záření gama ionizační komoru umístěnou v přístroji.^[2]



Obrázek 10: Intenzimetr IT-65^[2]

Měřitelnost dávky

Přístroje IT-65 neměří dávku, je to měřič expozice. Expozice X je definovaná výhradně jen pro vzduch a je dána poměrem:

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

kde X je expozice, dQ je absolutní hodnota celkového elektrického náboje iontů jednoho znaménka vzniklých ve vzduchu při úplném zabrzdění všech elektronů a pozitronů, které byly uvolněny fotony v objemovém elementu vzduchu o hmotnosti látky dm. Jednotkou je coulomb na kilogram (C.Kg⁻¹). Předchozí jednotkou expozice byl 1 R = 0,258 mC.Kg⁻¹.

Sledované parametry měření dávky jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7: Sledované parametry měřitelnosti dávky Intenzimeru IT-65

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	0
Příkonu dávkového ekvivalentu	0

Signalizace při překročení určité hodnoty

Tato signalizace je velmi důležitá z hlediska varování, a tím i snížení rizika pro příslušníky Armády České republiky, kteří přístroj obsluhují. Přístroj IT-65 má sice možnost připojení sluchátka, nicméně to slouží k akustické indikaci při měření na radiometrickém rozsahu a ke kontrole činnosti přístroje. Neumožňuje tedy varování při překročení určité hodnoty.

Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty IT-65

Signalizace	Splňuje
Světelná	0
Akustická	0

Náročnost na obsluhu

Jak jsem již zmínila výše, tento přístroj je měřič expozice, a proto by bylo nutné naměřenou hodnotu přepočítat. Členové hasičského záchranného sboru nemají ve své výstroji dozimetrický přístroj, který by měřil expozici. Z tohoto důvodu by mohlo při společném zásahu dojít k mylnému vyložení naměřených hodnot nebo by mohla vzniknout zbytečná časová prodleva.

Intenzimetr IT-65 je velmi odolný, a to jak proti pádu, tak proti vodě. Snese ponoření do hloubky až 0,5 m. Manipulace s ním není náročná.

Sledované parametry náročnosti na obsluhu jsou uvedeny v tabulce 9.

Tabulka 9: Sledované parametry náročnosti na obsluhu IT-65

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	1
Snadná manipulace	1

3.2 Dozimetrický přístroj DP-86 (měřič dávkového příkonu) (ZPA, ČR)

Dozimetrický přístroj DP-86 je určen pro přenosná, v omezené míře i palubní použití. Slouží k měření dávkových příkonů záření gama od $1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ do $10 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, při energii záření v místě čela sondy 70 keV až 1,5 MeV, ve dvou ručně přepínaných podrozsazích od 0,001 až 19,999 $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ a od 0,001 až 9,999 $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$. Tento přístroj také detekuje záření beta v podrozsahu $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ při energii záření beta $> 200 \text{ keV}$. Základní chyba měření je $20 \% \pm 1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ v podrozsahu 0,001 až 19,999 $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ při době měření 20 s, $30 \% \pm 1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ v rozmezí 0,001 až 0,250 $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ při době měření 2 s, 20% v rozmezí 0,251 až 20 $\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$, $30 \% \pm 1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ v rozmezí 0,001 až 0,010 $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, 20% v rozmezí 0,011 až 10 $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$. Umožňuje automatickou korekci koeficientu oslabení, akustickou a optickou signalizaci jednostranného překročení vybraných hodnot prahu varovné signalizace dávkového příkonu, optickou indikaci poklesu kapacity

zdrojů a akustickou signalizaci jednotlivých detekovaných impulsů.^[2]



Obrázek 11: Dozimetrický přístroj DP-86^[2]

Měřitelnost dávky

Přístroj DP-86 měří dávkový příkon záření gama od $1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ do $10 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, při energii záření v místě čela sondy 70 keV až 1,5 MeV, ve dvou ručně přepínaných podrozsazích od 0,001 až $19,999 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ a od 0,001 až $9,999 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$.

Sledované parametry měřitelnosti dávky jsou uvedeny v tabulce 10.

Tabulka 10: Sledované parametry měřitelnosti dávky DP-86

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	1
Příkonu dávkového ekvivalentu	0

Signalizace při překročení určité hodnoty

Dozimetrický přístroj DP-86 určený především k radiačnímu průzkumu má možnost jak akustické, tak optické signalizace jednostranného překročení vybraných hodnot prahu varovné signalizace dávkového příkonu.

Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty DP-86

Signalizace	Splňuje
Světelná	1
Akustická	1

Náročnost na obsluhu

Přístroj DP-86 se skládá z hliníkové skříně, přičemž sonda je umístěna ve zvláštní dutině skříně a tvoří samostatný odnímatelný díl, což jí chrání před poškozením. Podle uživatelů je přístroj téměř neporuchový, nicméně pro manipulaci s ním je třeba znát tzv. koeficienty oslabení³⁵, a to zejména v případě měření radiace ve vozidle. Tím se může jeho obsluha zkomplikovat.

Sledované parametry náročnosti na obsluhu jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-86

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	1
Snadná manipulace	0

3.3 Elektronický dozimetr RDS–120 (RADOS, Finsko)

Dozimetrický přístroj RDS-120 je určen pro přenosné použití. Slouží k měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu od 0,05 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$ do 10 Sv.h^{-1} záření gama a rentgenového záření od 50 keV do 3 MeV a elektronické integraci fotonového dávkového ekvivalentu záření gama od 0,01 μSv do 10 Sv. Umožňuje akustickou signalizaci

³⁵ Koeficient oslabení (bezrozměrné číslo) je poměr dávky (dávkového příkonu) záření na otevřeném prostranství ve výšce 1 m nad povrchem terénu k dávce (dávkovému příkonu) na daném místě uvnitř vozidla.^[47]

jednotlivých detekovaných impulsů, akustickou a optickou signalizaci překročení nastavených prahů varovné signalizace příkonu dávkového ekvivalentu a dávkového ekvivalentu.^[2]



Obrázek 12: Elektronický dozimetr RDS-120^[2]

Měřitelnost dávky

Elektronický dozimetr RDS-120 měří příkon fotonového dávkového ekvivalentu od $0,05 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ do $10 \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ záření gama a rentgenového záření od 50 keV do 3 MeV a elektronické integraci fotonového dávkového ekvivalentu záření gama od $0,01 \mu\text{Sv}$ do 10 Sv.

Sledované parametry měřitelnosti dávky RDS-120 jsou uvedeny v tabulce 13.

Tabulka 13: Sledované parametry měřitelnosti dávky RDS-120

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	0
Příkonu dávkového ekvivalentu	1

Signalizace při překročení určité hodnoty

Dozimetr RDS-120 umožňuje akustickou a optickou signalizaci překročení nastavených prahů varovné signalizace příkonu dávkového ekvivalentu a dávkového ekvivalentu. K optické varovné signalizaci překročení nastaveného prahu příkonu dávkového ekvivalentu a prahu dávkového ekvivalentu slouží blikající světlo.

K akustické signalizaci je použit vestavěný akustický měnič s možností regulace intenzity signálu, případně jeho vypnutí.

Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty RDS-120 jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty RDS-120

Signalizace	Splňuje
Světelná	1
Akustická	1

Náročnost na obsluhu

Elektronický dozimetr RDS-120 patří mezi přístroje moderního typu (ve srovnání s předchozími dvěma přístroji). Z tohoto faktu vyplývá, že je mnohem více náchylný na poruchovost, ale manipulace s ním není náročná.

Sledované parametry náročnosti na obsluhu RDS-120 jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15: Sledované parametry náročnosti na obsluhu RDS-120

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	0
Snadná manipulace	1

3.4 Elektronický osobní dozimetr RDS–200 (RADOS, Finsko)

Souprava přenosného dozimetrického přístroje se skládá ze samotného přístroje RDS-200, externí sondy GMP-11 a přenosného kufříku. Souprava je určena pro měření úrovně radiace, měření orientační hodnoty dávky ozáření a vyhledávání kontaminovaných oblastí. Detekované záření je gama respektive X o energii 50 keV – 3 MeV a indikace záření beta je pomocí externí sondy GMP-11. Detektory jsou dvě

energeticky kompenzované GM trubice a energetická odezva vyhovuje pro měření prostorového dávkového ekvivalentu. Měřicí rozsah příkonu prostorového dávkového ekvivalentu je $0,01 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ až 10 Sv.h^{-1} a měřicí rozsah prostorového dávkového ekvivalentu je $0,01 \mu\text{Sv}$ až 10 Sv .^[2]



Obrázek 13: Dozimetrický přístroj RDS-200^[2]

Měřitelnost dávky

Dozimetrický přístroj RDS-200 měří úroveň radiace, orientační hodnoty dávky ozáření a vyhledává kontaminované oblasti. Měřicí rozsah příkonu prostorového dávkového ekvivalentu je $0,01 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ až 10 Sv.h^{-1} a měřicí rozsah prostorového dávkového ekvivalentu je $0,01 \mu\text{Sv}$ až 10 Sv .

Sledované parametry měřitelnosti dávky RDS-200 jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16: Sledované parametry měřitelnosti dávky RDS-200

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	0
Příkonu dávkového ekvivalentu	1

Signalizace při překročení určité hodnoty

Přístroj umožňuje optickou a akustickou varovnou signalizaci překročení nastavených hladin hodnot obou měřených veličin. Nastavení varovných hladin se provádí výběrem ze sady přednastavených hodnot. Dále je signalizováno překročení měřicího rozsahu přístroje.

Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty RDS-200 jsou uvedeny v tabulce 17.

Tabulka 17: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty RDS-200

Signalizace	Splňuje
Světelná	1
Akustická	1

Náročnost na obsluhu

Dozimetrický přístroj RDS-200 je modernější, ale i poněkud náročnější na obsluhu než jeho předchůdce dozimetr RDS-120.

Sledované parametry náročnosti na obsluhu RDS-200 jsou uvedeny v tabulce 18.

Tabulka 18: Sledované parametry náročnosti na obsluhu RDS-200

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	0
Snadná manipulace	0

3.5 Automatický signalizátor úrovně radiace AS-67 (ČR)

Přístroj je určen k provádění radiačního průzkumu v mobilních prostředcích nebo ve stacionárních zařízeních. Zabezpečuje měření úrovně radiace prostřednictvím expozičního příkonu záření gama. Přístroj je vybaven systémem akustické a optické varovné signalizace s možností nastavitelné hodnoty úrovně radiace. K měření jsou použity dvě GM trubice umístěné v sondě spolu s předzesilovači. Základní chyba měření je $\pm 15 \%$, dodatková chyba měření v krajních teplotách $\pm 20 \%$.^[2]



Obrázek 14: Automatický signalizátor úrovně radiace AS-67^[2]

Tabulka 19: Měřená veličina pro expoziční příkon a měřicí rozsah v $R.h^{-1}$ ^[2]

Měřená veličina a měřicí rozsah	I	od	20	do	300
	II	od	3	do	30
	III	od	0,2	do	3
	IV	od	0,02	do	0,3
	V	od	0,01	do	0,03

Měřitelnost dávky

Automatický signalizátor úrovně radiace AS-67 měří úroveň radiace prostřednictvím expozičního příkonu gama. Expoziční příkon X je přírůstek expozice dX za časový interval dt ,

$$X = \frac{dX}{dT}$$

kde X je expoziční příkon, dX je přírůstek expozice a dt je časový interval. Jednotkou expozičního příkonu je $C.kg^{-1}s^{-1}$.

Sledované parametry měřitelnosti dávky jsou uvedeny v tabulce 20.

Tabulka 20: Sledované parametry měřitelnosti dávky AS-67

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	0
Příkonu dávkového ekvivalentu	0

Signalizace při překročení určité hodnoty

Přístroj při dosažení zvolené a nastavené hodnoty úrovně radiace opticky signalizuje tuto hodnotu.

Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty AS-67 jsou uvedeny v tabulce 21.

Tabulka 21: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty AS-67

Signalizace	Splňuje
Světelná	1
Akustická	0

Náročnost na obsluhu

Přístroj je vestavěn do vodotěsné skříňky. Nosná deska s tlumiči vibrací slouží k zabudování přístroje do mobilních prostředků. Tato deska chrání před otřesy za jízdy vozidla.

Sledované parametry náročnosti na obsluhu AS-67 jsou uvedeny v tabulce 22.

Tabulka 22: Sledované parametry náročnosti na obsluhu AS-67

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	1
Snadná manipulace	0

3.6 DP-3b (SSSR)

Přístroj DP-3b je určen k použití ve vozidlech radiačního a chemického průzkumu (BRDM - 2 rch). Detekuje záření gama pomocí ionizační komory. Princip činnosti je založen na měření množství cyklů nabití a vybití ionizační komory za jednotku času. Souprava rentgenometru se skládá z vlastního přístroje, sondy, propojovacích kabelů, třmenu přístroje a sondy, sady záložních dílů a provozní dokumentace. Základní chyba měření je $\pm 15 \%$ na prvním rozsahu a $\pm 10 \%$ na ostatních rozsazích.^[2]



Obrázek 15: DP-3b^[2]

Tabulka 23: Měřená veličina pro expoziční příkon a měřicí rozsah v $R.h^{-1}$ [2]

Měřená veličina a měřicí rozsah	x1	od 0,1	do 1
	x10	od 1	do 10
	x100	od 10	do 100
	x500	od 50	do 500

Měřitelnost dávky

Rentgenometr DP-3b je měřič expozičního příkonu (viz výše). Princip činnosti rentgenometru je založen na měření množství cyklů nabití a vybití kondenzátoru za jednotku času. Kondenzátor se vybíjí proudem přes ionizační komoru a nabíjí se z tvarovacího obvodu, připojovaného ke kondenzátoru automaticky, když napětí na něm klesne pod stanovenou hodnotu. Protože počet proudových impulsů procházejících ionizační komorou je úměrný úrovni radiace, je i počet cyklů nabití - vybití kondenzátoru za jednotku času úměrný této veličině. Ve funkci kondenzátoru je využita vlastní kapacita ionizační komory, která je detektorem záření gama.^[49]

Sledované parametry měřitelnosti dávky jsou uvedeny v tabulce 24.

Tabulka 24: Sledované parametry měřitelnosti dávky přístroje DP-3b

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	0
Příkonu dávkového ekvivalentu	0

Signalizace při překročení určité hodnoty

Rentgenometr DP-3b nemá akustickou ani světelnou signalizaci. Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty jsou uvedeny v tabulce 25.

Tabulka 25: Sledované parametry při překročení určité hodnoty

Signalizace	Splňuje
Světelná	0
Akustická	0

Náročnost na obsluhu

Přístroj je velmi odolný proti poruchám a velmi jednoduchý na obsluhu. Jediné jeho úskalí by mohlo být, že je popsán v ruském jazyce.

Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-3b jsou uvedeny v tabulce 26.

Tabulka 26: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-3b

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	1
Snadná manipulace	1

3.7 Dozimetrický přístroj DP-98 (RH⁺, ČR)

Dozimetrický přístroj DP-98 je určen pro použití ve vozidlech radiačního a chemického průzkumu nebo ve stacionárních prostředcích. Přístroj měří příkon fotonového dávkového ekvivalentu záření gama v rozsahu 0,1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ až 10 $\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ a elektronicky integruje fotonový dávkový ekvivalent záření gama od 0,1 μSv až 10 Sv. Detekce záření gama v rozsahu energií fotonů od 50 keV do 1.5 MeV. Základní chyba měření je $\pm 15 \%$ v celém měřicím rozsahu. Jeho použití je široké, může sloužit jako měřič úrovně radiace, kolektivní dozimetr osádky nebo jako

automatický signalizátor přednastavených úrovní dávkového ekvivalentu a jeho příkonu. Může být řízen počítačem, a to jej předurčuje pro použití v automatizovaných systémech sběru dat.^[2]



Obrázek 16: Dozimetrický přístroj DP-98^[2]

Měřitelnost dávky

Přístroj měří příkon fotonového dávkového ekvivalentu záření gama v rozsahu $0,1 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ až 10 Sv.h^{-1} a elektronicky integruje fotonový dávkový ekvivalent záření gama od $0,1 \mu\text{Sv}$ až 10 Sv .

Sledované parametry měřitelnosti dávky DP- 98 jsou uvedeny v tabulce 27.

Tabulka 27: Sledované parametry měřitelnosti dávky DP-98

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	0
Příkonu dávkového ekvivalentu	1

Signalizace při překročení určité hodnoty

Může sloužit jako automatický signalizátor přednastavených úrovní dávkového ekvivalentu a jeho příkonu.

Vyhodnocovací ústředna zobrazuje naměřenou hodnotu a ovládá zvukovou a optickou signalizaci. Lze nastavit čtyři nezávislé varovné hladiny pro příkon fotonového dávkového ekvivalentu a tři pro fotonový dávkový ekvivalent. Přístroj lze propojit s počítačem prostřednictvím sériové linky RS-232 pro účely sběru a předání

naměřených dat, dálkového řízení vybraných funkcí přístroje, jeho konfigurace a řízení simulace.

Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty jsou uvedeny v tabulce 28.

Tabulka 28: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty

Signalizace	Splňuje
Světelná	1
Akustická	1

Náročnost na obsluhu

Přístroj se ovládá pomocí otočného přepínače (s čtyřmi nastavitelnými rozsahy) a naměřené hodnoty se odečítají na ručičkovém měřidle. Přístroj je vybaven optickou indikací detekovaných impulsů a indikací zvoleného měřicího rozsahu. Je dodáván ve dvou variantách jako DP- 3a, kdy je napájen z vlastního zdroje stejnosměrného napětí 12 V nebo jako DP – 3b, kdy je napájen z palubní sítě 12 V nebo 24 V. U varianty DP-3b je snížena citlivost měřicího přístroje na prvním rozsahu.

V závislosti na elektronice je dozimetrický přístroj poměrně poruchový. Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-3b jsou uvedeny v tabulce 29.

Tabulka 29: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-3b

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	0
Snadná manipulace	1

3.8 Radiometr DC-3E-98

Je elektronický přístroj přenosného provedení, sestává se ze sondy a samostatného přístroje. Je určen k měření dávkového příkonu gama záření v rozsahu od $0 \mu\text{Gy.h}^{-1}$ do 10 mGy.h^{-1} , zjišťování β záření, k měření plošné aktivity povrchu kontaminovaného radioaktivními látkami od 0 Bq.cm^{-2} do $30\,000 \text{ Bq.cm}^{-2}$ a k měření měrné aktivity tekutých a sypkých materiálů, kontaminovaných radioaktivními látkami. Má zvukovou indikaci.^[3]

Přístroj je podle zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, stanoveným měřidlem. Uživatel je povinen zabezpečit ověřování u autorizovaných subjektů ve lhůtách stanovených vyhláškou MPO ČR.^[3]



Obrázek 17: Radiometr DC-3E-98^[36]

Měřitelnost dávky

Dozimetrický přístroj DC-3E-98 umožňuje měřit dávkový příkon gama záření v rozsahu od $0 \mu\text{Gy.h}^{-1}$ do 10 mGy.h^{-1} , zjišťovat β záření, měřit plošnou aktivitu povrchu kontaminovaného radioaktivními látkami od 0 Bq.cm^{-2} do $30\,000 \text{ Bq.cm}^{-2}$ a měřit měrnou aktivitu.

Sledované parametry měřitelnosti dávky DC-3E-98 jsou uvedeny v tabulce 30.

Tabulka 30: Sledované parametry měřitelnosti dávky DC-3E-98

Měřitelnost dávky	Splňuje
Dávkového příkonu	1
Příkonu dávkového ekvivalentu	0

Signalizace při překročení určité hodnoty

Dozimetrický přístroj DC-3E-98 má sice zvukovou indikaci, nicméně není schopen využít jí k varování při překročení určité úrovně.

Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty jsou uvedeny v tabulce 31.

Tabulka 31: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty

Signalizace	Splňuje
Světelná	0
Akustická	0

Náročnost na obsluhu

Přístroj měří dvě veličiny na dvou stupnicích, v různých podrozsazích, což může být pro laika velmi matoucí a zpočátku i obtížné. Před použitím je dobré absolvovat školení o zacházení s dozimetrem, popřípadě si minimálně přečíst návod k použití.

Dozimetr DC-3E-98 patří mezi méně poruchové přístroje. U hasičského záchranného sboru je také ve výstroji a postupně dochází k jeho obměně za zásahový radiometr DC-3H-08. Nicméně tento přístroj je mnohem náchylnější na poruchy. Sledované parametry náročnosti na obsluhu DC-3E-98 jsou uvedeny v tabulce 32.

Tabulka 32: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DC-3E-98

Náročnost na obsluhu	Splňuje
Nízká poruchovost	1
Snadná manipulace	0

4 DISKUSE

4.1 Komparace přístrojů radiačního průzkumu

Komparace přístrojů radiační ochrany vychází z hodnocení sledovaných parametrů. Parametry byly určeny s ohledem na dosažení vypovídající hodnoty. Bližší specifikace výběru a určení sledovaných parametrů jsou v kapitole Metodika.

Hodnocení jsou shodná s výslednou tabulkou všech vybraných přístrojů radiačního průzkumu (viz. tabulka 37). Pro komparaci jednotlivých přístrojů jsou sledovány jednotlivé parametry odděleně – měření dávky, signalizace při překročení určité hodnoty, náročnost na obsluhu. Dalším specifíkem je srovnání absence váhových preferencí, které se objevují až v tabulce 36.

Tabulka 33 upřesňuje parametr měření dávky všech přístrojů. Hodnocení 1 – přístroj danou podmínku splňuje, hodnocení 0 – nesplňuje.

Tabulka 33: Měřitelnost dávky ve vybraných přístrojích radiačního průzkumu

	Dávkového příkonu (K_{i1})	Příkonu dávkového ekvivalentu (K_{i2})
IT-65	0	0
DP-86	1	0
RDS-120	0	1
RDS-200	0	1
AS-67	0	0
DP-3b	0	0
DP-98	0	1
DC-3E-98	1	0

Tabulka 34 popisuje schopnost přístroje signalizovat překročení určité úrovně. Hodnocení 1 – přístroj má tuto schopnost, hodnocení 0 – nemá.

Tabulka 34: Signalizace při překročení určité hodnoty ve vybraných přístrojích radiačního průzkumu

	Světelná (K_i3)	Akustická (K_i4)
IT-65	0	0
DP-86	1	1
RDS-120	1	1
RDS-200	1	1
AS-67	1	0
DP-3b	0	0
DP-98	1	1
DC-3E-98	0	0

Tabulka 35 popisuje oblast náročnosti na obsluhu vybraných přístrojů radiační ochrany.

Tabulka 35: Náročnost na obsluhu vybraných přístrojů radiační ochrany

	Nízká poruchovost (K_i5)	Snadná manipulace (K_i6)
IT-65	1	1
DP-86	1	0
RDS-120	0	1
RDS-200	0	0
AS-67	1	1
DP-3b	1	0
DP-98	0	1
DC-3E-98	1	0

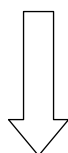
4.2 Index využitelnosti

Souhrnným indexem využitelnosti IV_i je vyjádřen stav použitelnosti přístroje z hlediska dnešního využití při radiační mimořádné události. Obdržená hodnocení (1 – splněno, 0 – nesplněno) jsou vyjádřením použitelnosti přístroje a zároveň i ukazatelem připravenosti Armády České republiky pomáhat při radiační mimořádné události. Způsob získávání kritérií a jejich hodnocení včetně preferencí je podrobněji rozepsán v kapitole Metodika.

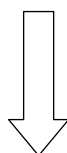
V tabulce 36 jsou uvedena sledovaná kritéria a jejich bodové hodnocení. Údaje jsou podkladem pro výpočet indexu využitelnosti IV_i , který je po dosazení vzorce uvedený v tabulce 37.

Tabulka 36: Bodové hodnocení sledovaných parametrů

	K_{i1}	K_{i2}	K_{i3}	K_{i4}	K_{i5}	K_{i6}
IT-65	0	0	0	0	1	1
DP-86	1	0	1	1	1	0
RDS-120	0	1	1	1	0	1
RDS-200	0	1	1	1	0	0
AS-67	0	0	1	0	1	0
DP-3b	0	0	0	0	1	1
DP-98	0	1	0	1	0	1
DC-3E-98	1	0	0	1	1	0
Váhy (v_j)	0,25	0,25	0,15	0,15	0,10	0,10



měřitelnost dávky
0,5



varovná signalizace
0,3



náročnost na obsluhu
0,2

Měřitelnost dávky:

dávkový příkonu.....K_{i1}

příkon dávkového ekvivalentu.....K_{i2}

Signalizace při překročení určité hodnoty:

světelná.....K_{i3}

akustická.....K_{i4}

Náročnost na obsluhu:

nízká poruchovost.....K_{i5}

snadná manipulace.....K_{i6}

Po dosazení bodových hodnot jednotlivých obcí a následným provážením s ohledem na preference sledovaných parametrů vyjde výsledný index využitelnosti.

Obecné vyjádření vzorce IV_i je:

$$IV_i = \sum_{j=1}^k v_j K_{ij}$$

Tabulka 37: Výsledný index využitelnosti IV_i pro jednotlivé přístroje

Přístroj	Index využitelnosti
IT-65	0,20
DP-86	0,65
RDS-120	0,65
RDS-200	0,40
AS-67	0,35
DP-3b	0,20
DP-98	0,50
DC-3E-98	0,50

Před samotným zahájením interpretace výsledků je třeba ještě zmínit, že je třeba brát zřetel na preference u sledovaných parametrů. Na příklad při vzájemném srovnání dvou přístrojů RDS-200 a DP-98. Oba přístroje získaly v absolutním vyjádření 3 pozitivní body, a tudíž by součtem měly dosáhnout stejných výsledků. Preference sledovaných parametrů však vytvořila dvě odlišné hodnoty a DP-98 tedy dopadl lépe, dosáhl vyššího skóre vyjádřeného pomocí IV_i . Všeobecně lze tedy říci, že závislost bodového posunu k vyšším hodnotám IV_i není podmíněna pouze vlastním bodovým hodnocením (1 - splňuje, 0 – nesplňuje), ale také mírou preferencí. Toto pravidlo je nutné zohlednit při interpretaci výsledků. Stanovení preferencí jednotlivých kritérií je blíže rozepsáno v kapitole Metodika.

Přístroje radiačního průzkumu

Jak je z tabulky 39 zřejmé, získané výsledky vypovídají o ne zcela dostačující využitelnosti vybraných dozimetrických přístrojů určených pro radiační průzkum v případě radiační mimořádné události.

Intenzimetr IT-65 má index využitelnosti $IV_i = 0,20$. Takto nízké ocenění získal především proto, že měří expozici. Tato veličina není z dnešního pohledu optimální. Expozice je definovaná jako poměr absolutní hodnoty celkového elektrického náboje iontů jednoho znaménka vzniklých ve vzduchu při úplném zabrzdění všech elektronů a pozitronů, které byly uvolněny fotony v objemovém elementu vzduchu o dané hmotnosti. Expozice je definována výhradně pro vzduch. Jednotkou je $C.kg^{-1}$.^[42] U armádních přístrojů se užívá veličina rentgen (R).

Důležitý je již jen samotný fakt, že příslušníci hasičského záchranného sboru nemají přístroje, které by měřily v těchto jednotkách, a mohlo by tedy dojít k zmatečným informacím. Dalším závažným důvodem je absence jakékoliv možnosti varování. Za válečného období, se bude IT-65 využívat po použití jaderných zbraní, kde se bude očekávat vysoká radiace. V této situaci si dovedu nepřítomnost varovné signalizace odůvodnit. Příslušník Armády České republiky, který bude přístroj obsluhovat, bude očekávat vysoké dávky, proto bude vybaven ochrannými pomůckami. Naproti tomu při radiační mimořádné události typu “špinavá bomba“ by osoba

provádějící radiační průzkum mohla obdržet vysoké dávky, aniž by to zaznamenala. Berme v potaz, že ne všechny osoby obsluhující dozimetrické přístroje jsou odborníky v radiační ochraně. Tento přístroj vyrobený v roce 1965 bych tedy nedoporučila používat k radiačním mimořádným událostem.

Dozimetrický přístroj DP-86 je modernější verze přístroje používaného pro radiační průzkum. Měří dávkový příkon záření gama od $1 \mu\text{Gy.h}^{-1}$ do 10 Gy.h^{-1} . Jeho největší nevýhodou je právě zmiňovaná nízká citlivost. Byl takto zkonstruován především proto, že se s ním počítalo hlavně při použití jaderných zbraní, kde by dávky byly mnohonásobně vyšší. Jeho velkou výhodou je možnost nastavení jak akustické, tak optické signalizace. Voják i méně zkušený v oblasti radiační ochrany bude v případě aktivace jednoho z těchto varovných čidel reagovat. Další nespornou výhodou je velmi nízká poruchovost přístroje.

Dozimetrický přístroj RDS-120 slouží k měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu od $0,05 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ do 10 Sv.h^{-1} záření gama a rentgenového záření od 50 keV do 3 MeV a elektronické integraci fotonového dávkového ekvivalentu záření gama od $0,01 \mu\text{Sv}$ do 10 Sv. Jeho novější verze dozimetrický přístroj RDS-200 má měřicí rozsah příkonu prostorového dávkového ekvivalentu je $0,01 \mu\text{Sv.h}^{-1}$ až 10 Sv.h^{-1} a měřicí rozsah prostorového dávkového ekvivalentu je $0,01 \mu\text{Sv}$ až 10 Sv. ^[2] Oba tyto přístroje spadají do kategorie moderních dozimetrických přístrojů. Oba také splňují požadavek na zvukovou popř. optickou signalizaci, ovšem jejich největším nedostatkem je poruchovost. U novějšího typu RDS-200 je to i větší komplikovanost při manipulaci s tímto dozimetrem.

Automatický signalizátor úrovně radiace AS-67 je přístroj, který je určen k provádění radiačního průzkumu především v mobilních zařízeních. Tento přístroj měří úrovně radiace prostřednictvím expozičního příkonu záření gama, což jak jsem již zmiňovala výše, není požadovaná jednotka. Výhodami AS-67 jsou světelná signalizace aktivující se při překročení určité dávky a také nízká poruchovost přístroje. Nicméně pro společný zásah s HZS je to přístroj naprosto nevyhovující. V současné době již dochází k jeho vyřazování a nahrazování detekčním přístrojem gamaspektrometrem IRIS (Integrovaný Radiační Informační Systém).^[50]

Rentgenometr DP-3b je na tom velmi podobně. Také měří v současné době nevyhovující veličinu expoziční příkon a navíc nemá žádnou varovnou signalizaci. Jedinými jeho výhodami jsou nízká náročnost na obsluhu a velmi snadná manipulace.

Z důvodu nevyhovující měřicí veličiny, bych navrhovala tyto přístroje vyřadit a nahradit minimálně dozimetrickým přístrojem DP-98, který může sloužit jako měřič úrovně radiace, kolektivní dozimetr osádky nebo jako automatický signalizátor přednastavených úrovní dávkového ekvivalentu a jeho příkonu. Dozimetrický přístroj DP-86 má možnost nastavení čtyř nezávislých varovných hladin pro příkon fotonového dávkového ekvivalentu a tři pro fotonový dávkový ekvivalent.

Radiometr DC-3E-98, který je určen k měření dávkového příkonu gama záření, zjišťování β záření, k měření plošné aktivity povrchu kontaminovaného radioaktivními látkami a k měření měrné aktivity je zcela dostačující pro své účely. Sice nesplňuje požadavky na varovnou signalizaci, nicméně obsluha, která tento přístroj používá, již musí projít (alespoň v Armádě České republiky) školením. Zde se dozví, jak s přístrojem zacházet a jak se při určitých naměřených hodnotách chovat. Radiometr DC-3E-98 patří do skupiny náročnějších přístrojů na obsluhu. U hasičského záchranného sboru je také ve výstroji, ale postupně dochází k jeho obměně za zásahový radiometr DC-3H-08. Nicméně tento přístroj je mnohem náchylnější na poruchy, takže bych doporučila zatím setrvat u současného DC-3E-98.

Přístroje dozimetrické kontroly

V této kapitole bych se ráda zmínila o přístrojích dozimetrické kontroly. Sice jsem nezpracovávala kvantitativně parametry těchto přístrojů ani relativně neporovnávala jejich parametry, nicméně se těmito přístroji ve své práci zabývám, a tudíž znám jejich nedostatky i problémy, které by se mohly vyskytnout v případě jejich použití při radiační mimořádné události.

DD-80 tedy diagnostický dozimetr. Vlivem základní biologické rozdílnosti a existence dalších modifikujících faktorů (například exogenní a endogenní infekční agens) nevyvolá stejné ozáření osob stejný průběh nemoci z ozáření. Identická dávka v místě dozimetru nemusí u všech osob znamenat stejnou distribuci dávky v organismu. Je tomu tak především při ozáření počátečním ionizujícím zářením, kdy zhruba stejně závažná distribuce dávky je při převrácené pozici³⁶ osoby k výbuchu spojena s větší dávkou v místě dozimetru než při pozici odvrácené. Věrohodnost údaje snižuje částečné stínění osoby zvyšující neuniformitu distribuce dávky.^[30]

Nicméně celkově tento dozimetr nevyhovuje ani mezinárodním doporučením, které zmiňují mimo jiné nutnost zvukové signalizace. Z mého pohledu by bylo vhodné nahradit DD-80 zásahovým dozimetrem UltraRadiac URAD 115, který je již ve výbavě hasičského záchranného sboru a má oproti běžným dozimetřům výrazně rychlejší odezvu, což je pro zásahové jednotky zásadním faktorem.

Další vhodnou variantou jsou filmové dozimetry CSOD (Celostátní služba osobní dozimetrie). Filmový dozimetr se skládá z dozimetrické kazety s kompenzačními filtry a dozimetrického filmu. Poskytuje informace o osobním dávkovém ekvivalentu fotonového záření a elektronů (osobní dávkový ekvivalent $H_p(10)$ a $H_p(0,07)$)³⁷, druhu a energii záření, směru a časovém rozložení ozáření a o případné kontaminaci. Rozsah měření je od 0,1 mSv do 2,0 Sv. Hodnoty nižší než 0,1 mSv nejsou vzhledem k nejistotě měření ve výsledcích uváděny, od hodnoty 0,05 mSv se však uchovávají pro roční hodnocení efektivní dávky E .^[44]

Velmi dobrým přístrojem je MicroCont (i modernější MicroCont II), který je schopen měřit v imp.s^{-1} , imp.s^{-1} bez pozadí, Bq, Bq.cm^{-2} . Tento moderní přístroj umožňuje mimo jiné selektivní α nebo α a β měření, dále díky plastickému scintilátoru RBP je vhodný pro měření kontaminace β i v místech s vysokým pozadím radiace a

³⁶ Dozimetr je nošen na prsou.

³⁷ Operační veličina pro osobní monitorování je *osobní dávkový ekvivalent* $H_p(d)$, což je dávkový ekvivalent v ICRU (měkké) tkáni v příslušné hloubce d pod konkrétním bodem povrchu lidského těla. Tento konkrétní bod je normálně zvolen tam, kde se nosí osobní dozimetr. Pro hodnocení efektivní dávky je vybrána veličina $H_p(10)$ v hloubce $d = 10$ mm a pro hodnocení dávky na kůži, ruce a nohy osobní dávkový ekvivalent $H_p(0,07)$ v hloubce $d = 0,07$ mm.^[43]

díky plastikovému scintilátoru typu RPD je možné ho využít pro měření kontaminace β/γ , zvláště pro nízkoenergetické zářiče Tc-99m, I-125, I-131. Jeho výhodou je nastavení mezi alarmů, které jsou volně přednastavitelné v celém rozsahu. Akustický alarm musí být potvrzen a optický alarm je indikován blikajícím segmentem na displeji. Další velkou výhodou je membránová klávesnice s velkými klávesami, která usnadňuje manipulaci, protože s přístrojem se pracuje především v ochranných rukavicích.^[45]

Radiometr RGB-T-62 je určen k provádění dozimetrické kontroly stupně radioaktivní kontaminace měřením plošné aktivity v rozpadech. Tento radiometr má schopnost měřit i nízké hodnoty úrovně radiace, bohužel opět z hlediska společného zásahu s hasičským záchranným sborem, měří v nevyhovujících jednotkách $\text{rozp.min}^{-1}.\text{cm}^{-2}$ nebo v mR.h^{-1} . Z tohoto důvodu bych doporučovala, radiometr RGB-T-62 pro zásah při radiační mimořádné události nepoužívat.

Skupinový dozimetr EDOS je přímoodečítací, umožňující operativní sledování dávky. Tento dozimetr je dobrý pro okamžité zjištění přibližné dávky ionizujícího záření gama, které skupina obdržela. Velkou nevýhodu ale vidím v chybějící varovné akustické signalizaci při překročení určité obdržené dávky.

Z tohoto důvodu bych doporučila jeho výměnu za dozimetr RAD-50 S, který je určen ke stanovení fotonového dávkového ekvivalentu (integrací příkonu fotonového dávkového ekvivalentu) a příkonu fotonového dávkového ekvivalentu záření gama a rentgenového záření. RAD-50 S umožňuje zvukovou signalizaci při překročení prahu varovné signalizace dávkového ekvivalentu, příkonu dávkového ekvivalentu, přetečení rozsahu měření dávkového ekvivalentu, přetečení rozsahu měření příkonu dávkového ekvivalentu nad 3 Sv.h^{-1} , poklesu kapacity baterií a poruchy. Tento dozimetr modernizován verzí RAD-60 S, kde došlo mimo jiné k zvýšení hlasitosti zvukového alarmu ze 70 na 80 dB.

5 ZÁVĚR

Hlavní cíle této diplomové práce byly zaměřeny na zhodnocení vybraných přístrojů pro radiační průzkum používaných v Armádě České republiky při radiační mimořádné události a shromáždění a studium současné platné legislativy a postupů týkajících se aktivace AČR při radiační mimořádné události.

V teoretické části této práce jsem utřídila dostupnou legislativu zabývající se zásahy složek integrovaného záchranného systému, a to jak základních, tak také ostatních, kam se Armáda České republiky bezesporu řadí. Zajímavostí bylo zjištění, že pro zasahující vojáky z povolání neplatí v případě zásahu při radiační mimořádné události žádné omezující limity obdržené dávky. V praxi to znamená, že voják je sice seznámen s hrozícím nebezpečím o možném obdržení vysoké expoziční dávky radiačního záření, nicméně velitel nemá povinnost sdělovat mu konkrétní velikost této dávky. Voják tudíž nemá na výběr, na rozdíl od ostatních zasahujících složek, kde jsou zasahující jedinci vybíráni na základě dobrovolnosti.

V současné době dochází k novelizaci zákona č. 18/1997 Sb., tedy atomového zákona. Potřeba této novelizace již byla velice akutní, nicméně zákon se zatím nachází pouze v připomínkovém období. Paralelně s touto skutečností rovněž probíhá novelizace Směrnice náčelníka Generálního štábu Armády České republiky k nasazování sil a prostředků Armády České republiky, v rámci integrovaného záchranného systému a k plnění úkolů Policie České republiky. Tento případ se však týká čistě drobnějších aktualizací, které se zabývají především změnami struktury Armády České republiky, kde došlo k 1. 12. 2013 ke zrušení Velitelství Společných sil a vzniku dvou nových celků: Velitelství pozemních sil a Velitelství vzdušných sil. Rovněž došlo k přesunutí samostatné záchranné roty z Rakovníku do posádky Bechyně a k jejímu připojení k 15. ženijnímu pluku, pod nějž organizačně spadá. Postupy vyčleněných sil a prostředků Armády České Republiky, stejně tak jejich aktivace zůstávají nezměněny.

Ve výsledcích se práce podrobněji zabývala vybranými přístroji určenými pro radiační průzkum v případě radiační mimořádné události. Aby mohlo dojít ke

zhodnocení těchto přístrojů používaných v AČR, a naplnění tak jednoho z cílů diplomové práce, byly kvantitativně zpracovány jejich hlavní parametry. K porovnání byla využita analýza vybraného vzorku a souhrnným indexem využitelnosti IV_i byl vyjádřen stav použitelnosti přístrojů z hlediska dnešního využití při radiační mimořádné události.

Definice hypotézy zní, že současné přístroje používané v AČR v případě radiační mimořádné události, jsou dostačující. Tato skutečnost se ovšem u čtyř dozimetrických přístrojů, z celkového počtu osmi kusů, nepotvrdila. Tyto čtyři přístroje dosahovali indexu využitelnosti $IV_i > 0,5$, a tím pádem jejich sledované parametry nesplnily požadavky, které jsou v současné době potřeba. Je nutno říci, že se jedná především o zastaralé typy dozimetrických přístrojů, z nichž nejstarší byl vyroben téměř před 50-ti lety. Konkrétněji přístroje IT-65 a AS-67 jsou již vyřazovány ze skladů a postupně nahrazovány modernějšími typy. Právě přístroje typu RDS-120 nebo DP-98 jsou citlivé již při nízkých hodnotách dávkového příkonu a poskytují informace v reálném čase na přehledném LCD displeji. Nicméně je důležité zmínit zajímavou skutečnost, že čím je přístroj novější, tím se také zvyšuje riziko poruchovosti. Tento fakt v praxi znamená, že daný dozimetr je velmi často v opravě, a tudíž se s ním nedá kalkulovat jako s pohotovostním měřidlem.

V případě celkového shrnutí připravenosti Armády České republiky zasahovat při radiační mimořádné události, musím konstatovat, že AČR je připravena plnit úkoly zajišťující záchranné a likvidační práce na dostatečné úrovni.

6 SEZNAM INFORMAČNÍCH ZDROJŮ

[1] AUGUSTA a spol. *Velká kniha o energii*. Praha: L.A. Consulting Agency spol. s.r.o., 2001. 383 s. ISBN 80-238-6578-1.

[2] DVOŘÁK, Tomáš; FARNÍK Rudolf; ŽUJA, Petr. *Výzbroj chemického vojska. Díl I. Přístroje radiačního a chemického průzkumu a dozimetrické a chemické kontroly*. Skripta. Brno: Ústav OPZHN Univerzity obrany, 2005. 119 s.

[3] PROUZA, Z., ŠVEC, J. *Zásahy při radiační mimořádné události*. Ostrava: Edice Sibi Spektrum, 2008. 125 s. ISBN 978-80-7385-046-3.

[4] MINISTERSTVO OBRANY. *Chem 2-2 Prostředky individuální ochrany a jejich používání*, Vojenský předpis. Praha, 2003.

[5] *Směrnice náčelníka Generálního štábu Armády České republiky k nasazování sil a prostředků Armády České republiky v rámci integrovaného záchranného systému a k plnění úkolů Policie České republiky*. Praha, 2011.

[6] ZÖLZER, F., KUNA, P., NAVRÁTIL, L. *Mechanismy účinků ionizujícího záření*, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta, České Budějovice, 2007. 21 s.

[7] AGENTURA NATO PRO STANDARDIZACI (NSA) *Standardizační dohoda NATO (STANAG) 2473*. 2004, Brusel, [online]. NATO Standardization Agency (NSA) Public Web Site [cit. 2013-12-15].

Dostupné z: <<http://nsa.nato.int/nsa/>>.

[8] AVEC, Ochranná maska OM-90 [online]. [cit. 2013-12-23].

Dostupné z: <http://www.avec.cz/?ref=3&id=4&child_id=20>.

[9] ČESKOSLOVENSKÁ LIDOVÁ ARMÁDA, Diagnostický dozimetr DD-80 [online]. [cit. 2013-12-23].

Dostupné z: <<http://www.csla.cz/vyzbroj/dozimetrickepristroje/dd80.htm>>.

[10] Dodatek č. 1 k Realizační dohodě mezi PČR a AČR k provedení nařízení vlády ze dne 16. 12. 2008 č. 465/2008 Sb., o povolání vojáků AČR k plnění úkolů PČR při radiačních haváriích na JE. [online]. [cit. 2013-09-19].

Dostupné z: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-465>>.

[11] GUMÁRNY ZUBŘÍ, *Jednorázová pláštěnka JP-90* [online]. [cit. 2013-12-23].

Dostupné z: <http://www.guzu.cz/images/foto/jp-90_1.jpg>.

[12] TERMO SCIENTIFIC. *Thermo Scientific Identifinder*. 2008, Berkshire, [online]. United Kingdom [cit.2014-03-06].

Dostupné z: <<http://www.kortec.cz/files/thermo/identiFINDER.pdf>>.

[13] *Zákon č. 219/1999 Sb. o ozbrojených silách České republiky, ve znění pozdějších předpisů* [online]. Ministerstvo obrany České republiky [cit. 2013-09-19].

Dostupné z: <http://www.mocr.army.cz/images/id_0000_1000/172/219m.pdf>.

[14] *Zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů* [online]. Portál veřejné správy [cit. 2013-10-19].

Dostupné z: <<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?idBiblio=49556&nr=239~2F2000&rpp=15#local-content>>.

[15] ZÖLZER, F., a kolektiv. *Radiobiologie, Radioprotektiva s krátkodobým účinkem* [online]. [cit. 2013-12-23].

Dostupné z: <<http://fbmi.sirdik.org/10-kapitola/104/1041.html>>.

- [16] MINISTERSTVO VNITRA, GŘ HZS ČR. *Katalog typových činností IZS, STČ – 01/IZS Uskutečněné a ověřené použití radiologické zbraně* [online]. [cit. 2013-12-18]. Dostupné z: <<http://www.hzscr.cz/clanek/dokumentace-izs-587832.aspx>>.
- [17] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADRENOU BEZPEČNOST. *O radiačním monitorování*. [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <<https://www.sujb.cz/monras/info/informace.html?lang=cs#z1>>.
- [18] INSTITUT HYGIENY A EPIDEMIOLOGIE. *Zpráva o radiační situaci na území ČSSR po havárii jaderné elektrárny Černobyl*. [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.suro.cz/cz/publikace/cernobyl/zprava_1987.pdf>.
- [19] STÁTNÍ ÚSTAV RADIAČNÍ OCHRANY. *Informace o funkci a organizaci RMS*. [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <<http://www.suro.cz/cz/rms>>.
- [20] STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADRENOU BEZPEČNOST. *Monitorování radiační situace*. [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.sujb.cz/?c_id=305>.
- [21] ANNALS OF THE ICRP. *ICRP Publication 96, Protecting people against radiation exposure in the event of a radiological attack* Stockholm: 2005. 110 s. ISBN 008-0446256.
- [22] *Metod for developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency*, EPR-METHOD 2003, IAEA, Vienna, 2003
- [23] KAŇKOVÁ, J., *Špinavá bomba* [online]. Jihočeská univerzita České Budějovice, Zdravotně sociální fakulta, 2006. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: <<http://www.toxicology.cz/modules.php?name=News&file=article&sid=31>>.

[24] ALANI, M. *Nuclear Terrorism in the Gulf: Myt hor Reality?* Security and Terrorism, Research Bulletin. Issue No.7, December 2007. str. 12- 16.

[25] KOLEKTIV AUTORŮ POD VEDENÍM MINISTERSTVA ZAHRANIČNÍCH VĚCÍ ČR *Bezpečnostní strategie České republiky 2011*. Praha 2011. 21 s. ISBN 978-80-7441-005-5.

[26] MINISTERSTVO VNITRA ČESKÉ REPUBLIKY. *Krizový zákon* [online]. [cit. 2014-03-12].

Dostupné z: < <http://www.mvcr.cz/clanek/schvalen-navrh-novely-zakona-o-zakladnich-registrech-a-novely-krizoveho-zakona.aspx>>.

[27] *Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon)* [online]. [cit. 2014-03-12].

Dostupné z: <aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=5925>.

[28] *Zákon č. 18/1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění* [online].

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, [cit. 2014-03-12].

Dostupné z:<www.sujb.cz>.

[29] *Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně* [online]. Státní úřad pro jadernou bezpečnost. [cit. 2014-03-12].

Dostupné z:<www.sujb.cz>.

[30] NERUDA, O. a kol. *Činnost zdravotnické služby při použití jaderných a chemických zbraní*. VLA JEP Hradec Králové: 1996. Závěrečná výzkumná zpráva.

[31] *Doporučení Mezinárodní komise radiologické ochrany 2007*. ICRP Publication 103. Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha: 2009.

[32] *Protecting People Against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack*, ICRP Publication 96. Pergamon Press, Oxford, UK: 2005.

[33] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Incident and Trafficking Database (ITDB)*. [online]. [cit. 2014-03-20].

Dostupné z: <<http://www-ns.iaea.org/security/itdb.asp>>.

[34] *Manual for First Responders to a Radiological Emergency*, EPR-First RESPONDERS, IAEA, Vienna., 2006

[35] MINISTERSTVO VNITRA, GŘ HZS ČR. *Bojový řád jednotek požární ochrany*, Praha 2007.

[36] HASIČSKÝ ZÁCHRANNÝ SBOR JIHOMORAVSKÉHO KRAJE, *Radiologické přístroje: Radiometr DC-3E-98*. [online]. [cit. 2014-04-1].

Dostupné z: <http://www.firebrno.cz/photo_full/radiometr-dc-3e-98>.

[37] PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL CONFERENCE, *Safety of Radiation Sources and Security of Radioactive Materials*, IAEA, Dijon, France, 14 -18 September 1998.

[38] PROCEEDINGS OF THE THIRD MEETING ON INFORMING THE PUBLIC ON EUROPEAN RADIATION PROTECTION STANDARDS, *Standing Conference on Health and Safety in the Nuclear Age*, EC, Luxemburg, 26 – 27 November 1996.

[39] PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL CONFERENCE, *Security of Radioactive Sources*, IAEA, Vienna, Austria, 10 – 13 March 2003.

[40] PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL CONFERENCE IAEA, *Safety and Security of Radioactive Sources: Towards a Global System for the Continuous Control of Sources Through Their Life Cycle*, Bordeaux, 27 June – 1 July 2005.

[41] IAEA SAFETY STANDARDS SERIES No. TS-G-1.2 (ST-3), *Planning and Preparing for Emergency Response to Transport Accidents Involving Radioactive Material*, IAEA, Vienna, 2002

[42] BUREŠ, J., *Jednotky působení ionizujícího záření* [online]. Converter. [cit. 2014-04-06].

Dostupné z: <<http://www.converter.cz/prevody/dozimetrie-detekce.htm>>.

[43] ZÖLZER, F., a kolektiv. *Radiobiologie, Radiační ochrana* [online]. [cit. 2013-04-09].

Dostupné z: <<http://fbmi.sirdik.org/7-kapitola/74/742.html>>.

[44] CELOSTÁTNÍSLUŽBAOSOBNÍ DOZIMETRIE, s.r.o. *Typy dozimetrů, Filmový dozimetr CSOD* [online]. [cit. 2013-04-09].

Dostupné z: <<http://www.csod.cz/cz/dozimetry>>.

[45] RDS, RADIAČNÍ A DOZIMETRICKÉ SYSTÉMY. *Microcont II, Přenosný monitor kontaminace RTM 430* [online]. [cit. 2013-04-09].

Dostupné z: <<http://www.rdsys.cz/microcont-ii/>>.

[46] BROŽOVÁ, H., HOUŠKA, M., ŠUBRT, T. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2003. 178 s. ISBN 80-1019-7.

[47] MINISTERSTVO OBRANY ČR. *Český obranný standard. Požadavky na konstrukci bojových vozidel ke zlepšení ochrany před účinky ionizujícího záření*. Praha: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, 2009. 12 s. [online]. [cit. 2014-04-21].

Dostupné z: <<http://www.oos.army.cz/cos/cos/666504.pdf>>.

[48] ZÖLZER, F., a kolektiv. *Radiobiologie, Veličiny dozimetrie ionizujícího záření* [online]. [cit. 2014-04-21].

Dostupné z: <<http://fbmi.sirdik.org/1-kapitola/15/154.html>>.

[49] ČESKOSLOVENSKÁ LIDOVÁ ARMÁDA, *Rentgenometr DP-3* [online]. [cit. 2014-04-21].

Dostupné z: <<http://www.csla.cz/vyzbroj/dozimetrickepristroje/dp3.htm>>.

[50] CENTRUM VÝSTRAHY ZBRANÍ HROMADNÉHO NIČENÍ HOSTIVICE-BŘVE, *IRIS, Integrovaný radiační informační systém* [online]. [cit. 2014-04-21].

Dostupné z: <<http://www.acr.army.cz/scripts/detail.php?id=9473>>.

7 KLÍČOVÁ SLOVA

Přístroje radiačního průzkumu

Radioaktivita

Radiological Dispersion Device

Armáda České republiky

8 SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Přípustné dávky ozáření (Směrné hodnoty tolerovaných dávek zevního, celotělového ozáření)^[30]</i>	19
<i>Tabulka 2: Některé radioaktivní prvky vhodné pro výrobu špinavé bomby^[23]</i>	22
<i>Tabulka 3: Dělení dávek do pásem^[31]</i>	27
<i>Tabulka 4: Pomůcka pro činnost při ozáření v operacích pro řešení krizových situací^[7]</i>	44
<i>Tabulka 5: Pomůcka pro dozimetrickou kontrolu (pro plnění úkolů do 7 dnů)^[7]</i>	47
<i>Tabulka 6: Naměřené hodnoty povrchové kontaminace a příslušná opatření^[5]</i>	49
<i>Tabulka 7: Sledované parametry měřitelnosti dávky Intenzimeru IT-65</i>	64
<i>Tabulka 8: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty IT-65</i>	64
<i>Tabulka 9: Sledované parametry náročnosti na obsluhu IT-65</i>	65
<i>Tabulka 10: Sledované parametry měřitelnosti dávky DP-86</i>	66
<i>Tabulka 11: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty DP-86</i>	67
<i>Tabulka 12: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-86</i>	67
<i>Tabulka 13: Sledované parametry měřitelnosti dávky RDS-120</i>	68
<i>Tabulka 14: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty RDS-120</i>	69
<i>Tabulka 15: Sledované parametry náročnosti na obsluhu RDS-120</i>	69
<i>Tabulka 16: Sledované parametry měřitelnosti dávky RDS-200</i>	70
<i>Tabulka 17: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty RDS-200</i>	71
<i>Tabulka 18: Sledované parametry náročnosti na obsluhu RDS-200</i>	71
<i>Tabulka 19: Měřená veličina pro expoziční příkon a měřicí rozsah v $R \cdot h^{-1}$^[2]</i>	72
<i>Tabulka 20: Sledované parametry měřitelnosti dávky AS-67</i>	73
<i>Tabulka 21: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty AS-67</i>	73
<i>Tabulka 22: Sledované parametry náročnosti na obsluhu AS-67</i>	74
<i>Tabulka 23: Měřená veličina pro expoziční příkon a měřicí rozsah v $R \cdot h^{-1}$^[2]</i>	75
<i>Tabulka 24: Sledované parametry měřitelnosti dávky přístroje DP-3b</i>	75
<i>Tabulka 25: Sledované parametry při překročení určité hodnoty</i>	76
<i>Tabulka 26: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-3b</i>	76

<i>Tabulka 27: Sledované parametry měřitelnosti dávky DP-98</i>	77
<i>Tabulka 28: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty</i>	78
<i>Tabulka 29: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DP-3b</i>	78
<i>Tabulka 30: Sledované parametry měřitelnosti dávky DC-3E-98</i>	80
<i>Tabulka 31: Sledované parametry signalizace při překročení určité hodnoty</i>	80
<i>Tabulka 32: Sledované parametry náročnosti na obsluhu DC-3E-98</i>	81
<i>Tabulka 33: Měřitelnost dávky ve vybraných přístrojích radiačního průzkumu</i>	82
<i>Tabulka 34: Signalizace při překročení určité hodnoty ve vybraných přístrojích radiačního průzkumu</i>	83
<i>Tabulka 35: Náročnost na obsluhu vybraných přístrojů radiační ochrany</i>	83
<i>Tabulka 36: Bodové hodnocení sledovaných parametrů</i>	84
<i>Tabulka 37: Výsledný index využitelnosti IV_i pro jednotlivé přístroje</i>	85

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Grafické vyjádření stochastických a deterministických účinků</i> ^[6]	25
<i>Obrázek 2: Radiometr RGB-T-62</i> ^[2]	51
<i>Obrázek 3: Diagnostický dozimetr DD-80</i> ^[9]	52
<i>Obrázek 4: Vyhodnocovací zařízení VDD-80</i> ^[2]	52
<i>Obrázek 5: Dozimetr EDOS</i> ^[2]	53
<i>Obrázek 6: Dozimetr RAD-50 S</i> ^[2]	53
<i>Obrázek 7: MicroCont II</i> ^[2]	54
<i>Obrázek 8: Ochranná maska OM-90</i> ^[8]	56
<i>Obrázek 9: Jednorázová plátěnka JP-90</i> ^[11]	57
<i>Obrázek 10: Intenzimetr IT-65</i> ^[2]	63
<i>Obrázek 11: Dozimetrický přístroj DP-86</i> ^[2]	66
<i>Obrázek 12: Elektronický dozimetr RDS-l20</i> ^[2]	68
<i>Obrázek 13: Dozimetrický přístroj RDS-200</i> ^[2]	70
<i>Obrázek 14: Automatický signalizátor úrovně radiace AS-67</i> ^[2]	72
<i>Obrázek 15: DP-3b</i> ^[2]	74
<i>Obrázek 16: Dozimetrický přístroj DP-98</i> ^[2]	77
<i>Obrázek 17: Radiometr DC-3E-98</i> ^[36]	79

10 PŘÍLOHY

Seznam příloh

Příloha 1: Doporučení pro expozici zasahujících osob^[32]

Příloha 2: Kontejner určený k přemísťování ionizujícího zářiče^[3]

Příloha 3: Úrovně, při jejichž překročení se očekává, že zásah bude proveden za jakýchkoliv okolností^[29]

Příloha 4: Směrné hodnoty zásahových úrovní pro neodkladná opatření^[29]

Příloha 5: Odřad pro dekontaminaci osob vyčleňovaných AČR^[5]

Příloha 1: Doporučení pro expozici zasahujících osob^[32]

typ naléhavé operace		doporučená hodnota dávky
Záchranné operace	záchrana života, předcházení vážnému zranění, opatření k zabránění rozvoji katastrof	V zásadě jsou dávky bez omezení, pokud přínos pro ostatní jasně převyšuje záchrannářovo nebezpečí. Jinak by mělo být vynaloženo veškeré úsilí, aby se zabránilo deterministickým účinkům na zdraví. (tj. efektivní dávky pod 100 mSv a pod desetinásobkem limitů stanovených pro radiační pracovníky)
	jiné okamžité a urgentní akce, které by zabránily zranění nebo obdržení velké dávky pro mnoho lidí	Vynaložit veškeré přiměřené úsilí, aby obdržené dávky byly pod dvojnásobkem maximálního ročního limitu dávky.
Ostatní operace, zahrnující obnovu a renovaci		Zde platí limity pro radiační pracovníky, to znamená pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 100 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků pro součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření hodnota 50 mSv za kalendářní rok, pro ekvivalentní dávku v oční čočce hodnota 150 mSv za kalendářní rok, pro průměrnou ekvivalentní dávku v 1 cm ² kůže hodnota 500 mSv za kalendářní rok pro ekvivalentní dávku na ruce od prstů až po předloktí a na nohy od chodidel až po kotníky hodnota 500 mSv za kalendářní rok.

Příloha 3: Úrovně, při jejichž překročení se očekává, že zásah bude proveden za jakýchkoliv okolností^[29]

Orgán , tkáň	Absorbovaná dávka, která se předpokládá nebo očekává, že bude obdržena v průběhu méně než dvou dnů [Gy]
Celé tělo	1 ^{a)}
Plíce	6
Kůže	3
Štítná žláza	5
Oční čočka	2
Gonády	1

^{a)} Možnost bezprostředního poškození plodu při předpokládaných dávkách větších než zhruba 0,1 Gy se musí vzít v úvahu při zdůvodňování a optimalizaci aktuální zásahové úrovně pro neodkladná opatření.

Příloha 4: Směrné hodnoty zásahových úrovní pro neodkladná opatření^[29]

Opatření	Rozpětí dávek	
	Efektivních dávek	Ekvivalentních dávek v jednotlivých orgánech a tkáních
Ukrytí a jódová profylaxe	5 mSv až 50 mSv	50 mSv až 500 mSv
Evakuace obyvatelstva	50 mSv až 500 mSv	500 mSv až 5000 mSv

Příloha 5: Odřad pro dekontaminaci osob vyčleňovaných AČR^[5]

Dislokace- obec kraj	Odřad vyčleňuje Odřad cvičí a zabezpečuje	Název odřadu - kód typu zdroje	Kódy schop- nosti	Základní schopnost odřadu- slovní popis	Počty využitelné specializované techniky a zařízení, osob, kapacita	Časová kalkulace pohotovosti k výjezdu
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Rakovník Středočeský kraj	Armáda ČR szr samostatná záchranná rota Rakovník	O-Dekontaminační odřad-osoby	401.1 401.4 402.1 402.4 403.1 403.4	Dekontaminace osob od biologických, chemických a radiologických látek	1 x automobil chemický rozstříkovací, 1 x velitelský automobil, 1 x souprava dekontaminace osob SDO, 3 x T 815, 1 x UAZ 469 CH	24 hodin Hotovost zabezpečit třemi odřady. Střídání odřadů v hotovosti provádět dle interního harmonogramu AČR.
Olomouc Olomoucký kraj	Armáda ČR szr samostatná záchranná rota Olomouc	O-Dekontaminační odřad-osoby	401.1 401.4 402.1 402.4 403.1 403.4	Dekontaminace osob od biologických, chemických a radiologických látek	11 osob + 1 velitel (velení je společné pro dekontaminaci osob i techniky, odřad celkem 19 osob).	
Liberec Liberecký kraj	Armáda ČR 31. brhbo 31. brigáda radiální, chemické a biologické ochrany	O-Dekontaminační odřad-osoby	401.2 401.4 402.1- 402.4 403.1- 403.4	Dekontaminace osob od biologických, chemických a radiologických látek	1 x ACHR 90, 1 x souprava dekontaminace osob SDO, 2 x T 815, 1x LAND ROVER RCH nebo UAZ 469 CH 12 osob +1 velitel (velení je společné pro dekontaminaci osob i techniky, odřad celkem 20 osob)	
Jindřichův Hradec Jihočeský kraj	Armáda ČR 44. lmopr lehký motorizovaný prapor	O-Dekontaminační odřad-osoby	401.2 401.4 402.1- 402.4 403.1- 403.4	Dekontaminace osob od biologických, chemických a radiologických látek	1 x vozidlo ARS-12M, 1 x souprava dekontaminace osob SDO, 2 x T 815, 1x UAZ 469 CH 12 osob +1 velitel (velení je společné pro dekontaminaci osob i techniky, odřad celkem 20 osob)	
Bučovice Jihomoravský kraj	Armáda ČR 74. lmopr lehký motorizovaný prapor	O-Dekontaminační odřad-osoby	401.2 401.4 402.1- 402.4 403.1- 403.4	Dekontaminace osob od biologických, chemických a radiologických látek	1 x ACHR 90, 1 x souprava dekontaminace osob SDO, 2 x T 815, 1x UAZ 469 CH 12 osob +1 velitel (velení je společné pro dekontaminaci osob i techniky, odřad celkem 20 osob)	